

ROBUST

Robuust duurzaam elektriciteitssysteem door
regionale flexibiliteit

Openbare Voortgangsrapportage
derde projectjaar ROBUST

26 april 2024

Universiteit Utrecht, Utrecht Sustainability Institute

*Bart van der Ree m.m.v. Stedin, Smart Solar Charging BV, Enervalis, EDMij,
Stichting ElaadNL, TU Delft, Hogeschool Utrecht, Gemeente Utrecht, Qbuzz*

Projectnummer MOOI32014

ROBUST - Robuust duurzaam elektriciteitssysteem door regionale flexibiliteit

Projectnummer MOOI32014

Dit project is uitgevoerd met Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2020.

Inhoudsopgave

1. Samenvatting van de uitgangspunten en de doelstellingen van het project en de samenwerkende partijen	3
1.1 Doelstellingen	3
1.2 Uitgangspunten	4
1.3 Samenwerkende partijen	7
2. Beschrijving van de uitgevoerde activiteiten, de behaalde resultaten per mijlpaal, de knelpunten en het perspectief voor toepassing.....	11
2.1 Uitgevoerde activiteiten en resultaten.....	11
2.2 Behaalde resultaten per mijlpaal.....	33
2.3 Knelpunten	33
2.4 Perspectief voor toepassing.....	33
3. Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling.....	33
4. Spin-off binnen en buiten de sector.....	36
4.1 Binnen de sector.....	36
4.2 Buiten de sector.....	36
5. Overzicht van openbare publicaties over het project en waar deze te vinden of te verkrijgen zijn.....	37
5.1 Publicaties.....	37
5.2 Media-aandacht	40

1. Samenvatting van de uitgangspunten en de doelstellingen van het project en de samenwerkende partijen

Deze openbare voortgangsrapportage geeft een overzicht van de gemaakte voortgang in de periode 1 april 2023 tot 31 maart 2024, het derde projectjaar van het project ROBUST. Het project is gestart op 1 april 2021 en eindigt op 30 september 2025.

1.1 Doelstellingen

Door de sterke groei van decentrale duurzame elektriciteitsopwekking, gasloze gebieden en elektrisch vervoer is het elektriciteitssysteem in Nederland voor unieke uitdagingen komen te staan. Het ROBUST-onderzoek richt zich op de toenemende lokale congestieproblemen in stadsregio's in samenhang gezien met de toenemende volatiliteit in de landelijke energiemarkten. Netwerken van slim en bidirectioneel ladende auto's, stationaire batterijen en andere decentrale flexbronnen bieden een snelgroeiend flexibiliteitspotentieel dat kan uitgroeien tot een integraal, stadsregiobreed flexibiliteitssysteem. Een belangrijke vraag is wat de optimale verhouding is tussen netverzwaring enerzijds en de inzet van dit integrale flexibiliteitssysteem anderzijds. En hoe de flexbronnen en bijbehorende spelers door energiemarktontwerp, financiële prikkels en andere factoren zodanig kunnen worden aangestuurd dat ze lokale congestieproblemen helpen reduceren en tegelijkertijd flexibiliteit leveren aan de nationale balansmarkten.

ROBUST heeft twee kernproblemen geïdentificeerd:

1. Er is een noodzaak tot netverzwaring op distributieniveau, waarbij vaak niet precies bekend is hoeveel en wanneer er verzwaaard moet worden. Verzwaring is kostbaar en stuit op beperkingen in capaciteit (personeel, planning).
2. Het is aantrekkelijk om flexibiliteit in te zetten voor landelijke doelen (diensten voor TSO, en ook economische optimalisatie op day-ahead- en onbalansmarkten). Dat kan in de toekomst conflicteren met de benodigde capaciteit en technische eisen voor congestiemanagement op distributieniveau.

Dit project pakt deze knelpunten aan door een integraal flexibiliteitssysteem te onderzoeken en ontwikkelen tot een robuust energiesysteem op stadsregioniveau dat - waar en wanneer dat nodig is - enerzijds flexibiliteit levert aan het landelijke net t.b.v. balanshandhaving, en anderzijds helpt lokale congestie en onderhouds- en verzwaringkosten te reduceren. Afzonderlijke flexibiliteitssystemen op wijkniveau (voor de functies wonen, werken en mobiliteit) worden gecombineerd tot een integraal flexibiliteitssysteem op stadsregioniveau. Dit flexibiliteitssysteem draagt bij aan de transitie naar volledig duurzame opwek en duurzame mobiliteit met minimale maatschappelijke investeringen.

De belangrijkste bronnen van flexibiliteit die in dit project worden onderzocht zijn het slim laden en het bidirectionele gebruik van elektrische (deel)auto's, stationaire batterijen, slimme aansturing van zonnepanelen en warmtepompen. Dit vooruitlopend op de toekomstige situatie waarin ook elektrische stadsdistributie, sturing van warmtepompen en zonnestroom, power2gas zoals waterstof, power2heat en andere technieken flexibiliteit kunnen gaan leveren.

De stadsregio's Utrecht en Rotterdam zijn pionierende probleemeigenaren met de uitdaging - benoemd in hun Regionale Energie Strategieën - grote wijken te voorzien van robuuste energiesystemen die hun wijken gasloos of gasarm maken. En die gerepliceerd kunnen worden op andere locaties en uiteindelijk opgeschaald tot stadsregioniveau. De stadregio's Utrecht en Rotterdam zijn belangrijke stakeholders en hun wijken vormen in dit project onderzoeklocaties voor geïntegreerde flexibiliteit op wijk- en stadsregioniveau.

De beoogde projectresultaten zijn:

1. Pionierende innovatieclusters rond flexibiliteitssystemen in Utrecht en andere steden zijn verbonden;
2. Het wereldwijd eerste onderzoek rond grootschalige inzet van V2G-(deel)auto's;
3. Het potentieel van flexibiliteitssystemen in de stadsregio's Utrecht en Arnhem is bekend;
4. Proof-of-principle van wijkflexibiliteitssysteem voor de functies wonen, werken en mobiliteit;
5. Proof-of-principle van een integraal flexibiliteitssysteem op stadsregioniveau met optimale verhouding tussen flexibiliteit en netverzwaring, gevalideerd op gedragsaspecten, dataveiligheid, leveringszekerheid, economische waarde, beleidsontwikkeling en juridische implicaties.

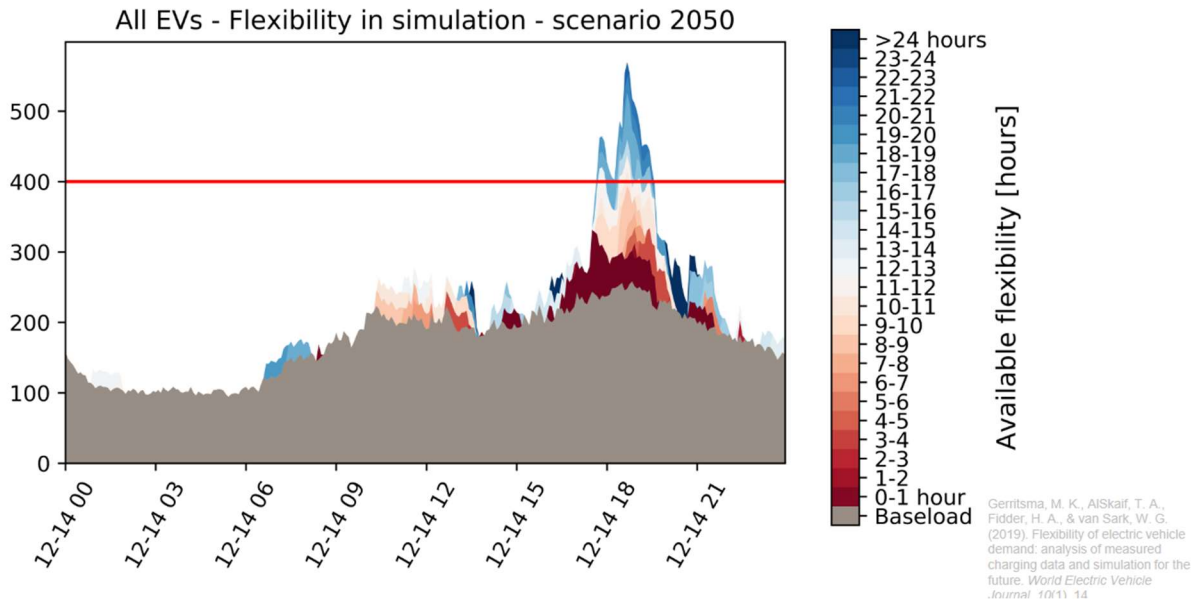
De beoogde producten en diensten voor grootschalige toepassing zijn:

1. Powerflowmodel en flexmarktmodel t.b.v. flexsystemen voor de deelfuncties wonen, werken en mobiliteit, en voor ontwikkeling van integrale flexsystemen op stadsregioniveau;
2. Laad algoritme Slim Laden 2.0, voor slim en bidirectioneel laden van groepen V2G (deel)auto's;
3. Meerjarige datasets die helpen om de autoconsumptie van duurzame opwek en de financieringsmogelijkheden voor batterijsystemen te vergroten.

1.2 Uitgangspunten

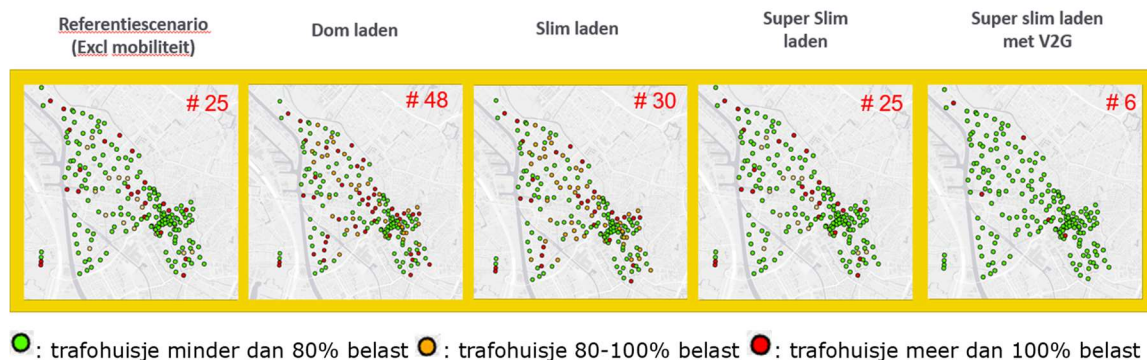
Onderzoek (zie Figuur 1) bevestigt dat elektrische auto's een aanzienlijke extra belasting op het elektriciteitsnetwerk veroorzaken. Maar als ze slim en bidirectioneel kunnen laden, kunnen ze juist een oplossing zijn en zelfs vraag- en aanbodpieken van andere netgebruikers zoals zonnepanelen, windmolens en warmtepompen opvangen.

EV charging can be a source of grid congestion problems



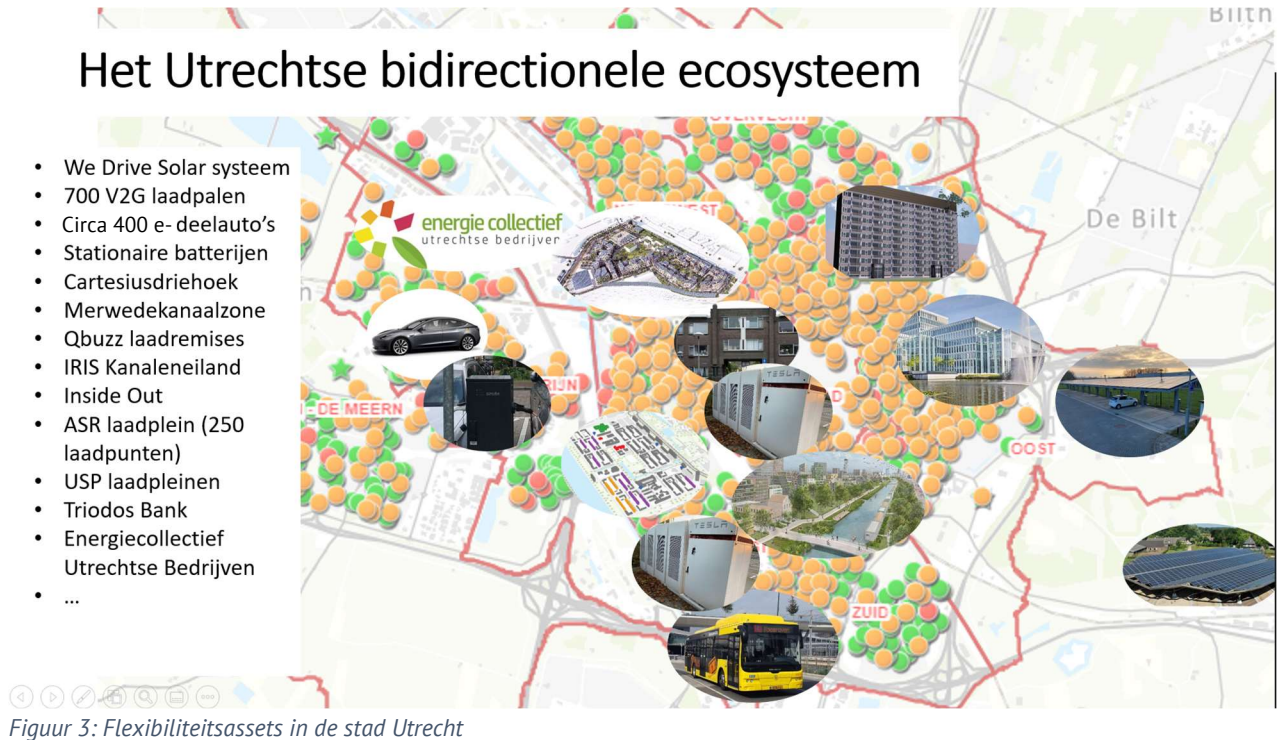
Figuur 1: Laden van elektrische auto's kan tot netcongestie leiden maar de extra elektriciteitsvraag voor het laden is voor een groot deel flexibel en zou zonder probleem op later tijdstip kunnen plaatsvinden.

Alle netbeheerders onderzoeken de te verwachten toekomstige behoefte aan flexibiliteit – de DSO's vooral om congestie te voorkomen, de TSO daarnaast ook voor balanshandhaving. Ter illustratie: Stedin heeft de potentie van slim laden van elektrische auto's in beeld gebracht in zogeheten kansencarten. Te zien is hoe in 2035 als gevolg van de toegenomen inzet van zonnepanelen en warmtepompen congestie wordt verwacht op een aanzienlijk aantal onderstations in een bestaand Utrechts stadsdeel. Vervolgens hoe door de toename van EV's bij ongestuurd laden dat aantal verder toeneemt, hoe slim laden van die EV's de belasting van de transformatoren zichtbaar verlaagt, en hoe Vehicle-to-grid laden tot zichtbare verdere vermindering van de congestie leidt. Hier niet zichtbaar, maar wel te verwachten, is verdere vermindering door inzet van andere flexibiliteitsbronnen (zoals wijkbatterijen, warmtepompmanagement en slim laden van andere elektrische voertuigen zoals e-bussen).



Figuur 2: Uit berekeningen van Stedin komt naar voren dat V2G een groot deel van de verwachte netcongestie in wijken kan tegengaan.

In Utrecht is de afgelopen jaren een wereldwijd unieke proeftuin ontstaan voor slim en bidirectioneel laden van elektrische auto's: het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem, met ondertussen 700 bidirectionele laadpalen die elektrische auto's kunnen laden maar ook ontladen en met ongeveer 400 elektrische deelauto's (per voorjaar 2024) die slim en – op korte termijn – bidirectioneel kunnen laden.



ROBUST voert onderzoek uit naar de volgende onderzoeksvragen:

- a. Hoe ziet het integrale flexsysteem op stadsregioniveau er idealiter uit, d.w.z. aan welke eisen moet het voldoen en uit welke combinaties van deeloplossingen kan het bestaan?
- b. Welke modelbasis is er nodig om dit integrale flexsysteem te modelleren en de doelmatigheid ervan te kwantificeren?
- c. Wat zijn de randvoorwaarden in termen van gedragsaspecten, dataveiligheid, beleid en regelgeving voor het goed functioneren van dit het flexibiliteitssysteem?

1.3 Samenwerkende partijen

Het ROBUST-projectteam is opgebouwd uit consortiumpartners, met in een klankbordrol het ROBUST-gebruikerspanel, het ROBUST-expertpanel en het MOOI-projectpanel.

De consortiumpartners zijn:

Stedin Netbeheer BV

Verschillende organisaties (de DSO en marktpartijen) hebben belangen rond het inzetten van flexibiliteit van o.a. elektrische auto's. Deze flexibiliteit zal door de EV-rijder beschikbaar gesteld moeten worden. Door in dit project samen te werken krijgt Stedin inzicht hoe de verschillende belangen elkaar beïnvloeden en welke afspraken je moet maken om eventuele tegenstrijdige belangen op te lossen.

Smart Solar Charging BV

Smart Solar Charging (zusterbedrijf van We Drive Solar en LomboXnet) heeft een wereldwijd unieke expertise en infrastructuur – het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem - opgebouwd op het gebied van bidirectioneel laden i.c.m. duurzame opwekking. Smart Solar Charging BV ontwikkelt hier graag op verder door grootschalige tests van dit energiesysteem van de toekomst.

Enervalis NV

Enervalis ontwikkelde met de Smartpower Suite een backbone voor de sturing van slimme microgrids, op basis van zelflerende algoritmes, Internet of Things en Artificiële Intelligentie. Enervalis vermarkt oplossingen naar verschillende partijen om hun energiekostprijs of energie-inkomsten te optimaliseren op basis van verschillende prijzen, diensten aangeboden in de elektriciteitsmarkt en beperkingen binnen aansluitingen. Binnen ROBUST ontwikkelt Enervalis zijn energiecontrole-oplossing voor slim en bidirectioneel laden van deelauto's verder en draagt bij aan de haalbaarheidsstudies en pilotprojecten.

E.D.Mij BV

E.D.Mij heeft als kernactiviteit het faciliteren van de actieve afnemer (en producent) van elektriciteit door voor hem stroom te verhandelen op de groothandelsmarkt en voor hem flexibiliteit ter beschikking te stellen aan de netbeheerders. We houden de waardeketen zo kort als mogelijk door de formele rol te nemen van BRP, BSP en energieleverancier. EDMij is expert in het flexibiliteitsplatform GOPACS en draagt deze kennis bij om dat onderdeel van de flexibiliteitsoplossing verder geschikt te maken voor bidirectioneel laden.

ElaadNL

Verschillende organisaties (de DSO's en marktpartijen) hebben belangen rond het inzetten van flexibiliteit van o.a. elektrische auto's. Deze flexibiliteit zal door de EV-rijder beschikbaar gesteld moeten worden. ElaadNL is het kennis- en innovatiecentrum dat zich bezighoudt met het slim en duurzaam opladen van elektrische voertuigen en het beschikt

over een groot testlab. Hiermee kunnen in een geïsoleerde omgeving voertuigen en laadinfra getest worden. Door de samenwerkingen in dit project krijgt ElaadNL de inzichten hoe verschillende belangen elkaar beïnvloeden en welke afspraken er gemaakt moeten worden om eventuele tegenstrijdige belangen op te lossen.

Utrecht Sustainability Institute

Als innovatie-intermediair faciliteren en ondersteunen we in onafhankelijk onderzoek en de ontwikkelingen die verricht worden op het gebied van duurzaamheid, en tevens de resultaten van die activiteiten door middel van kennisoverdracht breed verspreiden en advisering verrichten. USI is gedelegeerd projectleider en kennisintegrator in dit project.

Universiteit Utrecht / Faculteit Geowetenschappen – Copernicus Institute

Het Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling voert als onderdeel van de UU/Faculteit Geowetenschappen onderzoek en onderwijs uit op het gebied van de transitie naar een duurzame samenleving, i.s.m. het bedrijfsleven en maatschappelijke partners. Pathways to Sustainability is één van de strategische thema's van de UU. Het Copernicus Instituut werkt hierin nauw samen met maatschappelijke partners. Centraal in het onderzoek staan analyse op systeemniveau van duurzame energiesystemen, energiedragers en technologieën (zon, wind, EVs, batterijen), governance en circulariteit.

Universiteit Utrecht / Faculteit Geowetenschappen – Sociale Geografie en Planologie

Sociale Geografie en Planologie voert als onderdeel van de UU/Faculteit geowetenschappen onderzoek en onderwijs uit op het gebied van mobiliteitsgedrag en autobezit relevant voor de transitie naar duurzame mobiliteit en de rol van elektrische voertuigen in duurzame lokale energiesystemen. Onderzoek naar ontwikkelingen in stedelijke mobiliteit en bereikbaarheid, en bijdragen aan de maatschappelijk opgave op dat gebied, is een kerntaak van SGPL. Transitie naar elektrisch vervoer en deelvervoer zijn hiervan een belangrijke component.

Universiteit Utrecht / Faculteit Sociale Wetenschappen – Interdisciplinaire Sociale Wetenschap

De onderzoeksgroep ISW houdt zich met name bezig met sociale ongelijkheid, gedragsinvloeden en het informeren, ontwikkelen en evalueren van sociaal beleid en andere interventies. Duurzaamheidsgedragingen en transitie zijn een speerpunt. De onderzoeksgroep wil een bijdrage leveren aan duurzaamheidsonderzoek, een strategische prioriteit van Universiteit Utrecht, door het versterken van het sociaalwetenschappelijke perspectief op theorie, onderzoek, beleid en praktijk rondom duurzaamheid. De groep draagt bij met onderzoek naar gedrag- en gedragsverandering in ten behoeve van onderzoek naar gebruikersacceptatie en het ontwikkelen van tools voor gedragsbeïnvloeding, met name voor de functies wonen en werken.

Universiteit Utrecht / Faculteit Recht, Organisatie, Bestuur en Economie

De Faculteit Recht, Organisatie, Bestuur en Economie voert onderzoek uit naar het energiesysteem, de fysieke leefomgeving en het economisch recht. Het CvE-UU ontwikkelt

een wetenschappelijke basis voor het energiebeleid en de gewenste energiewetgeving. In het onderzoek staat de wisselwerking tussen beleidsdoelstellingen en regelgeving in relatie tot technische of economische ontwikkelingen centraal.

Technische Universiteit Delft / Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica

De TU Delft werkt aan het oplossen van mondiale uitdagingen door nieuwe generaties maatschappelijk verantwoordelijke ingenieurs op te leiden en de grenzen van de technische wetenschappen te verleggen. De kernactiviteiten zijn het aanbieden van onderwijs en doen van onderzoek, dat laatste in samenwerking met nationale en internationale partners. De energietransitie is een strategische onderzoeksrichting van de TU Delft. Het energieonderzoek komt samen in het Delft Energy Initiative, met daarin o.a. de instituten PowerWeb en Urban Energy. Het project is ook direct gerelateerd aan de opleidingen Electrical Engineering (BSc en MSc) en de TU MSc opleiding Sustainable Energy Technology (SET).

Hogeschool Utrecht / Centre of Expertise Smart Sustainable Cities

Hogeschool Utrecht (HU) werkt met hoogwaardig beroepsonderwijs en onderzoek aan innovatie en het opleiden van (aankomende) professionals. De HU wil via onderzoek onderwijs van hoge kwaliteit bieden en aansluiten bij actuele innovatievraagstukken. De ambitie is om niet alleen onderdeel maar ook regisseur van veranderingen te zijn (Ambitieplan HU in 2026). Met ROBUST heeft de HU de mogelijkheid om concreet bij te dragen aan energie-innovaties die op korte termijn toegepast worden in de gebouwde omgeving. ROBUST draagt bij aan de inhoudelijke profilering van de HU, waarbij duurzaamheid en digitalisering zwaartepunten zijn voor onderzoek, onderwijs en het “eigen bedrijf”. Het Centre of Expertise Smart Sustainable Cities (CoE) is een gezamenlijk initiatief van bedrijven, kennisinstellingen en lokale overheid, gericht op het realiseren van een duurzame stad, met slim gebruik van (digitale) technologie en participatie van de bewoner/gebruiker, met energietransitie in de gebouwde omgeving als een belangrijk thema. ROBUST versterkt deze samenwerking.

Qbuzz

Busbedrijf Qbuzz onderzoekt hoe haar busremises waar circa 70 elektrische bussen laden, kunnen bijdragen aan netstabiliteit, met als focus het testen de inzet van een second-life stationaire batterij op een busremise.

Gemeente Utrecht

De huidige energie-infrastructuur in Utrecht zal gedurende de energietransitie behoorlijke aanpassingen ondergaan, bijvoorbeeld het verzwaren van het elektriciteitsnet i.v.m. meer elektrisch vervoer en elektrificatie van de warmtevraag in de gebouwde omgeving. Dit heeft consequenties voor de openbare ruimte, bijvoorbeeld het plaatsen van additionele bovengrondse infrastructuur zoals distributiestations en veel graafwerkzaamheden. De gemeente heeft daarom een belang bij innovatieve oplossingen die de aanpassingen in het net en hiermee de impact op de openbare ruimte zo veel mogelijk beperken.

Gemeente Arnhem

Ook in Arnhem is het bidirectioneel laden van elektrische auto's in opkomst. Gemeente Arnhem draagt bij vanuit haar belang in het verenigen van innovatie en duurzame ontwikkeling naar een klimaatneutraal energiesysteem.

Panels

Naast de samenwerking tussen de consortiumpartners heeft ROBUST ook een Expertpanel, een Gebruikerspanel en een MOOI-projectenpanel om de expertise aan te vullen en te verbreden, om gedurende het gehele onderzoek de inbreng vanuit eindgebruikers te borgen en om de projectimpact en kennisverspreiding te versterken. De leden van deze panels hebben zich gecommitteerd aan het bijwonen van panelsessies, het uitwisselen van kennis, het inzicht bieden in hun specifieke rollen en het bijdragen aan kennisverspreiding en implementatie van projectresultaten.

Het ROBUST gebruikerspanel bestaat uit de volgende partijen: a.s.r., Amvest / De Hes, Arnhem Craneveer, Arnhem GroenWest, MRP / Cartesiusdriehoek, Provincie Utrecht, RES U16, UU Vastgoed & Campus en Woningcorporatie Bo-Ex Utrecht.

Het ROBUST-expertpanel bestaat uit de volgende partijen: European Network Cyber Security, Liander, Qbuzz, TenneT, Time Shift en TKI Dinalog.

Daarnaast is er regelmatig contact met andere projecten. Zo zijn vertegenwoordigers van de MOOI projecten [TROEF](#), [SmoothEMS met Gridshield](#) en [B4B](#) verenigd in het MOOI-projectpanel, is er regelmatig uitwisseling van resultaten met het Europese project [SCALE](#) en wordt het tariefexperiment dat is gedaan in het TKI-project [FLEET](#) voortgezet in ROBUST maar dan gericht op netbewust laden.

2. Beschrijving van de uitgevoerde activiteiten, de behaalde resultaten per mijlpaal, de knelpunten en het perspectief voor toepassing

2.1 Uitgevoerde activiteiten en resultaten

In het derde projectjaar zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

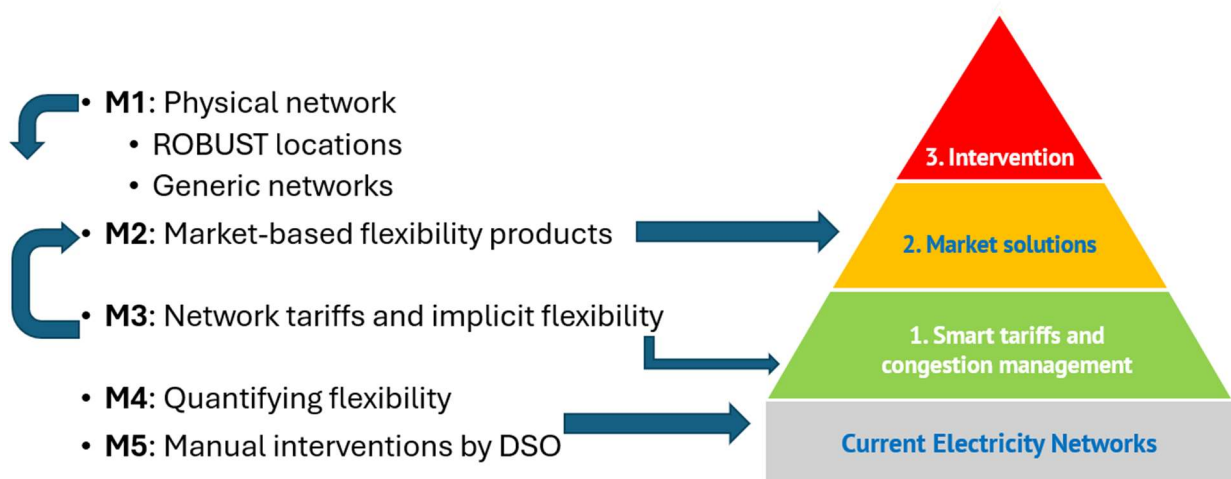
Resultaat 1: Principeontwerp en programma van eisen

Resultaat 1 (R1) is afgerond in 2022. De belangrijkste resultaten zijn:

A1.1 Definitie modelstructuur flexsysteem

Een recap is opgesteld van relevante literatuur en onderzoek. Tevens is een overzicht opgesteld van de relevante kaders voor de principeoplossing die ROBUST ontwikkelt, vanuit onder meer beleid, fiscale regelgeving, markten en handelssystemen. Deze documenten dienen als input voor de ontwikkeling van de principeoplossing.

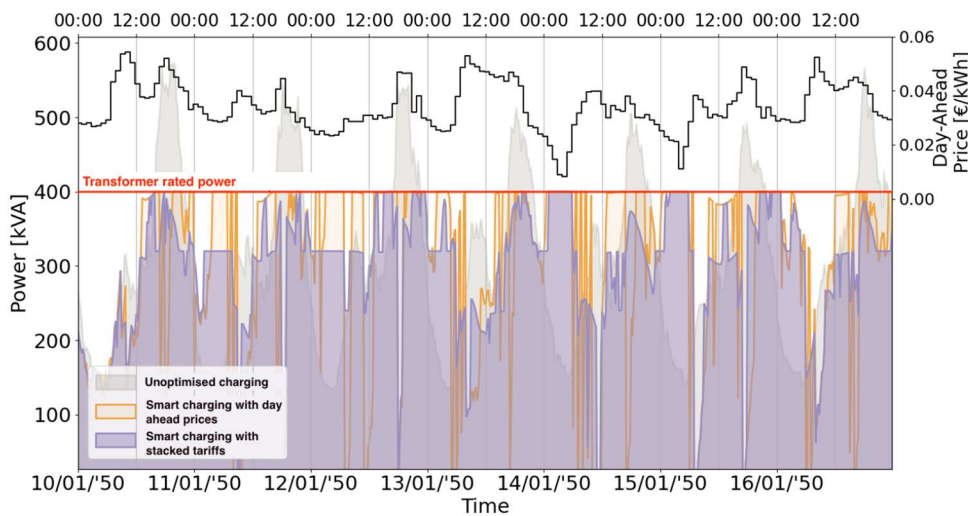
De modelleringsopgave is geanalyseerd en een modelstructuur gedefinieerd in een modelplandocument. De uitwerking van de verschillende modelonderdelen is gaande (Resultaten 2 t/m 6). Eerste analyses zijn uitgevoerd van de impact van EV-flexibiliteit op het laagspanningsnet, mogelijkheden voor netoptimalisatie, de economische en milieuvoordelen van flexibiliteitsvergroting en de gevoeligheid voor cyber-aanvallen van middenspanningsnetten met grote hoeveelheden laadpalen en andere flex-assets. In Figuur 4 wordt een overzicht gegeven van de modelstructuur waaraan nu wordt gewerkt.



Figuur 4: Structuur van de modelbasis (M1-M5) die binnen ROBUST wordt ontwikkeld.

De deelmodellen hebben geleid tot inzicht in de effecten van slim laden zowel op generieke laag- en middenspanningsnetten als op een deelnet van het Utrechts Bidirectioneel

Ecosysteem: een wijknet met een hoge penetratie V2G-laadpalen. Figuur 5 geeft daarvan een voorbeeld.



Figuur 5: Voorlopige simulatie van de belasting op een LS-transformator in een scenario voor een week in 2050. Te zien is hoe de verwachte overbelasting (lichtgrijze vlakken) wordt vermeden wanneer slim laden op basis van day-aheadprijzen of gestapelde tarieven wordt toegepast.

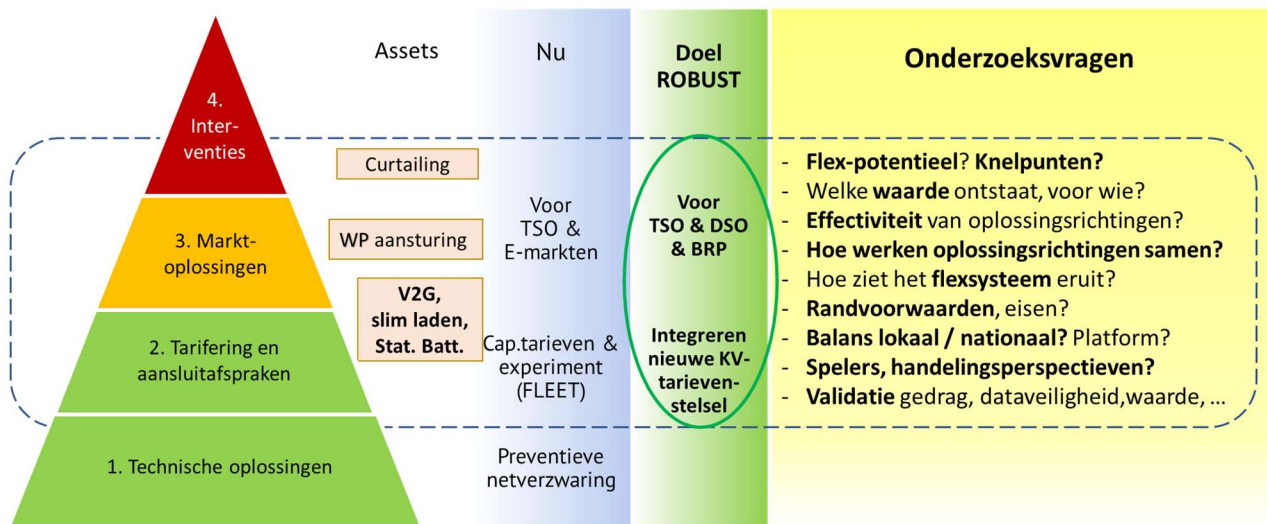
Bij de modellering is ook aandacht voor cyberveiligheid: een PhD bij Stedin simuleert cyberaanvallen op grids met V2G-laadpunten.

A1.2 Definitie en programma van eisen flexsysteem

De potentie van slim laden voor het beheersen van lokale netcongestie is geanalyseerd; de grootte van de potentiële impact is voor netbeheerder Stedin reden om het ROBUST-flexsysteem te beproeven als middel om te komen tot een betere benutting van de elektriciteitsnetten (zie ook Figuur 2 hierboven).

Een outline en beschrijving van het beoogde flexsysteem is opgesteld, die als uitgangspunt dient voor verdere uitwerking. Het beoogde flexsysteem gaat bestaan uit een combinatie van interventies op het niveau van tariefstelling / aansluitafspraken, marktoplossingen en (indien noodzakelijk) dwingende ingrepen zoals curtailing. Uitwerking van deze interventies en combinaties ervan is gaande en zal leiden tot scenario's voor concrete invulling van het flexsysteem die later in het project kunnen worden geëvalueerd. In Figuur 6 wordt de principeoplossing grafisch weergegeven langs de vier lagen van de pyramide van oplossingen voor congestiemanagement die door ROBUST maar ook door netwerkbedrijven wordt gehanteerd. ROBUST richt zich op het beter in balans brengen van de inzet van flexibiliteitsmaatregelen tussen de energiemarkten en het verminderen of voorkomen van lokale congestie. De focus daarbij ligt op een combinatie van oplossingen op het gebied van tarifiering, marktoplossingen en (indien nodig) directe interventies, en op slim en V2G laden van elektrische auto's, stationaire batterijen, slimme aansturing van warmtepompen en

curtailing van zonne-opwek en/of warmtepompen. Een Programma van Eisen voor het beoogde flexsysteem is opgesteld, eveneens als basis voor de verdere ontwikkelingen.



Figuur 6: Grafische weergave van de principeoplossing en de onderzoeksvragen.

A1.3 Data management plan, borging dataveiligheid

Een analyse van de digitale veiligheid van de beoogde principeoplossing is uitgevoerd en de resultaten worden meegenomen bij de verdere ontwikkeling van de principeoplossing. Een datamanagementplan voor het project is opgesteld.

A1.4 Realisatie onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet voor zowel technisch als niet-technisch onderzoek (gebruikers- en beleidsonderzoek) is uitgewerkt aanhakend op het hierboven genoemde: modelleringsplan, programma van eisen, datamanagementplan en onderzoek digitale veiligheid.

Resultaat 2: Proof-of-principle voor flexsysteem op wijkniveau voor verduurzaming bestaande woonwijken

Het onderzoek in Resultaat 2 is ingericht als een onderzoeksactie aan het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem, dat op dit moment circa 700 bidirectionele laadpalen, 250 elektrische deelauto's, twee stationaire batterijen en diverse zonnestroomsystemen omvat en naar verwachting snel doorgroeit met nieuwe assets. Het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem is daarmee de wereldwijd grootste proeftuin van bidirectioneel laden. In 2022 zijn een 25-tal bidirectionele productie-auto's toegevoegd aan het systeem: Hyundai IONIQ5s. Integratie van de bijbehorende laadpalen in het backoffice-systeem bleek echter een uitdaging. Op dit moment wordt gewerkt aan het volledig compatibel maken van het systeem met de nieuwe standaard ISO15118-20 en het protocol OCPP2, en per eind dit jaar

wordt V2G bedrijf met een groter aantal bidirectionele auto's verwacht die ook aan deze nieuwe standaarden voldoen.

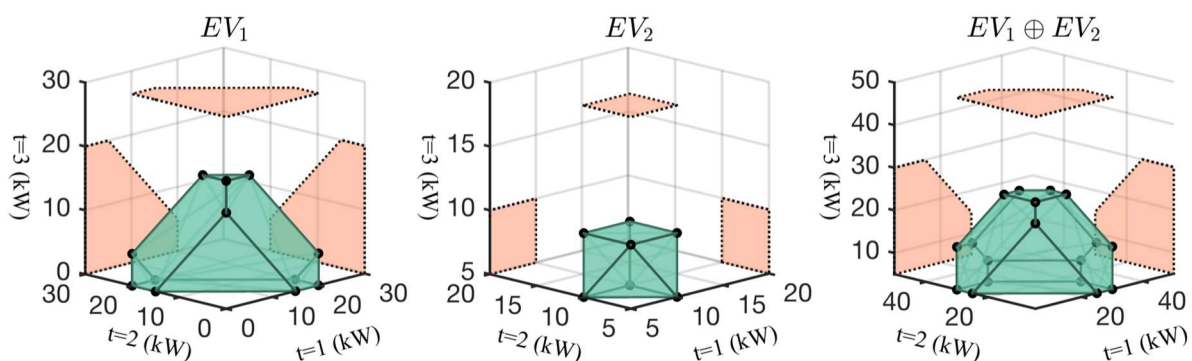
Het doel van R2 is om een pilot te doen in het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem van de principeoplossing van het flexsysteem dat in Resultaat 1 is ontworpen, bestaande uit interventies op de lagen van tariefstelling, marktplatform voor lokale congestie en eventuele directe interventies. Op basis van monitoring en niet-technisch onderzoek wordt het flexibiliteitssysteem gevalideerd op de onderzoeksvragen.

A2.1 Onderzoek flexaanbod (feitelijk en mogelijk) in bestaande woonwijken

In A2.1 onderzoeken partijen het feitelijke en in de toekomst mogelijke flexaanbod dat het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem zal kunnen genereren binnen de principeoplossing.

Gedurende eerdere fases in het project is er aan de hand van historische laadtransacties van laadpalen uit het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem een analyse uitgevoerd om een inschatting te maken van het flexpotentieel voor slim laden en V2G. Het afgelopen jaar is deze methode verder ontwikkeld.

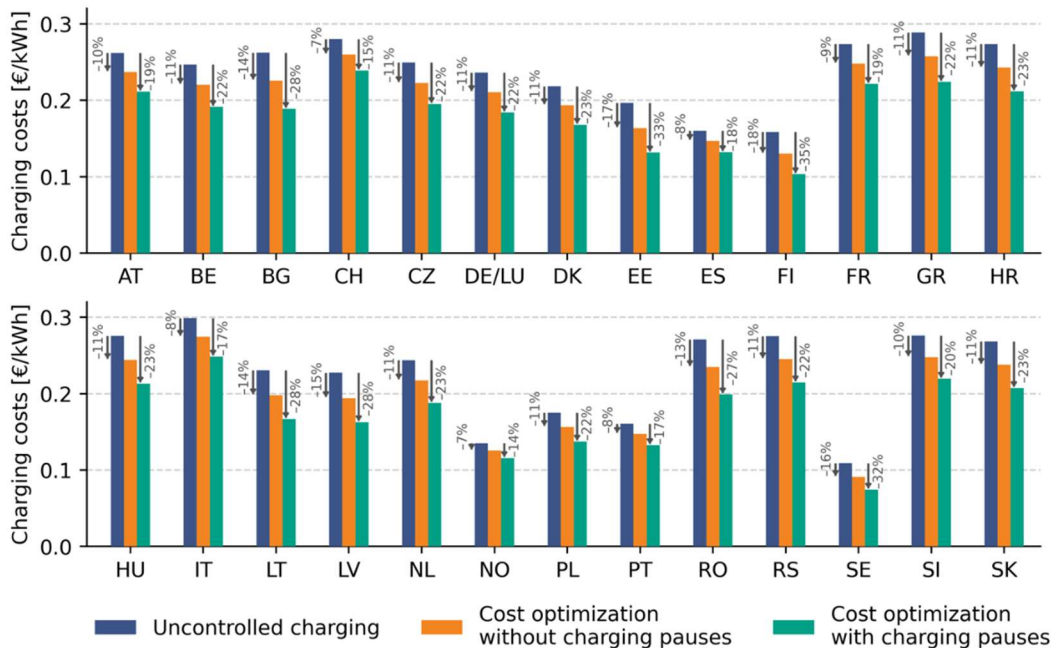
Het kwantificeren van de flexibiliteit van EV laden is een ingewikkeld proces, aangezien verschillende voertuigen ieder andere laadeisen hebben (aankomsttijd, vertrektijd, energievraag, laadvermogen) waardoor het niet eenvoudig is om een beschrijving te geven van de collectieve flexibiliteit van een groot aantal voertuigen. Binnen het project is er een nieuwe methode ontwikkeld om deze flexibiliteit te kunnen kwantificeren, op basis van efficiënte aggregatie van laadsessies, zie Figuur 7. Deze kwantificatie van flexibiliteit kan vervolgens worden gebruikt als input voor de optimalisatie van laadsessies.



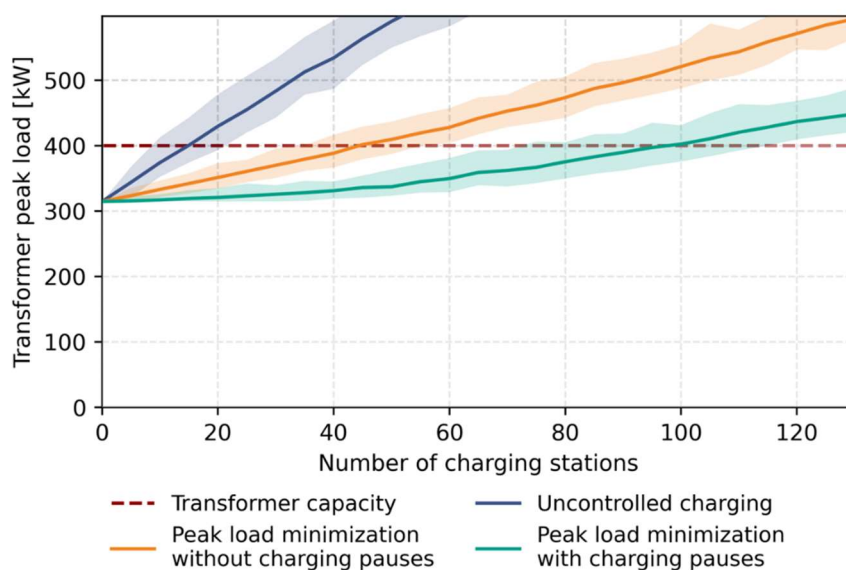
Figuur 7: Inzicht in hoe de ontwikkelde methode de flexibiliteit van EV's kwantificeert voor 2 verschillende laadsessies (linker twee figuren) en voor de geaggregeerde laadsessies.

Uit eerdere projecten (oa FLEET) bleek dat het flexpotentieel van EV's flink beperkt wordt omdat EV's niet uitgesteld kunnen laden. Met de standaard-laadprotocollen (IEC61851) moeten de EV's nadat ze zijn ingeplugd altijd met minimaal 6 ampère laden om te voorkomen dat sommige EV-modellen de laadsessie afbreken en niet meer reageren op laadsignalen. Omdat er dus geladen moet worden op momenten dat dit niet wenselijk is (momenten met congestie of hoge energieprijzen), wordt de effectiviteit van slim laden

belemmerd. Het afgelopen jaar is hier een uitgebreide analyse naar uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de effectiviteit van verschillende toepassingen van slim laden ongeveer gehalveerd wordt door deze beperking. Zo blijkt dat het kostenvoordeel bij slim laden op basis van dynamische tarieven ongeveer tweemaal zo groot is als er uitgesteld kan worden geladen zoals blijkt uit Figuur 8. Daarnaast is het aantal laadpalen dat geplaatst kan worden in een laagspanningsnet voordat er congestie optreedt ongeveer tweemaal zo groot, zoals blijkt uit Figuur 9. Deze inzichten gaan ervan uit dat de gebruiker ten alle tijden voorzien wordt in zijn energiebehoefte en dus niet minder laadt.



Figuur 8: Laadkosten voor verschillende landen met dom laden, slim laden zonder uitgesteld laden en slim laden met uitgesteld laden.



Figuur 9: Piekbelasting van een transformator voor een verschillend aantal laadpalen en voor dom laden, slim laden zonder uitgesteld laden en slim laden met uitgesteld laden.

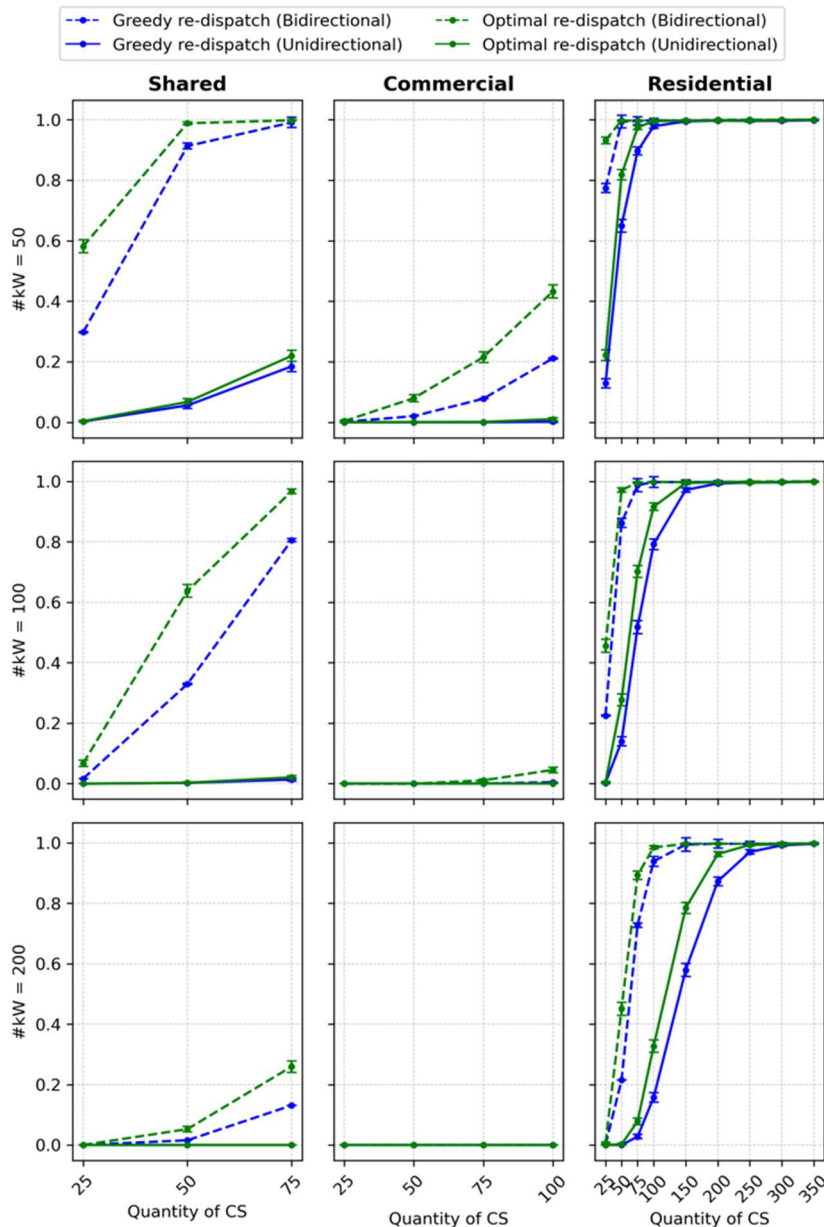
Bovendien is er afgelopen jaar een methode ontwikkeld om dit probleem in een real-life setting te omzeilen. Bij elke unieke EV die laadt op een publieke laadpaal van We Drive Solar proberen wij een laadtest uit te voeren. In deze test kijken wij of een auto de laadsessie afbreekt als de sessie gepauzeerd wordt. Indien dit niet zo is, kunnen wij in de toekomstige laadsessies gepauzeerd of uitgesteld laden toepassen op deze EV.

Bij V2G-laden worden nieuwere protocollen gebruikt (ISO15118-20) waarvoor het uitgesteld laden probleem niet geldt. Maar omdat IEC61851 het huidige standaardprotocol is voor laadpalen is het voor de korte en middellange termijn nuttig dit probleem te onderzoeken en aan te pakken.

A2.2 Onderzoek mogelijkheden flexsysteem bestaande woonwijken in relatie tot flexvraag bij DSO en TSO

Met modelberekeningen wordt de impact van grote netwerken bidirectioneel ladende auto's op stadsniveau op de (huidige en toekomstige) flexvraag bij DSO en TSO onderzocht, alsmede het potentieel om netwerkproblemen tegen te gaan met de verschillende flex- en interventieopties. De modelbasis die in Resultaat 1 is gedefinieerd is zodanig ontwikkeld dat daarmee ook deze vraag voor A2.2 kan worden beantwoord.

De vraag naar flexibiliteit vanuit de DSO en TSO wordt geanalyseerd binnen het kader van de in 2022 geïntroduceerde regelgeving over congestiemanagement. Specifiek worden daarin twee productcategorieën gedefinieerd: redispatch-biedingen en capaciteitsbeperkingscontracten. Het statistische laadmodel, beschreven in A2.1, is gebruikt om te analyseren hoe waarschijnlijk het is dat een aggregator betrouwbaar congestiemanagement kan aanbieden op basis van geaggregeerde laadpalen. Voor redispatch is het van belang dat het minimale biedvolume van 100kW gehaald wordt, en voor de capaciteitsbeperkingscontracten de toename van de diversiteit door slim sturen van laden en ontladen. In beide gevallen is gekeken naar de invloed van het aantal laadpalen in een portfolio, zowel als het type laadsessies. Er is ook onderzocht hoe de mogelijkheden voor capaciteitsbeperkingscontracten zich verhouden tot de vereisten van 'netbewust laden' zoals gedefinieerd in het actieplan Slim Laden voor Iedereen.



Figuur 10: Waarschijnlijkheid dat een redispach van 50/100/200kW kan worden gerealiseerd in de avonden, ten opzichte van 'dom' laden. Analyse per categorie laadpaal en aantal laadpunten.

A2.3 Onderzoek flexsysteem bestaande woonwijken op niet-technologische aspecten (gebruikersaspecten en -beïnvloeding; implicaties beleid en regelgeving)

De niet-technische onderzoeksgroepen in ROBUST zijn op dit moment de onderzoeksvragen aan het toespitsen op aanvullend onderzoek in Utrecht – zowel bij gebruikers van het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem als bij anderen (potentiële toekomstige gebruikers).

De onderzoeksgroep ISS van Universiteit Utrecht heeft 68 interviews afgenomen onder de doelgroep: bewoners van vijf wijken in Utrecht. Ongeveer twee derde van de participanten (n=47) heeft een (lease) EV. Tijdens het interview zijn drie onderwerpen behandeld:

aanschaffen/rijden van een EV, slim laden van (eigen) EV en (deelnemen aan) elektrisch deelvervoer. Het doel van de interviews was (bijv. voor slim laden) achterhalen welke factoren het gedrag 'slim laden' faciliteren of verhinderen. Dit werd gedaan aan de hand van theoretisch framework COM-B (Michie et al., 2011), gecombineerd met het Theoretical Domains Framework (TDF; Cane et al., 2012). Volgens het COM-B model, wordt gedrag bepaald door de *capaciteit*, *gelegenheid*, en *motivatie* voor het gedrag. TDF geeft een meer gedetailleerde kijk op de specifieke actie-mechanismen binnen capaciteit, gelegenheid en motivatie. De resultaten worden op dit moment verwerkt in een (wetenschappelijk) paper. Op dit moment wordt gewerkt aan het opstellen van en uitzetten van het tweede deel: een enquête aan een grotere groep bewoners, die mede wordt opgesteld op basis van de inzichten die zijn opgedaan in de interviews.

Hiernaast is door de groep SGPL van Universiteit Utrecht een survey uitgevoerd die specifiek ingaat op het laadgedrag van EV-bezitters, hun verwachtingen wat betreft state-of-charge op bepaalde momenten en hun bereidheid om onder bepaalde condities deel te nemen aan toekomstige V2G programma's. Wat betreft dit laatste is een keuze-experiment ontwikkeld, waarin deelnemers aan de survey kiezen tussen verschillende V2G varianten, die verschillen wat betreft de hoogte en manier van belonen (eenmalige vergoeding per maand, of belonen per uur of kWh) en de minimaal gegarandeerde state-of-charge. Op deze manier worden verschillende marktproposities getest, omdat hier tot op heden nog geen werkende modellen zijn. De survey had in totaal 673 respondenten. Naast de survey zijn kwalitatieve interviews gehouden met 33 EV rijders, om te leren hoe EV-rijders aankijken tegen het V2G-concept, welke barrières zij zien ten aanzien van V2G deelname en onder welke voorwaarden zij deel zouden willen nemen.

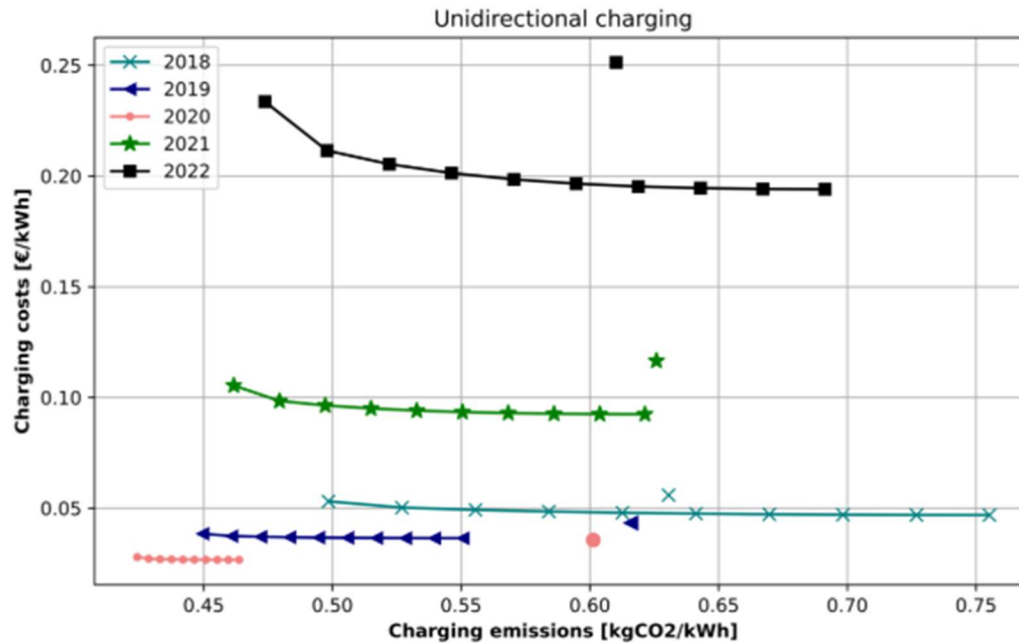
Zowel de interviews als de enquêtes zijn geanalyseerd. Daaruit komt naar voren dat (zoals gevonden in de interviews) batterijdegradatie een zorg is, maar ook dat EV-rijders V2G zien als een belangrijke bijdrage aan CO₂-reductie, en een voorkeur hebben tussen flexibele (minder bindende vormen) van V2G. Percepties die EV-rijders hebben over degradatie van de batterij, toekomstbestendigheid van de techniek en state-of-charge zijn de dominante factoren in de beslissing om al dan niet tot V2G over te gaan. De resultaten zijn in een draft paper beschreven, dat op het IATBR congres (Juli, Wenen) gepresenteerd wordt.

A2.4 Extrapolatie naar stadsregioniveau en validatie aan programma van eisen

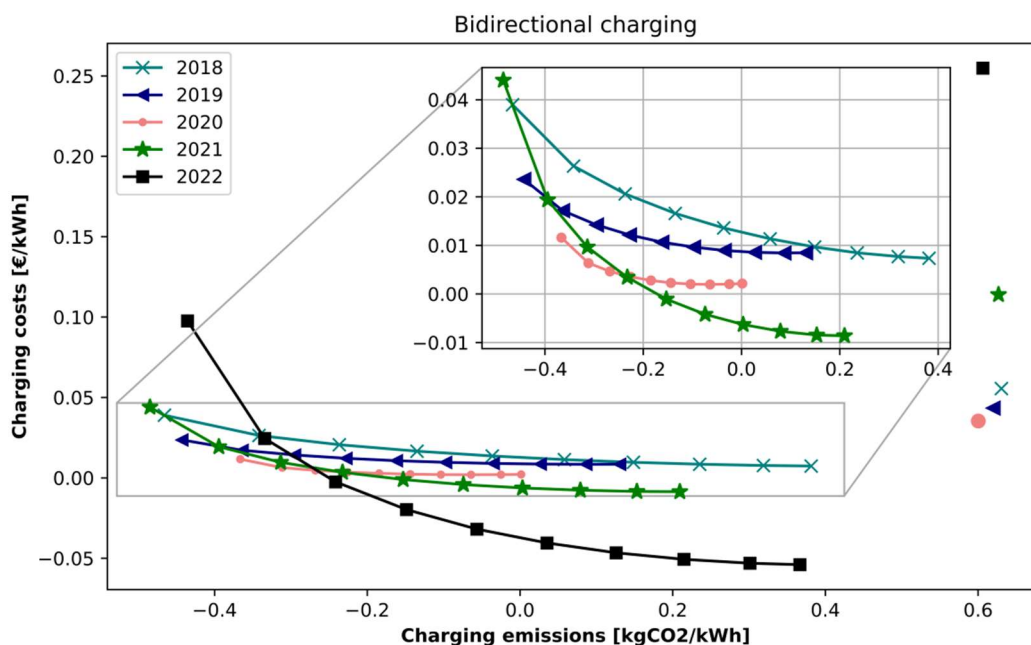
Bij het ontwikkelen van de modellen en methodieken voor R2 wordt er mee rekening gehouden dat de extrapolatie naar stadsregioniveau kan worden uitgevoerd. Ondertussen worden gesprekken gevoerd met regionale stakeholders om de interesses en behoeftes te peilen.

De Universiteit Utrecht (Copernicus Instituut) heeft analyses uitgevoerd om het kosten- en emissiereductiepotentieel met EVs op stadsniveau te bepalen. De resultaten van deze analyse laten zien wat de afweging tussen kosten en marginale CO₂-emissies is bij

verschillende laadstrategieën, en kunnen gebruikt worden om de optimale laadstrategie te bepalen voor EVs. Zowel bij slim als bij bidirectioneel laden zijn aanzienlijke emissieverlagingen én kostenbesparingen mogelijk. De resultaten van deze analyse zijn verwerkt in een wetenschappelijke publicatie, die is ingediend bij een wetenschappelijk tijdschrift.



Figuur 11: Kosten en emissies van verschillende uni-directionele laadstrategieën.



Figuur 12: Kosten en emissies van verschillende bi-directionele laadstrategieën.

De validatie aan het Programma van Eisen wordt voorzien in 2024.

Resultaat 3: Proof-of-principle voor flexsysteem op wijkniveau voor duurzame nieuwe woonwijken

A3.1 Onderzoek mogelijk flexaanbod in nieuwbouwwijken Utrecht en Arnhem

Het onderzoek in Resultaat 3 wordt ingericht als een onderzoeksactie binnen de nieuwbouwprojecten Cartesius en Wisselspoor in Utrecht. De eerder beoogde nieuwbouwlocatie de Hes in Arnhem gaat waarschijnlijk pas vanaf 2025 gerealiseerd worden en deze wijk valt daarom af. De flexpotentie die ontstaat door slim laden en bidirectionele deelauto's, slim aansturen van warmtepompen, stationaire batterijen en andere maatregelen om vanuit de wijk flexibiliteitsdiensten aan te bieden wordt met behulp van de modelbasis gekwantificeerd en gerelateerd aan de karakteristieken van de wijken als hoeveelheden PV en (deel-)EV's en vermogen en type warmtepompen.

De nieuwbouwwijk Cartesius in Utrecht is geïnspireerd op de theorie van de Blue Zones en heeft als doel een levendige, duurzame en groene stadswijk te worden. De stadswijk zal beschikken over een groot aantal zonnepanelen, WKO en zal gebruik maken van deelmobiliteit. Er zullen tientallen bidirectionele auto's van WeDriveSolar geplaatst worden. De start van de bouw van Cartesius is tegen vertragingen aangelopen, maar is inmiddels begonnen.



Figuur 13: Artist Impression van de wijk Cartesius in Utrecht.

Een belangrijke component van de energievoorziening in Cartesius is het lokale warmtenetwerk en de bijbehorende centrale warmteopwek door middel van

warmtepompen. Er is een begin gemaakt met het modelleren van de energievraag van dit warmtenetwerk en de mogelijke flexibiliteit daarvan.

De nieuwbouwwijk Wisselspoor heeft een eigen dynamiek: er ligt nu al een groot zonne-energiesysteem dat op halve kracht draait omdat het vanwege netcongestie op een kleinverbruiksaansluiting is aangesloten. ROBUST heeft onderzocht in hoeverre door plaatsing van bidirectioneel ladende auto's de output van het zonnestelsel kan worden verbeterd binnen de huidige netcongestie-situatie. Dit kan waardevolle inzichten en werkmodellen opleveren voor andere nieuwbouwwijken met grootschalige zonopwek in congestiesituaties. Omdat de auto's grotendeels achter andere meters staan dan de zonnepanelen is het potentieel daarvoor binnen de huidige regelgeving nog beperkt (zie ook hieronder bij A3.3).

A3.2 Onderzoek mogelijkheden flexsysteem nieuwbouwwijken in relatie tot flexvraag bij DSO en TSO

In deze activiteit wordt op dit moment bij de woonwijk Cartesius onderzocht of en hoe de flexibiliteit uit A3.1, maar wellicht ook grote belastingpieken in de wijk als gevolg van de grote hoeveelheid zonnepanelen, EV's en warmtepompen, gematcht kunnen worden met de flexibiliteitsvraag bij DSO, TSO en mogelijk andere partijen in de stadsregio. De modelbasis die in Resultaat 1 is gedefinieerd wordt zodanig ontwikkeld dat daarmee ook deze vraag voor dit Resultaat kan worden beantwoord. De statistische laadmodellen die ontwikkeld worden in Resultaat 2 (A2.1 en A2.2) worden hier ingezet met aangepaste parameters. Ook het verwarmingssysteem met de bufferfuncties daarin wordt meegenomen in deze analyse.

A3.3 Onderzoek flexsysteem nieuwbouwwijken op niet-technologische aspecten (gebruikersonderzoek en -beïnvloeding; implicaties beleid en regelgeving)

De juridische en sociaalwetenschappelijke onderzoeksgroepen in ROBUST zijn de onderzoeksvragen aan het toespitsen op aanvullend onderzoek naar de bewoners van de nieuwbouwwijken, inzichten in mogelijkheden en begrenzingen in het sturen van gebruikersgedrag van de bewoners, en de consequenties van beleid en regelgeving en de ontwikkeling daarin.

In Wisselspoor is ISS samen met een afstudeerder van Breda Applied University aan het onderzoeken hoe de houding van (toekomstige) bewoners ten opzichte van slim en bidirectioneel laden is, ook in het kader van het belang dat die technieken kunnen hebben voor het energiesysteem van de wijken.

Daarnaast spelen op dit ogenblik diverse vragen met betrekking tot regelgeving: hoe kunnen nieuwbouwwijken echte 'smart grids' ontwikkelen waarin flexibiliteit kan worden gezocht en gegenereerd? Hoe kunnen bidirectioneel ladende auto's die flexibiliteit leveren binnen de huidige wet- en regelgeving en fiscale omgeving? Kunnen bidirectioneel ladende

auto's de mogelijkheden van lokale duurzame opwek vergroten binnen de grenzen van netcongestie?

In het onderzoek wordt gekeken in hoeverre de beschikbare flexibiliteit ook kan en zal worden ingezet om het net te ontlasten. Er is gebleken dat in Cartesius de wens van de projectontwikkelaar is om de voorziene flexibiliteit in te zetten zodat een trafo minder nodig is, waardoor de kosten voor het project dalen. De flexibiliteit wordt dan benut in de wijk.

In Wisselspoor was een denkrichting om de flexibiliteit van ev's in te zetten om aansluiting van zonnepanelen mogelijk te maken. De juridische onderzoekers in onderzoeksgroep REBO binnen Utrecht University hebben een notitie geschreven over de mogelijkheid dit te realiseren onder de huidige Elektriciteitswet. Deze notitie is gepresenteerd aan de stakeholders binnen het project. Hoewel het onder de huidige regelgeving mogelijk lijkt te zijn de twee verbindingen met het net aan te merken als één aansluiting, levert een dergelijke interpretatie van de wetgeving onaanvaardbare risico's op voor het elektriciteitsnet. Eén en ander leidt tot aanbevelingen voor het aanpassen van de wetgeving zodat deze risico's kunnen worden uitgebannen.

Er zijn twee deelonderzoeken opgestart naar nieuwe instrumenten die zijn geïntroduceerd of spoedig zullen worden geïntroduceerd om flexibiliteit te ontsluiten. Het gaat om de mogelijkheid bij transportovereenkomsten af te wijken van het molenaarsprincipe ten bate van initiatieven die kunnen bijdragen aan het oplossen van netcongestie en om de zogenaamde non-firm ato's. Er wordt gekeken in hoeverre deze instrumenten in de ROBUST-activiteiten inzetbaar zijn.

A3.4 Extrapolatie naar stadsregioniveau en validatie aan programma van eisen

Bij het ontwikkelen van de modellen en methodieken voor R3 wordt er mee rekening gehouden dat de extrapolatie naar stadsregioniveau kan worden uitgevoerd. Middels modelanalyses zal worden onderzocht in hoeverre het flexaanbod in dergelijke duurzame nieuwbouwwijken een antwoord op de flexvraag op stadregioniveau kan bieden en hoe het flexaanbod zodanig gestuurd kan worden dat het optimaal aan de flexvraag voldoet met inachtneming van de gebruikers- en beleidsaspecten.

Resultaat 4: Proof-of-principle voor flexsysteem op wijkniveau voor duurzame werklocaties

Het onderzoek in Resultaat 4 is ingericht als een pilot / onderzoeksactie aan het energiesysteem van een drietal locaties. Eén van deze locaties is het Utrecht Science Park. Hier zijn recentelijk laadpalen geplaatst in de parkeergarage bij Sportcentrum Olympos.



Figuur 14: Parkeergarage P-Olympos op het Utrecht Science Park.

In de loop van 2023 is onderzoekwerk gestart aan het Utrecht Science Park. Deze grote werk- en woonlocatie koerst aan op een verzwaring van de netaansluiting, niet alleen omdat de energievraag én -productie toeneemt maar ook omdat enkele grote WK-eenheden de komende jaren worden afgeschakeld. Daarnaast wordt een sterke toename van het aantal laadpunten voor elektrische auto's voorzien. In 2023 zijn twee onderzoeksacties uitgevoerd:

- In de parkeergarage Olympos waar naast laadpunten ook zonnepanelen en een stationaire batterij staan, wordt onderzocht hoe veel meer laadpunten kunnen worden geplaatst zonder de netaansluiting te overbelasten, door V2G toe te passen. Er werd ook geanalyseerd hoe de parkeergarage kan profiteren van het minimaliseren van de oplaadkosten voor elektrische voertuigen en het maximaliseren van het eigen PV-verbruik.
- Het tweede traject beziet USP als geheel in een scenario voor het jaar 2030. Daartoe werd het aanbod en de vraag in 2030 gemodelleerd. De resultaten laten zien dat er veel netcongestie wordt verwacht als gevolg van de toename van de vraag.

Bij de Triodos Bank in Driebergen-Rijssenburg is een onderzoekstraject gestart om de netbelasting van het complex te verlagen. Dit meermaals met milieuprijzen bekroonde gebouw wordt geheel elektrisch verwarmd met zonnepanelen, en erbij ligt een groot laadplein met 62 bidirectionele alladpalen en een overkapping van zonnepanelen. Probleem is dat in de ochtenden regelmatig de aansluitwaarde van de netaansluiting wordt overschreden, door een combinatie van piekverbruiken van de warmtepompen in het gebouw, in de keukens en in het laadplein. Enervalis onderzoekt nu hoe slim laden die situatie kan verbeteren, en daarmee de piekbelastingen kunnen verlagen.



Figuur 15: Het bidirectionele laadplein met overkapping met zonnepanelen bij het hoofdkantoor van de Triodos Bank.

A4.1 Onderzoek mogelijk flexaanbod in werklocaties Utrecht en Arnhem

In de loop van 2023 is onderzoekswerk gestart aan het Utrecht Science Park. Deze grote werk- en woonlocatie koerst aan op een verzwaring van de netaansluiting, niet alleen omdat de energievraag én -productie toeneemt maar ook omdat enkele grote WK-eenheden de komende jaren worden afgeschakeld. Daarnaast wordt een sterke toename van het aantal laadpunten voor elektrische auto's voorzien. In 2023 zijn twee onderzoeksacties uitgevoerd:

- In de parkeergarage Olympos waar naast laadpunten ook zonnepanelen en een stationaire batterij staan, wordt onderzocht hoe veel meer laadpunten kunnen worden geplaatst zonder de netaansluiting te overbelasten, door V2G toe te passen. Er werd ook geanalyseerd hoe de parkeergarage kan profiteren van het minimaliseren van de oplaadkosten voor elektrische voertuigen en het maximaliseren van het eigen PV-verbruik.
- Het tweede traject beziet USP als geheel in een scenario voor het jaar 2030. Daartoe werd het aanbod en de vraag in 2030 gemodelleerd. De resultaten laten zien dat er veel netcongestie wordt verwacht als gevolg van de toename van de vraag.

Bij de Triodos Bank in Driebergen-Rijssenburg is een onderzoekstraject gestart om de netbelasting van het complex te verlagen. Dit meermaals met milieuprijzen bekroonde gebouw wordt geheel elektrisch verwarmd met zonnepanelen, en erbij ligt een groot laadplein met 62 bidirectionele alladpalen en een overkapping van zonnepanelen. Probleem is dat in de ochtenden regelmatig de aansluitwaarde van de netaansluiting wordt overschreden, door een combinatie van piekverbruiken van de warmtepompen in het

gebouw, in de keukens en in het laadplein. Enervalis onderzoekt nu hoe slim laden die situatie kan verbeteren, en daarmee de piekbelastingen kunnen verlagen.

A4.2 Onderzoek mogelijkheden flexsysteem werklocaties in relatie tot flexvraag bij DSO en TSO

Voor USP is vervolgonderzoek is gestart om te onderzoeken hoe slim laden, V2G en flexibilisering van de netbelasting (bijvoorbeeld ten behoeve van verwarming) de netcongestie in USP kunnen verminderen.

Bij Triodos Bank zullen TU Delft en UU onderzoek doen naar het potentieel van V2G bedrijf bij Triodos Bank om energiepieken verder te verlagen en om vanuit Triodos Bank bij te dragen aan netflexibiliteit.

A4.3 Onderzoek flexsysteem werklocaties op niet-technologische aspecten (gebruikersonderzoek en -beïnvloeding; implicaties beleid en regelgeving)

Het onderzoek richt zich op niet-technische aspecten zoals het optimaliseren binnen bestaande en nieuwe mogelijkheden van de regelgeving, en de beste prijsprikkels en andere prikkels om stakeholders (beheerders werklocaties, bedrijven) en eindgebruikers te verleiden actief deel te nemen aan het flexsysteem. In de bovengenoemde onderzoeksactie bij het USP wordt onderzocht hoe medewerkers van de UU te stimuleren om deel te nemen aan slim en V2G laden en aan deelmobiliteit.

A4.4 Extrapolatie naar stadsregioniveau en validatie aan programma van eisen

Bij het ontwikkelen van de modellen en methodieken voor R4 is er mee rekening gehouden dat de extrapolatie naar stadsregioniveau kan worden uitgevoerd. De validatie aan het Programma van Eisen wordt voorzien eind 2024 of begin 2025.

Resultaat 5: Proof-of-principle voor flexsysteem voor stadsmobiliteit & stadsdistributie

A5.1 Onderzoek mogelijk flexaanbod stadsmobiliteit / distributie in Utrecht en Arnhem

Het onderzoek in Resultaat 5 is ingericht als een onderzoeksactie aan twee mobiliteitsvloten:

- De grote laadremises van busbedrijf Qbuzz in Utrecht;
- De vloot elektrische onderhoudsbusjes van Stedin.

Qbuzz heeft 68 elektrische bussen in bedrijf in Utrecht en voert al onderzoek uit naar de voordelen van slim laden daarvan. In ROBUST wil Qbuzz ook Vehicle-to-grid laden van bussen onderzoeken en een proefproject uitvoeren waarin een batterij van een afgedankte e-bus als second-life stationaire batterij op de laadremise wordt ingezet. Qbuzz is in 2023 toegetreten tot het ROBUST-consortium.

In de afgelopen twee projectjaren stond de mogelijkheid tot het realiseren van een stationaire batterij, hergebruikt uit de batterij van een e-bus, op een van de busdepots centraal. Daarmee kan, in samenhang met slim laden van de bussen, worden onderzocht of opschaling met meer second-life batterijen zinvol is, wat tot aanzienlijke flexibiliteit van het laadplein als geheel zou kunnen leiden. In het afgelopen jaar is kennis vergaard met betrekking tot de werking en mogelijkheden van zo'n second-life stationaire batterij, en aspecten die bij realisatie naar voren kwamen: refurbishment & aansluiting, aansturing via een battery management system (BMS) en optimalisatie. De opbrengsten die de optimalisatie zouden kunnen genereren zijn getoetst met een zelf ontwikkeld optimalisatiemodel. De oplevering van de container met de stationaire batterij heeft vertraging opgelopen door vertraagde levering van essentiële onderdelen uit Azië, maar inmiddels is de batterij geïnstalleerd en wordt hij klaar gemaakt voor gebruik. De afgelopen maanden is ingebruikname van de stationaire batterij aangehouden omdat de veiligheidsregio en andere instanties zich eerst nader wilden verdiepen in de mogelijke (brand)risico's dat het gebruik met zich mee zou kunnen brengen. Ondertussen zijn deze onderzoeken afgerond en is een vergunning tot in gebruikstelling verleend. Bij de ingebruikstelling kwam nog een aantal technische issues naar boven. Deze zijn nu grotendeels geadresseerd, en verwacht wordt dat halverwege april de daadwerkelijke tests kunnen aanvangen.



Figuur 16: Refurbished batterij op laadremise voor e-bussen van Qbuzz in Utrecht.

Netbeheerder Stedin heeft in Rotterdam en de rest van haar verzorgingsgebied een 800-tal elektrische busjes voor net-onderhoud, die al over V2L capaciteit beschikken (batterij t.b.v. elektrisch las- en ander gereedschap). TUDelft heeft samen met Stedin, ElaadNL en USI een onderzoek gestart naar het potentieel van V2G maken van deze vloot. De vraag is of V2G inzetten van de busjes praktisch en economisch haalbaar is. Voor de laatste vraag wordt ook samengewerkt met het SCALE-project.

Het Testlab van ElaadNL in Arnhem speelt voor elektrische voertuigen een belangrijke rol in het kwaliteitsmanagement rondom slim en bidirectioneel laden en daarmee in de betrouwbaarheid van het toekomstige flexibiliteitssysteem. Het nieuwe Testlab voert testenuit op interoperabiliteit, smart charging karakteristieken, power quality (van belang

voor netbeheerders), cybersecurity, de communicatieketen tussen EV, laadpaal en het systeem, en de geschiktheid van de netaansluitingen. Specifiek in ROBUST wordt onderzocht in hoeverre het hierboven (in R2) geschetste probleem dat het laden van e-auto's niet altijd uitgesteld kan worden, optreedt bij verschillende modellen en hoe eisen kunnen worden gesteld aan elektrische auto's om dat in de toekomst te verbeteren. Stedin onderzoekt in 2024 deze en andere eigenschappen aan een groot aantal modellen elektrische auto. Dit kan het potentieel en de betrouwbaarheid van slim en bidirectioneel laden voor het elektriciteitsnet op relatief korte termijn aanmerkelijk verbeteren.

A5.2 Onderzoek mogelijkheden flexsysteem stadsmobiliteit / distributie in relatie tot flexvraag bij DSO en TSO

In samenwerking met de public transport operator (Qbuzz) is de technische lay out van het elektriciteitsnet op het bus depot in beeld gebracht en een concept meet- en experimentplan opgesteld waarmee de wijze van dataverzameling en analyse zal worden geborgd.

Vervolgens wordt door modelberekeningen de impact van de koppeling van de proeflocaties aan het flexsysteem op de (huidige en toekomstige) flexvraag bij DSO en TSO onderzocht, alsmede het potentieel om netwerkproblemen tegen te gaan met de verschillende flex- en interventieopties.

Er is een business case ontwikkeld voor een stationaire batterij in lijn met Qbuzz batterij-karakteristieken. Input van deze business case is een (financiële) optimalisatie in de Qbuzz-context op basis van een bestaand batterijmodel en optimalisatiealgoritme. Het doel was om 12 maanden het systeem te monitoren en data te verzamelen zodat seizoensinvloeden (met o.a. weers- en marktdynamiek) meegenomen kunnen worden in de analyse. Door vertraging in het beschikbaar komen van deze stationaire batterij zal gefocust wordt op het tweede kwartaal van 2024 ten einde de gewenste inzichten te verkrijgen. Naar verwachting zal dat de minimaal benodigde inzichten opleveren. Echter, met de stationaire batterij operationeel kunnen aansluitend later in de tijd nog extra analyses worden toegevoegd. In maart 2024 is een groep HU Quest-studenten o.l.v ervaren docenten gestart met de eerste analyses voor Qbuzz. Zij zullen een inschatting maken van de potentie van de huidige BESS, en deze toetsen op basis van de metingen. Bovendien zullen ze een inschatting maken welke accucapaciteit vrij komt over de komende jaren vanuit oude e-busses, en welke waarde daarmee gegenereerd zou kunnen worden.

Voor de busjes van Stedin is de onderzoeksactiviteit in februari 2024 gestart; verwacht wordt dat deze in de loop van 2024 wordt afgerond.

A5.3 Onderzoek flexsysteem stadsmobiliteit / distributie op niet-technologische aspecten (gebruikersonderzoek en -beïnvloeding; implicaties beleid en regelgeving)

Het onderzoek richt zich op niet-technische aspecten zoals de beste prijsprikkels en andere prikkels om stakeholders (beheerders laadlocaties, vlooteigenaren) en eindgebruikers te verleiden actief deel te nemen aan het flexsysteem, en de mogelijkheden en beperkingen binnen de regelgeving daartoe. Handhaving van de huidige bus-exploitatie zoals die is vastgelegd in de concessie is hier het startpunt: wat zijn de mogelijkheden voor QBuzz om niet alleen inkoopvoordeel of verlaging van de piekbelasting te realiseren ('achter de meter') maar om ook op een platform als, bijvoorbeeld, GOPACS deel te nemen?

A5.4 Extrapolatie naar stadsregioniveau en validatie aan programma van eisen

De Universiteit Utrecht heeft een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke kostenreductie die kan worden bereikt bij het toepassen van verschillende laadstrategieën op de bussen van Qbuzz bij 3 verschillende laaddepots. Deze studie laat zien dat het kostenreductiepotentieel van het toepassen van slim laden groot is. Het toepassen van een peak-shaving strategie leidt tot een flinke reductie in de laadkosten ten opzichte van ongecontroleerd laden. Bij deelname aan de onbalansmarkt kunnen de laadkosten zelfs netto negatief zijn. De resultaten van deze studie zijn gepubliceerd in het wetenschappelijke tijdschrift *Transportation Research Part E*.

De validatie aan het Programma van Eisen wordt voorzien eind 2024.

Resultaat 6: Proof-of-principle van integraal flexsysteem-ontwerp op stadsregioniveau (het WAT)

A6.1 Synthese van resultaten R2, R3, R4, R5 tot integraal flexsysteemontwerp op stadsregioniveau met deeloplossingen op de 4 flexsysteemlagen

In deze Activiteit wordt de modelontwikkeling voortgezet die in Resultaat 1 was gestart. Op dit moment bestaat de modelbasis uit:

- i. Een model dat het potentieel bepaalt voor het leveren van verschillende flexibiliteitsproducten met een EV-vloot; de resultaten op basis van historische data kunnen op hun beurt gebruikt worden voor voorspellende modellen voor het leveren van producten in de toekomst.
- ii. Verschillende optimalisatiemodellen voor het minimaliseren van kosten en emissies;
- iii. Een voorspelmodel voor het voorspellen van parameters die benodigd zijn voor het effectief inzetten van slim laden, en het aanbieden van flexibiliteitsproducten;
- iv. Een optimalisatiemodel voor het laden onder dynamische nettarieven.

Momenteel worden deze modellen gecombineerd en worden deze geïntegreerd met elektriciteitsnetsimulatiemodellen om de impact op het elektriciteitsnet te bepalen voor

relevante scenarios (combinaties van netwerk, prikkels en gedrag). Hierbij wordt gekeken naar verschillende aggregatieniveaus en waar nodig specifieke netwerken, zodat conclusies kunnen worden getrokken voor zowel het laagspannings- als middenspanningsnet. Op systeemlagen 1 en 2 wordt gekeken naar de effecten van het bandbreedtemodel en andere tariefmodellen, in combinatie met de effecten van vrijwillige redispatch en ingrepen van de netbeheerders (systeemlagen 3 en 4).

Stedin, We Drive Solar, Enervalis, EDMij, UU en TUD hebben in 2023 een eerste test uitgevoerd om vanuit een groep laadpalen flexbiedingen op het nationale congestiemanagementplatform GOPACS te doen en af te handelen. De eerste test is gebeurd met slim (unidirectioneel) laden, en heeft een aantal leerpunten opgeleverd die zijn vastgelegd en besproken met Stichting GOPACS.

Er wordt naar gestreefd om eind 2024 of begin 2025 een tweede test te doen, als het ecosysteem wagen/laadpaal/CPO over teruglaadfunctionaliteit beschikt (V2G) en een benodigde aanpassing bij GOPACS is doorgevoerd. Daarbij wordt onderzocht hoe de biedings- en afhandelingsprocessen moeten worden aangepast en geautomatiseerd om opschaling van de inzet van groepen verspreide flexbronnen zoals laadpalen op GOPACS mogelijk te maken.

A6.2 Validatie deeloplossingen op systeemlagen 1 en 2

In Q2 van 2024 zal USI samen met de onderzoekspartners een eerste definitie van het flexsysteem voor stadsregio's opstellen. Dat zal gebaseerd zijn op bovenstaande activiteiten en verband leggen tussen de huidige problemen voor een robuust elektriciteitsnet en de in steden aanwezige assets (slim en bidirectioneel laden van EV's, stadsbatterijen, slim aansturen van warmtepompen en aansturen van duurzame opwek), en die verenigen door de onderzochte maatregelen (pyramide).

Vervolgens zal worden onderzocht welke van bovengenoemde assets de grootste bijdrages kunnen leveren aan een robuust elektriciteitsnet op de lagen 1 en 2 (van de pyramide, basis en tarieven), en wat daarvoor nodig zal zijn.

A6.3 Validatie deeloplossingen op systeemlagen 3 en 4

Voor het hierboven omschreven flexibiliteitssysteem zal in deze Activiteit worden onderzocht welke van bovengenoemde assets de grootste bijdrages kunnen leveren aan een robuust elektriciteitsnet op de lagen 3 en 4 van de pyramide: vrijwillige en gereguleerde redispatch, en wat daarvoor nodig zal zijn.

Resultaat 7: Integraal flexsysteem op stadsregio vertaald naar handelingsperspectief van de probleemeigenaren (het HOE)

A7.1 Vertaling resultaten naar handelingsperspectief op de vier flexsysteemlagen voor DSO's en TSO (afnemers flexibiliteitsdiensten)

Het flexibiliteitssysteem voor stadsregio's is zich aan het uitkristalliseren. Wat kunnen afnemers van flexibiliteitsdiensten – met name de netbeheerders – doen om de impact ervan te vergroten? Wat zijn de rollen, en wat is het perspectief?

Hierboven bij Resultaat 6 is aangegeven dat een update van de omschrijving van het flexibiliteitssysteem is gepland in mei 2024. In de Stakeholderbijeenkomst die wordt gepland in herfst 2024 zal een eerste voorzet voor rollen en perspectief voor de in Resultaat 7 gedefinieerde groepen worden besproken met representanten van verschillende netbeheerders. Op basis daarvan zal een concept factsheet (mogelijk met een achtergronddocument dat het flexibiliteitssysteem beschrijft) worden opgesteld, waarbij verdere feedback vanuit de sector in een webinar c.q. schriftelijk wordt verwerkt in een eindversie.

A7.2 Vertaling resultaten naar handelingsperspectief op de vier flexsysteemlagen voor aggregatoren en aanbieders flexibiliteitsdiensten

Aggregatoren zullen naar verwachting een belangrijke rol spelen in samenwerking met de netbeheerders. Net als bij A7.1 zal hier op basis van de omschrijving van het flexibiliteitssysteem een voorzet voor een factsheet met rollen en perspectief worden besproken in de Stakeholderbijeenkomst en daarna in een webinar, waarna de factsheet met schriftelijke commentaarronde wordt uitgewerkt.

A7.3 Vertaling resultaten naar handelingsperspectief op de vier flexsysteemlagen voor overheden (beleid en regelgeving)

Overheden spelen een belangrijke rol bij de verdere ontwikkeling van het flexibiliteitssysteem. In de omschrijving zal worden beschreven wat nu al kan maar ook er zou moeten veranderen aan wet- en regelgeving om het flexibiliteitssysteem maximale impact te laten bereiken. Overheden zullen naar verwachting een belangrijke rol spelen in samenwerking met de netbeheerders. Net als bij A7.1 zal hier op basis van de omschrijving van het flexibiliteitssysteem een voorzet voor een factsheet met rollen en perspectief worden besproken in de Stakeholderbijeenkomst en daarna in een webinar en schriftelijke commentaarronde, waarna de factsheet wordt uitgewerkt.

A7.4 Vertaling resultaten naar handelingsperspectief op de vier flexsysteemlagen voor eigenaren en eindgebruikers (acceptatie, dataveiligheid)

Het uitgevoerde onderzoek naar eindgebruikers zal samen met de uitwerking van het flexibiliteitssysteem de basis vormen voor een factsheet of folder gericht (vertegenwoordigers van) de eindgebruikers en eigenaren. Daarbij zullen 'wat heb ik eraan',

maatschappelijke voordelen, acceptatie maar ook dataveiligheid aan bod komen. Uitwerking in overleg met vertegenwoordigers van de eindgebruikers en eigenaren, in lijn met het proces zoals hierboven beschreven.

Resultaat 8: Kennis en kwaliteit geborgd

A8.1 Kennisverspreiding intern (consortium plus stakeholders in gebruikerspanel en expertpanel) en extern

Aan de kennisoverdracht intern en extern is vanaf de start van het project aandacht besteed. Een website geeft uitleg over wat het onderzoeksproject ROBUST inhoudt en wie erbij betrokken zijn, en toont updates met betrekking tot actualiteiten rondom de thema's van een toekomstbestendig en flexibel elektriciteitsstelsel.

De opgedane kennis tijdens ROBUST wordt daarnaast op verschillende manieren gedeeld: tijdens presentaties op evenementen, kennisdeelsessies en webinars, en via peer reviewed wetenschappelijke artikelen en theses van masterstudenten. Hieronder worden een aantal voorbeelden uitgelicht en alle publicaties zijn te vinden in de publicatielijst.

Zo zijn er verschillende presentaties op evenementen geweest. Tijdens de Radboud Conferentie over Earth System Governance (ESG) in Nijmegen werd 26 oktober 2023 een speciale sessie gehouden over de technische en sociale aspecten en benodigde wet- en regelgeving rondom het energiesysteem ROBUST met presentaties van Bart van der Ree (USI), Nanda Panda (TU Delft), Janna de Graaf en Yang Hu (FSW en GEO, UU) en Anoeska Buijze (REBO UU).

Tijdens de AVERE E-mobility Conference (AEC2023) in Utrecht is op 26 en 27 september 2023 ROBUST gepresenteerd door projectmanager Bart van der Ree (USI). Zie <https://tki-robust.nl/robust-op-de-earth-system-governance-conferentie-2023/> en <https://tki-robust.nl/1073/>.

Er is ook regelmatig bilateraal contact met andere gerelateerde innovatieprojecten. Zo zijn er kennisuitwisselingen geweest met de MOOI-projecten SmoothEMS met Gridshield, GO-E en TROEF, het Horizon-project SCALE waarmee een actieve samenwerking is en de resultaten van ROBUST ook over de grenzen worden gedeeld, en het TKI-project FLEET (tot afronding daarvan medio 2023).

Op 6 juni 2023 werd de tweede stakeholderdag georganiseerd bij het Testlab van ElaadNL op bedrijventerrein De Kleefse Waard in Arnhem. Voor een samenvatting zie <https://tki-robust.nl/veel-nieuws-bij-de-tweede-robust-klankbord-feedback-dag/>. De derde stakeholderdag zal worden gehouden in september 2024 op een nader te bepalen locatie. Hier wordt onder meer een workshop georganiseerd voor overheden, netbeheerders (TSO/DSO), aggregatoren en eindgebruikers om samen te komen tot een

handelingsperspectief voor deze doelgroepen (zie ook Resultaat 7). Ook beogen we een eindsymposium te organiseren voor de verschillende doelgroepen in 2025.

Ook stond ROBUST en de resultaten eruit centraal in de bijdrage die de gemeente Utrecht heeft gedaan in het RVO webinar over Energy Hubs op 20 juni 2023. Doelgroep daarvan waren primair andere gemeenten, provincies en andere overheidsgerelateerde instellingen. Behalve in Utrecht is er snelgroeiende belangstelling vanuit andere Nederlandse steden. Rotterdam is daarin het verst gevorderd; daar wordt uitrol van het Bidirectioneel Ecosysteem verwacht met naar verwachting 150 MyWheels-deelauto's en bidirectionele We Drive Solar laadpunten, draaiend op hetzelfde ICT-backoffice als de Utrechtse WDS-laadpunten. Daarmee ontstaat naar verwachting in de loop van 2024 een belangrijke nieuwe databron voor ROBUST.

ROBUST is als één van de mogelijke oplossingen genoemd in de Routekaart Energieopslag van juni 2023, zie <https://tki-robust.nl/bidirectioneel-laden-op-routekaart-van-rijk-naar-duurzaam-energiesysteem/>.

Op 26 april 2023 heeft onderzoeker Parnian Alikhani (UU) tijdens de SmartGreens 2023 conferentie in Praag de Best Student Paper Award gewonnen met de ROBUST-publicatie getiteld Marginal Emission Factors in Power Systems: The Case of the Netherlands (<https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0011855700003491.>)

Daarmee loopt het kennisverspreidingsplan zoals verwacht, behalve op het punt van projectvideo's. In 2024 en 2025 zullen enkele korte projectvideo's geproduceerd worden waarin de lessen van pilots en technische, sociale en juridische inzichten en perspectieven op een toegankelijke manier gedeeld worden met een breder publiek. We zijn nu in de fase van inhoudelijke ontwikkeling in het project dat de resultaten beter communiceerbaar worden, waardoor het maken van de video's nu zinvoller is geworden.

Er is sinds een aantal maanden enorme maatschappelijke ophef rondom netcongestie ontstaan. Gemeenten beseffen dat verschillende ambities (nieuwbouw van woningen, energietransitie, elektrificatie van transport) door netcongestie worden gedwarsboomd. Bij publicatie van zijn jaarrapport heeft Stedin een oproep gedaan aan laadpaaalexploitanten om slim laden in te voeren en auto's later te laden. De overheid, ACM en netbeheerders werken hard aan oplossingen voor korte en lange termijn. Het ROBUST-flexibiliteitssysteem geniet daarbij brede aandacht, vooral wanneer er eenmaal voldoende bidirectionele auto's op de markt zijn om het systeem werkelijk bidirectioneel te maken. Verschillende publicaties zijn te vinden in de publicatielijst.

A8.2 Borging projectkwaliteit in termen van samenwerking, resultaten, planning en budget

De samenwerking tussen de projectpartners is georganiseerd in reeksen meetings van werkteams per resultaat en activiteit, deels online, deels live. UU en USI reviewen de voortgang tweemaal per jaar en sturen bij waar nodig.

2.2 Behaalde resultaten per mijlpaal

De eerste mijlpaal in ROBUST was het afronden van Resultaat 1, behaald op 30 juni 2022. De hierboven beschreven resultaten onder Resultaat 1 zijn daarvoor de resultaten:

- Definitie modelstructuur flexsysteem, recap relevant onderzoek en kaderdocument;
- Outline beoogde flexsysteem en programma van eisen;
- Eerste analyses cyberveiligheid flexsysteem op netten met grote hoeveelheden V2G-laadpalen, en datamanagementplan voor het project;
- Definitie onderzoeksopzet voor de verdere Resultaten en Activiteiten, voor zowel modelwerk, praktijkonderzoek en niet-technologisch onderzoek.

2.3 Knelpunten

Bij de uitvoering van het project is vertraging opgelopen door externe oorzaken (vooral het later op de markt arriveren van V2G auto's en het vertragen van nieuwbouwprojecten); met een verlenging van de looptijd van Resultaten 2 tot en met 6 zijn de vertragingen ruimschoots te absorberen binnen het vervolg van het project.

2.4 Perspectief voor toepassing

Het afkondigen van netcongestie door TenneT in Utrecht heeft de aandacht voor ROBUST versterkt. Diverse acties zijn gaande om de toepassing van V2G en netflexibiliteit op stadsregioniveau te versnellen. Gemeente Utrecht heeft in haar nieuwe concessie voor uitbreiding van het aantal laadpalen in de stad mogelijkheden ingebouwd om slim laden met flexibele nettarieven in de toekomst op te schalen.

Sinds januari 2022 heeft We Drive Solar slim laden toegepast op al haar laadpalen, gebaseerd op day-aheadprijzen. Dat heeft al een aanzienlijke verlaging van de laadkosten opgeleverd. De proof-of-principle test voor biedingen op GOPACS zal hopelijk in 2024 al mogelijkheden bieden om daarnaast ook grootschalig met het bidirectionele netwerk actieve congestiemanagement-diensten aan te bieden.

3. Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling

ROBUST draagt bij aan missie B 'Een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050' van het Klimaatakkoord via MMIP 5 'Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht'. De bijdrage aan MMIP5 speelt zich af in het hoofdthema 'Oplossingen voor een

betrouwbare, betaalbare en eerlijke elektriciteitsvoorziening' van MMIP5, in de volgende subthema's.

MMIP5 Deelpr. 5.2 Flexibiliteit van/voor energiesysteem in de gebouwde omgeving

Het stadsbrede flexsysteem van ROBUST dat gebaseerd wordt op het huidige netwerk van 700 bidirectionele laadpunten en de binnen dit project te onderzoeken 250 bidirectionele E-deelauto's en stationaire batterijen, levert grootschalige datasets om flexibiliteitsopties met een integrale benadering te toetsen en draag daarmee bij aan 5.2.1 Schaalbare en verbeterde flexibiliteitsopties.

ROBUST met haar integrale aanpak over verschillende sectoren in de stadsregio levert maatschappelijke innovatie voor een breed gedragen en inclusief transitiepad voor grootschalige inzet van flexibiliteit in de gebouwde omgeving en draagt daarmee bij aan 5.2.3 Doorsnijdend Onderzoek.

Kwantificering: Volgens het CBS legden Nederlandse personenauto's in 2017 in totaal 119 miljard kilometer af. Uitgaande van een verbruik van 0,2 kWh/km zou een volledig elektrische autovloot een laadvolume van 23,8 TWh teweegbrengen. Het gemiddelde dagelijkse prijsverschil op de APX tussen piekuren (18:00 tot 20:00) en daluren (01:00 tot 05:00) was 18,8 €/MWh in 2017 (en tegenwoordig beduidend hoger); het verplaatsen van bovengenoemd laadvolume van piekuren naar daluren vertegenwoordigt daarmee een maximale potentie van 448 miljoen euro per jaar. Aangezien dit een maximumpotentie betreft, en niet alle EV-rijders hun volledige laadvolumes naar de nacht kunnen/willen verplaatsen, is het realistisch te stellen dat de APX-markt een verdienpotentieel van ongeveer 200 miljoen euro per jaar biedt voor slimme laadoplossingen – op dit moment waarschijnlijk meer. Daarnaast kunnen EV's in de toekomst een deel vervullen van het potentieel in de FCR-capaciteitsvergoedingen (de orde van 20 miljoen euro per jaar) en de aFRR-markt (orde van 20 miljoen euro per jaar)¹.

MMIP5 Deelpr. 5.3 Systeemontwerp voor elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving

ROBUST levert vanuit de innovatie in Utrecht Bottom-up opties voor congestiemanagement en opties voor monitoring en control voor de elektriciteitsinfrastructuur en draagt daarmee bij aan 5.3.1 -Verbeteren en nieuwe functionaliteiten voor het huidige lokaal energiesysteem.

Het modelleren van het stadsbrede flexibiliteitsnetwerk in ROBUST genereert nieuwe tools en methodes (power flow flexibiliteitsmodellen op stadsregioniveau, optimalisatiemodel, analysetool gemeentes) met aandacht voor conversie en fysieke omgeving voor gezamenlijke besluitvorming bij ontwerp lokaal energiesysteem, levert gevalideerde input voor verbetering van bestaande tools en rekenmodellen bij Stedin, UU, TU Delft en anderen

¹ <https://ssc-fleet.nl/>

en combineert deze voor in een integraal flexibiliteitssysteem, en draagt daarmee bij aan 5.3.2 -Tools voor ontwerp lokaal elektriciteitssysteem.

Kwantificering: van de 25 tot 30 miljard euro die de netbeheerders tot 2030 zullen investeren in het onderhouden en versterken van het elektriciteitsnetwerk², zal een deel vermeden of uitgesteld kunnen worden door lokale flexibiliteitsoplossingen zoals die van ROBUST. Dat aandeel is nog niet goed bekend; bij een schatting van 10% ligt er in Nederland een besparingspotentieel van 2,5 tot 3 miljard euro in de periode tot 2030 en mogelijk nog meer in de jaren daarna.

MMIP5 Deelpr. 5.4 Lokale flexibiliteit ten behoeve van het totale elektriciteitssysteem

ROBUST onderzoekt uitbreiding van handelssystemen (o.a. USEF) voor lokale congestie en van toegankelijke platformen (o.a. GOPACS) voor inzet flexibiliteit uit gebouwde omgeving voor energiehandel en systeemdiensten, en draagt daarmee bij aan 5.4.1 -Voorwaarden voor gerichte inzet van flexibiliteit vanuit de gebouwde omgeving.

Kwantificering: CE Delft schat in dat in de toekomst als gevolg van hoge penetraties van wind- en zonne-energie een additionele flexibiliteitsbehoefte in tekortsituaties kan ontstaan tot 0,5 GW in de laagspanningsnetvlakken, 1,2 GW op middenspanningsnetvlakken en 1,3 GW op hoogspanningsnetvlakken³. Lokale flexibiliteitsoplossingen zoals ROBUST onderzoekt kunnen een bijdrage leveren in die tekorten, vooral op laagspannings- en middenspanningsniveau. Die bijdrage is nog niet goed bekend, maar als we schatten dat 10% van de 55.000 elektrische auto's die in 2030 in Utrecht worden verwacht⁴ een beperkt deel van de tijd beschikbaar is voor V2G-bedrijf, zijn daarmee binnen deze stad met 350.000 inwoners bijdragen van 50 MW in de bovengenoemde flexibiliteitsbehoefte mogelijk. Universiteit Utrecht heeft geschat dat de batterijen van 8.500 bidirectionele auto's voldoende capaciteit hebben om alle woningen in Utrecht een nacht lang van elektriciteit te voorzien⁵.

Bijdrage aan andere Missies

Daarnaast draagt ROBUST bij aan missie D 'Emissieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050' via MMIP 9 en MMIP 10, doordat het flexibiliteitssysteem extra waarde zal genereren uit e-deelautosystemen, slimme bidirectionele laadpalen en laadpleinen, slim ladende bussen en distributievoertuigen, zodat de ontwikkeling en uitrol daarvan wordt gestimuleerd.

Tenslotte draagt ROBUST bij aan MMIP 13 (robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem) doordat het flexibiliteitssysteem lokale energiesystemen robuuster maakt

² <https://www.ad.nl/binnenland/energienota-hoger-door-warmtepomp-en-laadpaal~a32dfb44/>

³ Marktontwikkeling van een duurzaam elektriciteitssysteem, Centrum voor Energievraagstukken e.a. april 2019

⁴ Presentatie 'V2G bi-directional ecosystem' voor IRIS-bijeenkomst, Gemeente Utrecht, 10 juni 2020

⁵ Gepresenteerd tijdens opening bidirectioneel laadnetwerk op Utrecht Science Park, <https://smartsolarcharging.eu/persbericht-utrecht-science-park-eerste-campus-met-groot-bidirectioneel-laadnetwerk/>

met de gegenereerde netflexibiliteit, terwijl een bijdrage wordt geleverd aan nationale balanshandhaving.

4. Spin-off binnen en buiten de sector

4.1 Binnen de sector

Het onderzoeksproject ROBUST heeft binnen de sector al voor verschillende spin-off gezorgd. Als eerste heeft de gemeente Utrecht in haar nieuwe concessie voor uitbreiding van het aantal laadpalen in de stad mogelijkheden ingebouwd om slim laden met flexibele nettarieven in de toekomst op te schalen. Dit laat zien dat er betrokkenheid en een innovatieve insteek is vanuit de lokale overheid.

Met het uitroepen van de stad Utrecht in najaar 2021 door het internationale internetplatform 'Fully Charged'⁶ tot 'Fully Charged City 2021', en het winnen van de International Smart Grid Action Network Award 2022 is Utrecht als wereldwijd inspirerende stad ter wereld op het gebied van duurzame mobiliteit bekend geworden.

Het succes van de verschillende onderzoeksprojecten rondom het thema regionale netflexibiliteit zoals Smart Solar Charging, FLEET en ROBUST is ook op internationale schaal niet onopgemerkt gebleven. Meerdere projectpartners van ROBUST zijn op Europees niveau het opschalen van V2G aan het ondersteunen in het Horizon Europe programma SCALE.

Tijdens het Hyundai event op donderdag 21 april 2022 in Utrecht hebben Hyundai en We Drive Solar hun samenwerking gepresenteerd waarmee V2G laden een rol gaat spelen in ons toekomstige elektriciteitsnet. Cartesius, één van de pilot locaties binnen Resultaat 3 van ROBUST, had hier de wereldwijde primeur met de officiële lancering van de eerste bidirectionele Hyundai IONIQ 5. Met deze eerste bidirectionele productie-auto is het Utrechtse bidirectionele ecosysteem op kleine schaal al bidirectioneel operationeel. Verdere opschaling met V2G productie-auto's wordt in het laatste kwartaal van 2024 verwacht.

4.2 Buiten de sector

Binnen de sector volgen de spin-off acties elkaar hard op. Het potentieel van slim en bidirectioneel laden voor vermindering van de netcongestieproblematiek is niet onopgemerkt gebleven. Op dit moment zijn lokale, provinciale en landelijke overheden samen met de netbeheerders aan het onderzoeken of daarmee andere ambities zoals nieuwbouwplannen beter gerealiseerd kunnen worden.

⁶ <https://fullycharged.show/>

5. Overzicht van openbare publicaties over het project en waar deze te vinden of te verkrijgen zijn

5.1 Publicaties

In het derde projectjaar:

Wetenschappelijk

Datum: Maart 2024

Titel publicatie: Quantifying the Aggregate Flexibility of EV Charging Stations for Dependable Congestion Management Products: A Dutch Case Study

Auteur: Panda, Tindemans (TU Delft)

Uitgever: [working paper]

Link: preprint <https://arxiv.org/abs/2403.13367>

Datum: Maart 2024

Titel publicatie: Aggregate Peak EV Charging Demand: The Influence of Segmented Network Tariffs

Auteur: Panda, Li, Tindemans (TU Delft)

Uitgever: ITEC 2024, Rosemont, IL, USA

Link: preprint: <https://arxiv.org/abs/2403.12215>

Datum: Maart 2024

Titel publicatie: Efficient Quantification and Representation of Aggregate Flexibility in Electric Vehicles

Uitgever: Power System Computation Conference (PSCC 2024), Paris. Te verschijnen in: Electric Power System Research, Elsevier.

Auteur: Panda, Tindemans (TU Delft)

Link: preprint: <https://arxiv.org/abs/2403.13367>

Datum: December 2023

Titel publicatie: Congestion management in electricity distribution networks: Smart tariffs, local markets and direct control

Auteur: Hennig, De Vries en Tindemans (TU Delft)

Uitgever: Utilities Policy (85), 101660

Link: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101660>

Datum: Oktober 2023

Titel publicatie: A novel forecasting approach to schedule aggregated electric vehicle charging

Uitgever: Energy and AI

Auteur: Nico Brinkel et al.

Link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666546823000691>

Datum: Mei 2023

Titel publicatie: Marginal emission factors in power systems: The case of the Netherlands (scientific paper)

Uitgever: SmartGreens, auteur: Parnian Alikhani et. al.

Link: <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0011855700003491>

Datum: April 2023

Titel publicatie: A comparative analysis of charging strategies for battery electric buses in wholesale electricity and ancillary services markets (scientific paper)

Uitgever: Elsevier,

auteur: Nico Brinkel et. al.

Link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136655452300073X>

Theses

Datum: Augustus 2023

Titel publicatie: Congestion Management in office areas and the role of EV flexibility– A case study on Utrecht Science Park (masterthesis)

Uitgever: Christos Psaropoulos, Master student

Link: *vertrouwelijk*

Datum: Juni 2023

Titel publicatie: Optimization of a Smart Energy System with Bidirectional Charging Stations - A Case Study on P-Olympos, Utrecht (masterthesis)

Uitgever: Till Cordes, Master student

Link: *vertrouwelijk*

Datum: December 2022

Titel publicatie: Modelling and Topology Optimisation of Medium Voltage Representative Networks for The Netherlands (Masterthesis)

Uitgever: Marcel Brouwers, Master student

Link: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2f17706d-cd17-42a0-b2bf-f2bb5f0c84e9>

Datum: Augustus 2022

Titel publicatie: Interplay between LV grids and EVs' Charging Flexibility (Masterthesis)

Uitgever: Flore Verbist, Master student

Link: <https://tki-robust.nl/geen-netcongestie-door-flexibel-laden-van-elektrische-autos/>

Anders

Datum: 7 juni 2023

Titel publicatie: Routekaart Energieopslag

Uitgever: Ministerie van EZK, demissionair minister Rob Jetten

Link: <https://tki-robust.nl/bidirectioneel-laden-op-routekaart-van-rijk-naar-duurzaam-energiesysteem/>

ROBUST werd in de Routekaart genoemd als mogelijke oplossing voor netcongestie.

Webinars

Datum: 23 april 2023

Titel webinar: ISGAN Award 2022 - Excellence of EV Integration in Smart Grid (no recording)

Uitgever/organisator: Baerte de Brey (Stedin/ElaadNL) te gast bij IEA-ISGAN Awards.

Link: <https://www.iea-iskan.org/webinar-iskan-award-2022-excellence-of-ev-integration-in-smart-grid/>.

Presentaties op evenementen

Datum: 28 maart 2024

Titel publicatie: Hoe slim is slim laden? De geleerde lessen uit een grootschalige slim laden proef

Uitgever: Nico Brinkel te gast bij de kennissessie ‘Slim laden voor iedereen’ georganiseerd door de ‘Nationale Agenda Laadinfrastructuur’.

Link: <https://www.agendalaadinfrastructuur.nl/nieuws/2667884.aspx?t=NAL-organiseert-informatiesessie-over-slim-laden>

Datum: 13 december 2023

publicatie: ICT for Electric Vehicle smart charging

Uitgever: Nico Brinkel te gast bij de ‘NIRICT Community Day 2023’ georganiseerd door de 4TU Alliance.

Link:

<https://www.4tu.nl/nirict/news/Save%20the%20date%204TU.NIRICT%20Community%20Day%202023/#:~:text=NIRICT%20Community%20Day%2C%20December%2013%2C%202023>

Datum: 13 december 2023

publicatie: ICT for Electric Vehicle smart charging

Uitgever: Nico Brinkel te gast bij de ‘NIRICT Community Day 2023’ georganiseerd door de 4TU Alliance.

Link:

<https://www.4tu.nl/nirict/news/Save%20the%20date%204TU.NIRICT%20Community%20Day%202023/#:~:text=NIRICT%20Community%20Day%2C%20December%2013%2C%202023>

Datum: 26 oktober 2023

Titel publicatie: ROBUST: Enabling the energy transformation on a local level - the case of electric vehicles

Uitgever: Bart van der Ree (USI), Nanda Panda (TU Delft), Janna de Graaf (FSW UU), Yang Hu (GEO UU) en Anoeska Buijze (REBO UU) op de Radboud Conferentie over Earth System Governance (ESG) in Nijmegen, NL gehouden van 24 tot en met 26 oktober.

Link: <https://tki-robust.nl/robust-op-de-earth-system-governance-conferentie-2023/>.

ROBUST-parallelsessie over de technische en sociale aspecten en benodigde wet- en regelgeving rondom het energiesysteem ROBUST.

Datum: 26 en 27 september 2023

Titel publicatie: A Robust Sustainable Electricity System through Regional Flexibility (banner)

Uitgever: Bart van der Ree te gast op AVERE E-mobility Conference (AEC2023) in Utrecht, NL (26-27 september 2023).

Link: <https://tki-robust.nl/1073/>.

Awards

Datum: 23 april 2023

Event: SmartGreens 2023 Conferentie in Praag

Link artikel: <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0011855700003491>

Parnian Alikhani wint Best Student Paper Award.

5.2 Media-aandacht

In het derde projectjaar:

Datum: 5 februari 2024

Titel publicatie: Waarom Utrechtse laadpalen op drukke momenten je elektrische auto langzamer opladen

Uitgever: AD/Maaike Kooistra, geïnterviewde: Robin Berg (WDS)

Link: <https://www.ad.nl/utrecht/waarom-utrechtse-laadpalen-op-drukke-momenten-je-elektrische-auto-langzamer-opladen~af860ebe/>

Datum: januari 2024

Titel publicatie: Vol stroomnet bedreigt woningbouw Utrecht: laadpaal 's avonds op halve kracht

Uitgever: RTL Z, geïnterviewde: Lot van Hooijdonk (GU), David Peters (Stedin)

Link: <https://www.rtl.nl/economie/artikel/5430534/gevolgen-van-vol-stroomnet>

Datum: 14 december 2023

Titel publicatie: Elektrische auto als batterij: met 10.000 auto's kun je problemen stroomnet in Utrecht voorkomen

Uitgever: AD/TonVoermans, geïnterviewde: Baerte de Brey (Stedin/ElaadNL)

Link: <https://www.ad.nl/auto/elektrische-auto-als-batterij-met-10-000-autos-kun-je-problemen-stroomnet-in-utrecht-voorkomen~aa81e77c/>

Datum: 13 oktober 2023

Titel publicatie: De elektrische auto als thuisbatterij: terugleveren van energie kan je 1000 euro per jaar opleveren

Uitgever: AD/Roland Tammeling, geïnterviewde: Robin Berg (WDS)

Link: <https://www.ad.nl/auto/je-elektrische-auto-als-thuisbatterij-terugleveren-van-energie-kan-je-1000-euro-per-jaar-opleveren~a1a60d5c>

Datum: 7 juni 2023

Titel publicatie: Routekaart Energieopslag

Uitgever: Ministerie van EZK/demissionar minister Rob Jetten

Link: <https://tki-robust.nl/bidirectioneel-laden-op-routekaart-van-rijk-naar-duurzaam-energiesysteem/>