

ROBUST

**Robuust duurzaam elektriciteitssysteem door
regionale flexibiliteit**

**Openbare Voortgangsrapportage tweede
projectjaar**

28 april 2023

Universiteit Utrecht, Utrecht Sustainability Institute

Bart van der Ree, Milo Winters

M.m.v. Stedin, Smart Solar Charging BV, Enervalis, EDMij, Stichting

ElaadNL, TU Delft, Hogeschool Utrecht, Gemeente Utrecht

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	6
2. Beschrijving van de uitgevoerde activiteiten, de behaalde resultaten per mijlpaal, de knelpunten en het perspectief voor toepassing.....	10
2.1 Uitgevoerde activiteiten en resultaten.....	10
2.2 Behaalde resultaten per mijlpaal.....	29
2.3 Knelpunten	29
2.4 Perspectief voor toepassing.....	29
3. Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling	29
4. Spin-off binnen en buiten de sector.....	32
4.1 Binnen de sector.....	32
4.2 Buiten de sector.....	32
5. Overzicht van openbare publicaties over het project en waar deze te vinden of te verkrijgen zijn.....	33
5.1 Publicaties.....	33
5.2 Media-aandacht	34

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 2022 tot 31 maart 2023, het tweede projectjaar van het project ROBUST.

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 verzwakt 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 verzwaringskosten 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 Arnhem 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 Arnhem 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 Arnhem zijn verbonden;
2. Het wereldwijd eerste onderzoek rond grootschalige inzet van V2G- (deel)personenauto'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.

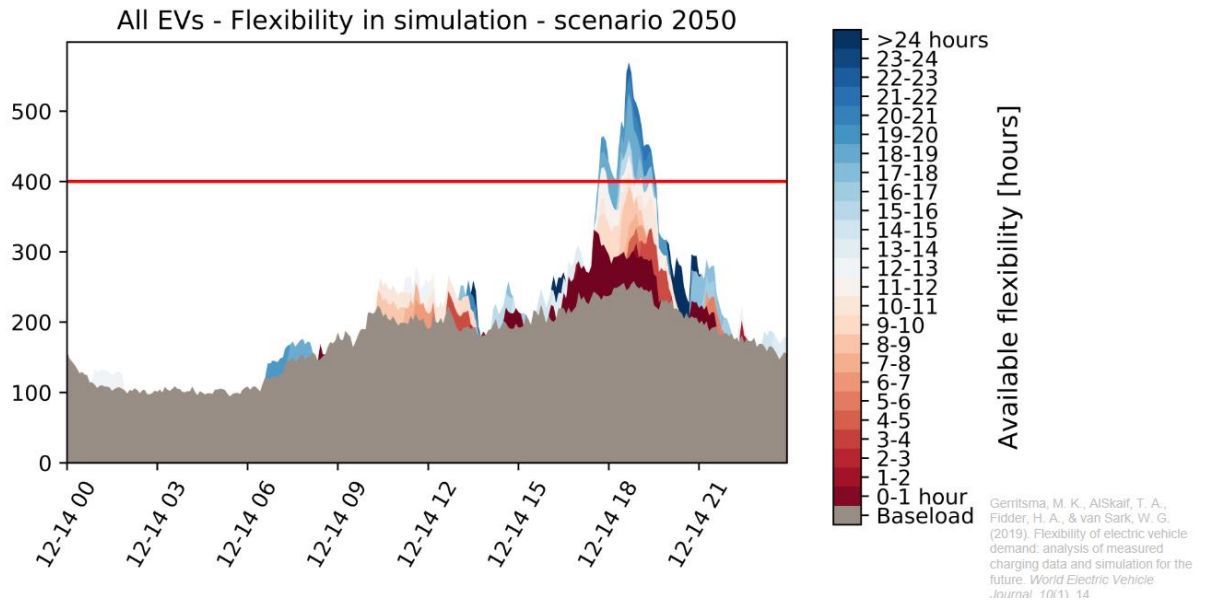
De beoogde producten en diensten voor grootschalige toepassing zijn:

1. Powerflowmodel en flexmarktmodel t.b.v. flexsystemen voor de deelfuncties wonen, werken en mobiliteit, en voor ontwikkeling van integrale flexsystemen op stadsregioniveau;
2. Laadalgoritme 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

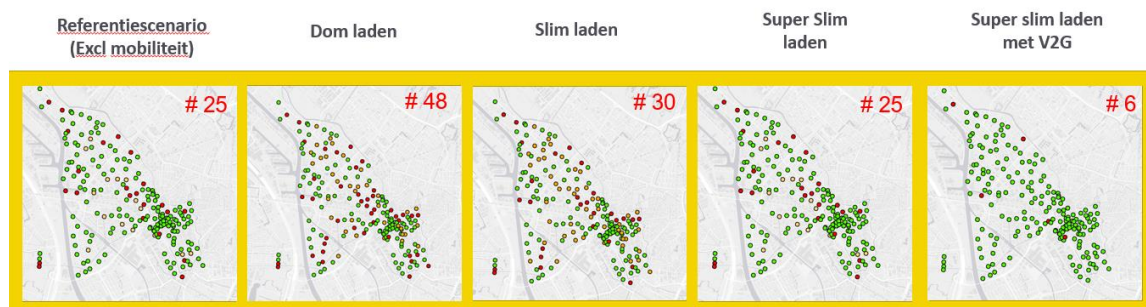
Onderzoek (zie Figuur 1) bevestigt dat elektrische auto's een aanzienlijke extra belasting op het elektriciteitsnetwerk kunnen worden. Maar als ze slim en bidirectioneel kunnen laden, kunnen ze juist een oplossing zijn en zelfs vraag- en aanbodpieken van andere netgebruikers zoals zonnepanelen, windmolens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

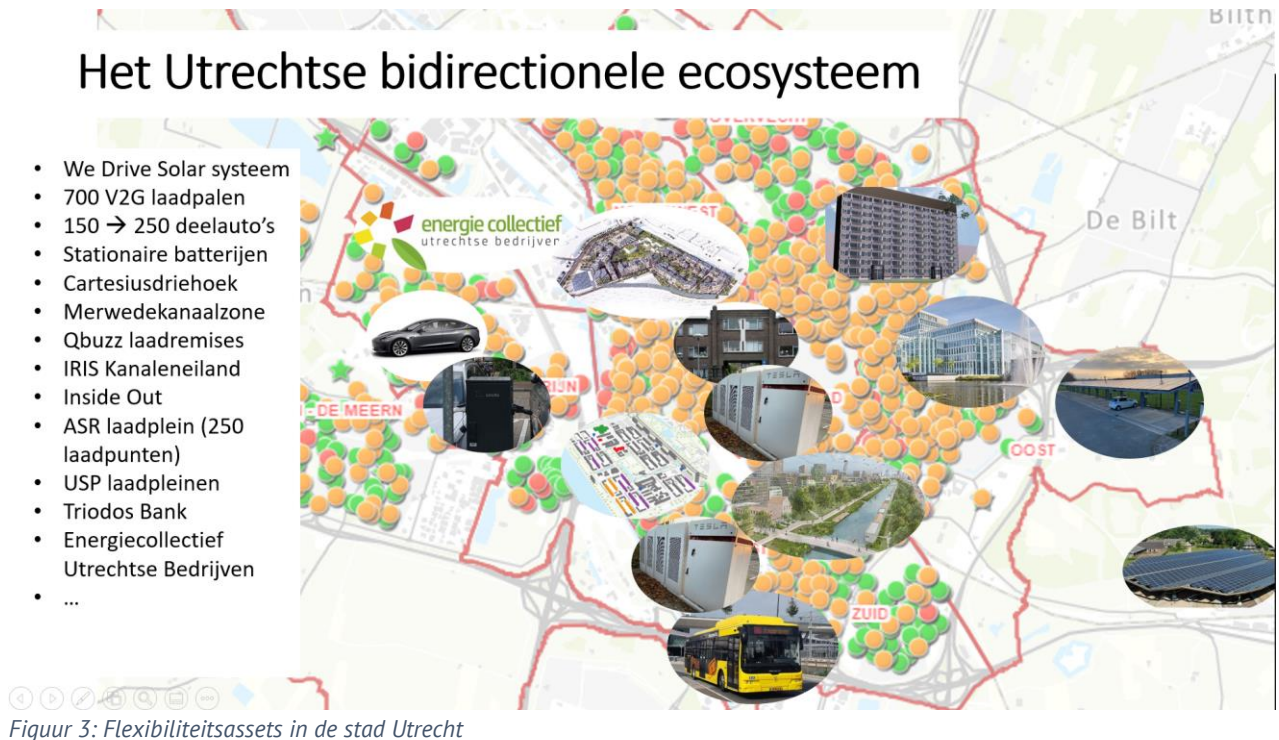


● : trafohuisje minder dan 80% belast ● : trafohuisje 80-100% belast ● : trafohuisje meer dan 100% belast

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 250 elektrische deelauto's 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. Volstaan een stedelijk powerflowmodel en een nationaal balansmarktmodel om dit integrale flexsysteem weer te geven, en als middel om zijn functioneren te kunnen beoordelen?
- 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, 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 inzichten 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 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. 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 duurzaamheidonderzoek, 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.

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 regelmatige 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 MOOI projecten. Zo zijn de MOOI projecten TROEF, GRIDSHIELD, B4B en CPD verenigd in het MOOI-projectpanel.

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 tweede projectjaar zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

Resultaat 1: Principeontwerp en programma van eisen

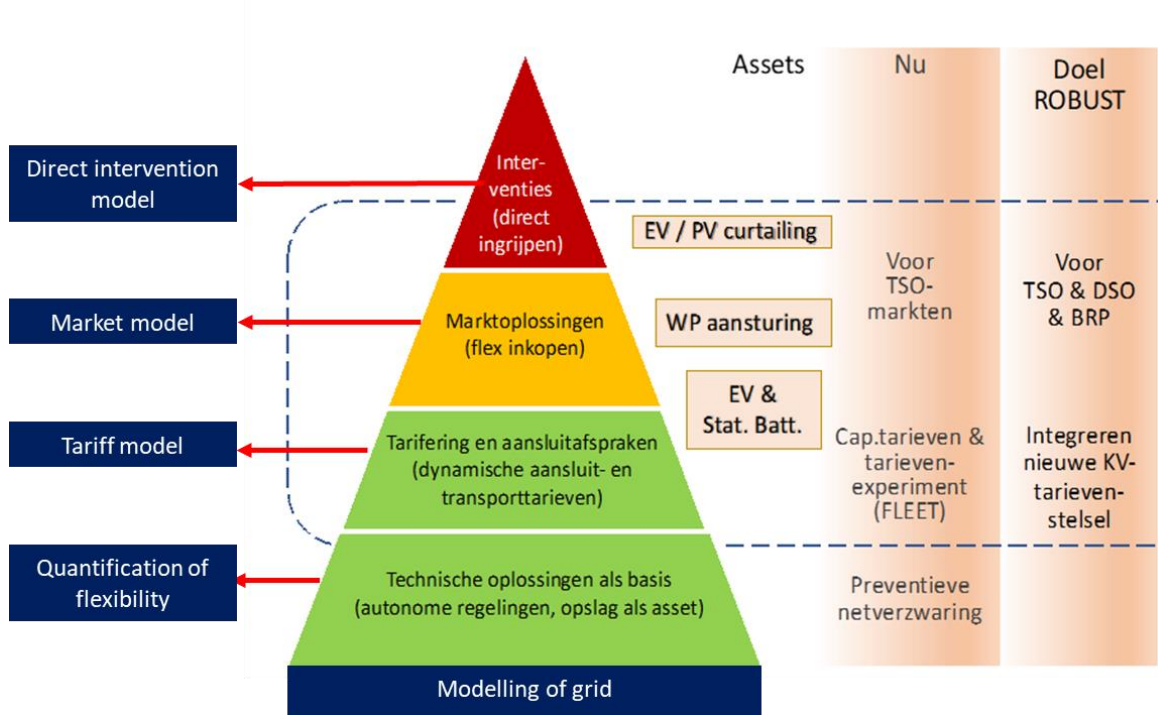
Resultaat 1 (R1) is volgens planning afgerond op 30 juni 2022. De belangrijkste resultaten zijn:

A1.1 Definitie modelstructuur flexsysteem

Een recap is opgesteld van relevante literatuur en onderzoek. ROBUST bouwt voort op onder meer de resultaten van het op 31 december 2021 afgesloten project [Smart Solar Charging Regio Utrecht](#) en het project [FLEET](#).

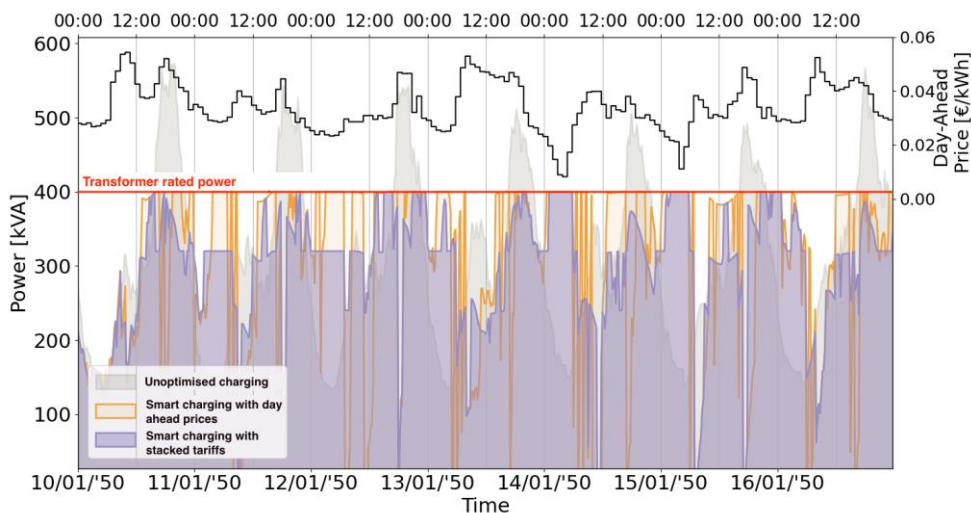
Tevens is een overzicht opgesteld van de relevante kaders voor de principeoplossing die ROBUST ontwikkelt, vanuit onder meer beleid, fiscale regelgeving, markten en handelssystemen. Deze documenten dienen als input voor de ontwikkeling van de principeoplossing.

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 die binnen ROBUST wordt ontwikkeld.

De eerste deelmodellen worden nu getest op zowel generieke laag- en middenspanningsnetten als op een deelnet van het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem: een wijknet met een hoge penetratie V2G-laadpalen. Eerste analyses worden uitgevoerd. Figuur 5 geeft daarvan een voorbeeld.



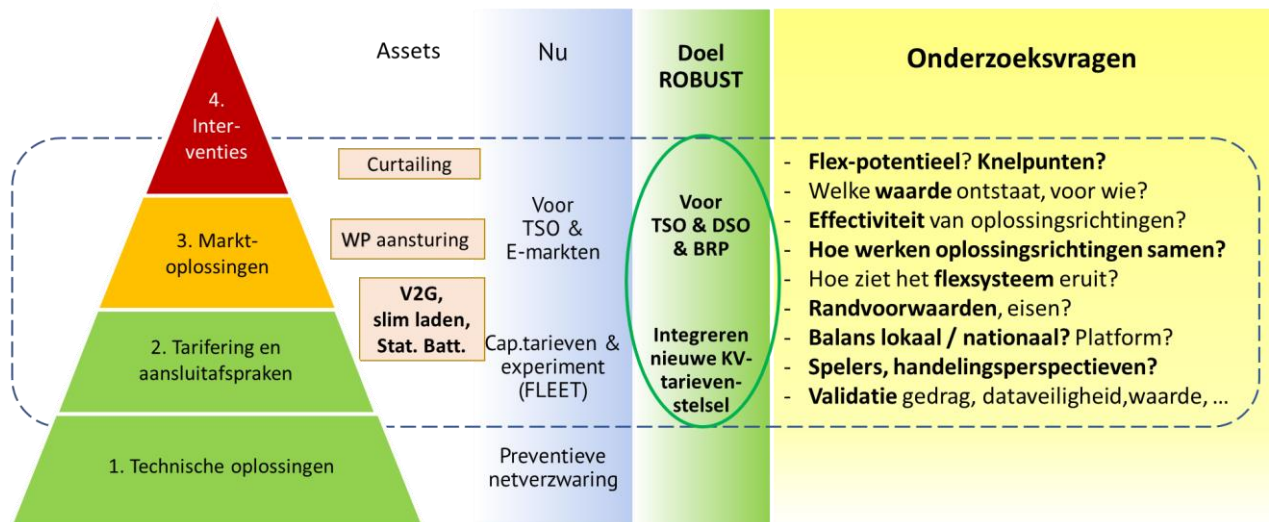
Figuur 5: Voorlopige simulatie van de belasting op een LS-transformator in een scenario voor een week in 2050. Te zien is hoe de verwachte overbelasting (lichtgrijze vlakken) wordt vermeden wanneer slim laden op basis van day-aheadprijzen of gestapelde tarieven wordt toegepast.

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 de in de toekomst te verwachten 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. De resultaten daarvan worden meegenomen bij de verdere ontwikkeling van de

principeoplossing. Een datamanagementplan voor het project is in eerste versie gereed. Dit plan zal wanneer nodig worden bijgesteld gedurende de loop van het project.

A1.4 Realisatie onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet is uitgewerkt en haakt aan op de hiervoor genoemde projectresultaten: modelleringsplan, programma van eisen, datamanagementplan en onderzoek digitale veiligheid. De planning van het niet-technisch onderzoek (gebruikers- en beleidsonderzoek) is gemaakt eveneens in overleg met de hiervoor genoemde activiteiten.

Stedin plaatst monitoringsapparatuur in distributieruimtes verspreid over stad en regio Utrecht, zodat een grote hoeveelheid actuele data beschikbaar komt voor validatie van modellen en oplossingen in R2 tot en met R5 en voor de synthese in R6.

ElaadNL heeft op 8 juni 2022 de opening van het Elaad Testlab gerealiseerd. In het Elaad Testlab wordt voor ROBUST onderzoek gedaan naar slim laden van EV's in Industriepark Kleefsewaard Arnhem (zie ook onder R5).



Figuur 7: Opening ELaadNL Testlab.

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

Resultaat 2 tot en met Resultaat 5 zijn in januari 2022 gestart (afgezien van enkele voorbereidende activiteiten die al eerder waren begonnen) en bevinden zich in de realisatiefase.

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. Op 21 april 2022 heeft in Utrecht de lancering plaatsgevonden van de wereldwijd eerste bidirectionele productie-auto: de Hyundai IONIQ5, waarmee dit jaar het bidirectionele laden wordt gecompleteerd.

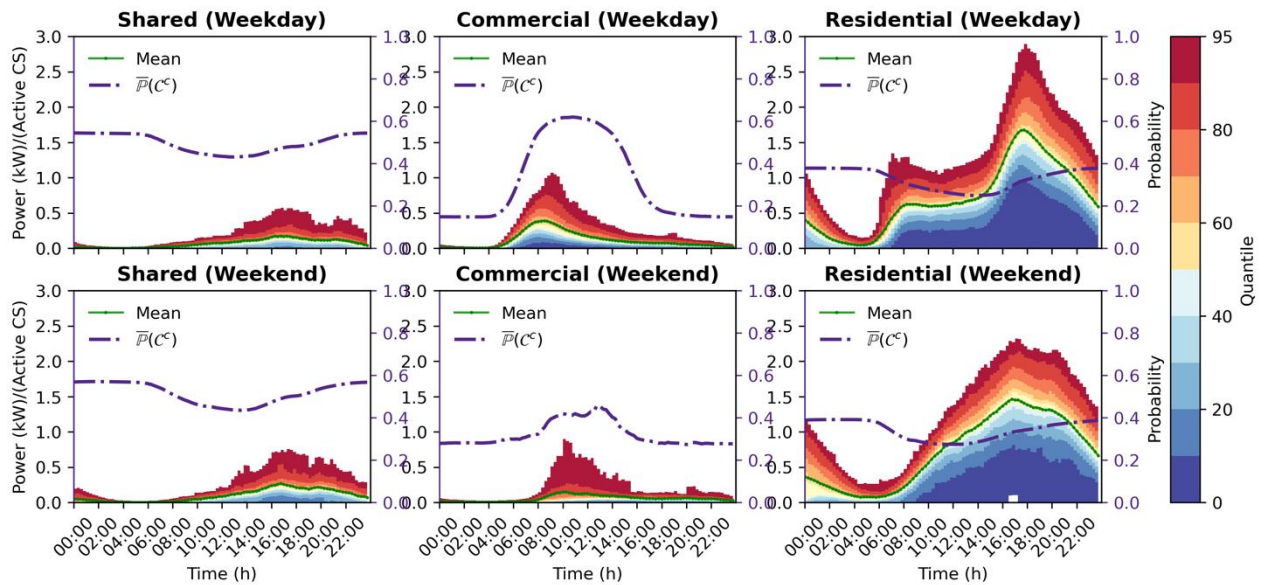
Het doel van R2 is om een pilot te doen in het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem van de principeoplossing van het flexsysteem dat in Resultaat 1 is ontworpen, bestaande uit interventies op de lagen van tariefstelling, marktplatform voor lokale congestie en eventuele directe interventies. Op basis van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

In september 2022 heeft het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem de IEA 'International Smart Grid Action Network Award 2022' gewonnen. De prijs is uitgereikt door Minister Rob Jetten van Klimaat en Energie aan Baerte de Breij van Stedin, die het partnership vertegenwoordigde van het project Smart Solar Charging Regio Utrecht dat formeel de prijs won, bij het 13^e 'Clean Energy Ministerial' in Pittsburgh, VS.

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.

Hiervoor zijn historische laadtransacties van laadpalen uit het Utrechts Bidirectioneel Ecosysteem genalyseerd om een inschatting van het flexpotentieel te maken voor slim laden en V2G. Op basis van de transacties en overige gegevens (metadata) zijn de laadpalen verdeeld in drie categorieën die het meest voorkomende type laadtransacties aangeven: residentieel, bedrijvigheid en deelauto. Door het laadgedrag en flexpotentieel voor iedere categorie en als functie van het aantal laadpalen te analyseren (zie ook Figuur 8) is de verwachting dat de uitkomsten zo goed mogelijk kunnen worden gegeneraliseerd naar andere wijken en samenstellingen, en geëxtrapoleerd naar de toekomst.



Figuur 8: Stroomvraag en aansluitingsbezetting van drie categorieën laadpalen.

Het laadgedrag en de daarin aanwezige flexibiliteit is statistisch geanalyseerd, met als doel te bepalen wat de variabiliteit van de (niet-gestuurde) laadvraag is en hoeveel flexibiliteit met voldoende zekerheid geleverd kan worden. Voor het bepalen van de flexibiliteit wordt gebruik gemaakt van verschillende modellen, van de optimistische ‘flexibiliteit achteraf’ methode waarbij volledige kennis van laadpatronen wordt verondersteld, tot realistischer modellen waarbij minder informatie beschikbaar wordt geacht.

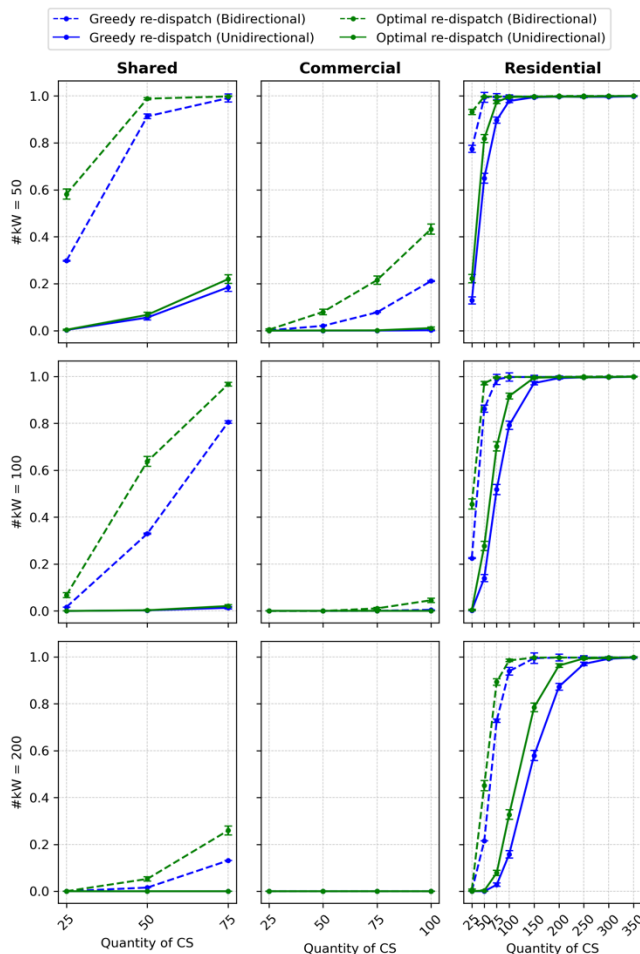
Uit eerdere projecten (oa FLEET) bleek dat het flexpotentieel van EVs flink beperkt wordt omdat EVs niet uitgesteld kunnen laden. Met de standaard-laadprotocollen (IEC61851) moeten de EVs nadat ze zijn ingeplugd altijd met minimaal 6 ampère laden om te voorkomen dat sommige EV-modellen de laadsessie 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 prijzen), wordt de effectiviteit van slim laden belemmerd. Momenteel wordt inzichtelijk gemaakt hoe groot de impact van dit minimum laadvermogen precies is. Bovendien testen wij in een real-life setting nu aan een methode om dit probleem 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 gepauzeerd of uitgesteld laden toepassen op deze EV.

Bij V2G-laden worden nieuwere protocollen gebruikt (ISO15118-20) waarvoor dit 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 worden 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.



Figuur 9: Waarschijnlijkheid dat een redispatch 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 flexstelsel 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). Dit resulteert in een onderzoeksplanning die onderdeel zal uitmaken van het Onderzoeksplan dat in R1 opgesteld wordt.

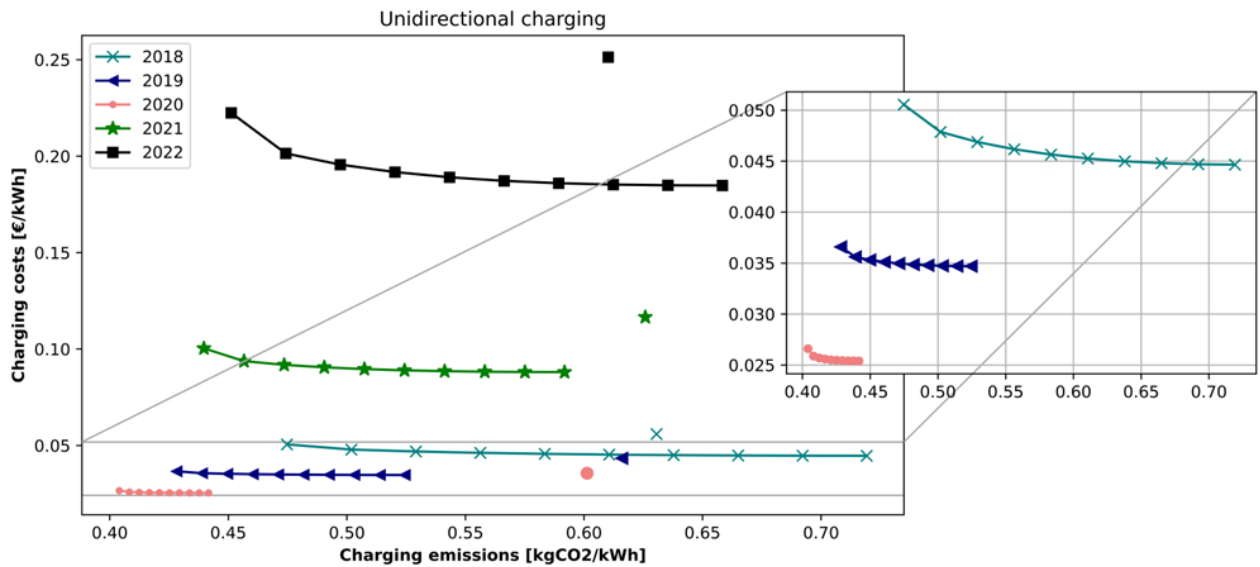
Er is gestart met het afnemen van interviews, waar de werving van nieuwe participanten en het afnemen van de interviews parallel aan elkaar doorlopen. Beoogd is om de afname van interviews af te ronden in Q2 van 2023 en daaropvolgend de resultaten te analyseren. In Q2-Q3 van 2023 begint het tweede onderdeel: de enquête. Deze wordt opgesteld op basis van de resultaten interviews.

Hiernaast wordt 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 V2G programma's. Wat betreft dit laatste wordt 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 levert inzichten op in de mate waarin en de wijze waarop EV bezitters deel willen uitmaken van v2G arrangementen. De survey is op dit moment (april 2023) gereed. Er zal een korte pilot gehouden worden, waarna de survey in mei/juni verspreid zal worden, resulterend in 500 bruikbare enquêtes. De analyse zal in de tweede helft van 2023 plaatsvinden.

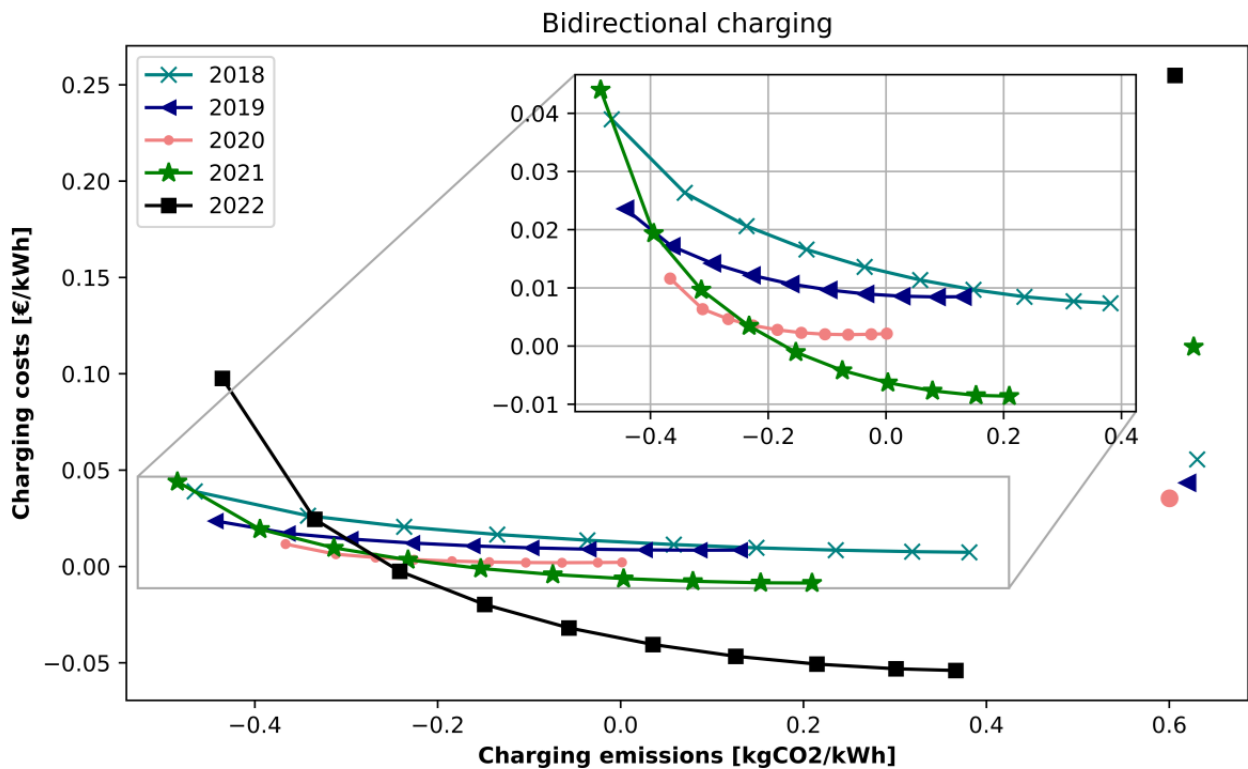
A2.4 Extrapolatie naar stadsregioniveau en validatie aan programma van eisen A1.2

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 heeft analyses uitgevoerd om het kosten- en emissiereductie-potentieel met EVs op stadsniveau te bepalen. In deze analyse zijn allereerst emissieprofielen opgesteld, waarna het laadgedrag van EVs is gemodelleerd wanneer zij worden ingezet voor kosten- en emissie-minimalisatie. De resultaten van deze analyse laten zien wat de afweging tussen kosten en emissies is bij verschillende laadstrategieën, en kunnen gebruikt worden om de optimale laadstrategie te bepalen voor EVs. De resultaten van deze analyse worden momenteel verwerkt in een wetenschappelijke publicatie.



Figuur 10: Kosten en emissies van verschillende uni-directionele laadstrategieën.



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

De validatie aan het Programma van Eisen wordt voorzien in Q1 van 2024.

R3. 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 en de Hes in Arnhem. 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 12: Artist Impression van de wijk Cartesius in Utrecht.

De Hes wordt een bijzonder woon-werklandschap te midden van de natuur, gelegen op de grens van Arnhem en Oosterbeek verbindt de Hes de Veluwe met het Rijndal. De deeleconomie is een belangrijk uitgangspunt van de Hes. Ook hier zullen deelauto's van WeDriveSolar geplaatst worden. De start van de bouw van de Hes zal beginnen in 2025.

In Utrecht zijn ook activiteiten in de nieuwe woonwijk Wisselspoor begonnen – een nieuwbouwwijk die qua ambities en energiesysteem lijkt op Cartesius maar waar een uniek inpassingsprobleem voor een zonne-energiesysteem speelt. Er ligt nu al een groot zonne-energiesysteem dat op halve kracht draait omdat het vanwege netcongestie op een kleinverbruiksaansluiting is aangesloten. ROBUST onderzoekt in hoeverre door plaatsing van bidirectioneel ladende auto's de output van het zonnestelsel kan worden verbeterd.

Het doel van R3 is om in beide nieuwbouwwijken een onderzoek te doen naar de principeoplossing van het flexstelsel dat in Resultaat 1 is ontworpen, bestaande uit tariefstelling, marktplatform voor lokale congestie en eventuele directe interventies. Op basis van monitoring en niet-technisch onderzoek wordt het flexibiliteitsstelsel gevalideerd op de onderzoeksvragen.

In A3.1 onderzoeken partijen het feitelijke en in de toekomst mogelijke flexaanbod dat de nieuwbouwwijken Cartesius en de Hes zullen kunnen genereren binnen de principeoplossing. De statistische laadmodellen die ontwikkeld worden in Resultaat 2 (A2.1 en A2.2) worden hier ingezet met aangepaste parameters (zoals een groter aandeel deelvoertuigen).

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

Vervolgens zal middels modelberekeningen onderzocht worden 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 wordt gevalideerd in nieuwbouwwijken in Cartesius en de Hes.

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

De inwoners van duurzame nieuwbouwwijken als Cartesius en de Hes kiezen bewust om deel uit te maken van het ecosysteem dat in deze wijken ontwikkeld wordt. De juridisch en sociaalwetenschappelijk onderzoeksgroepen in ROBUST zijn op dit moment de onderzoeksvragen aan het toespitsen op aanvullend onderzoek naar de bewoners van de nieuwbouwwijken Cartesius en de Hes, inzichten in mogelijkheden en begrenzingen in het

sturen van gebruikersgedrag van de bewoners, en de consequenties van beleid en regelgeving en de ontwikkeling daarin. Dit zal resulteren in een onderzoeksplanning die onderdeel zal uitmaken van het Onderzoeksplan dat in R1 opgesteld wordt.

A3.4 Extrapolatie naar stadsregioniveau en validatie aan programma van eisen A1.2

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.

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

R4. 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 twee locaties. Één van deze locaties is het Utrecht Science Park. Hier zijn recentelijk laadpalen geplaatst in de parkeergarage bij Sportcentrum Olympos.



Figuur 13: Parkeergarage P-Olympos op het Utrecht Science Park.

Op dit moment lopen twee onderzoeksacties:

- 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.
- Het tweede traject beziet USP als geheel en onderzoekt hoe V2G in de toekomst de grootte van de verzwaring van de netaansluiting kan verlagen.

De andere locatie is de kantoorlocatie van verzekeraar a.s.r. in Utrecht. Aldaar bevindt zich het grootste bidirectionele laadplein ter wereld met 125 bidirectionele laadpalen, en de locatie is pilot in het project “SmoothEMS met GRIDShield”, een zusterproject van ROBUST in de MOOI-2020 ronde. Met dit project is er wederzijdse intentie om tot een onderzoekactie te komen rondom de vraag: kan een werklocatie als a.s.r. een rol spelen in het flexsysteem van ROBUST?



Figuur 14: Het bidirectionele laadplein bij a.s.r.

A4.1 Onderzoek mogelijk flexaanbod in werklocaties Utrecht en Arnhem

In A4.1 onderzoeken partijen het feitelijke en in de toekomst mogelijke flexaanbod dat locaties als Utrecht Science Park en verzekeraar a.s.r. zullen kunnen genereren binnen de principeoplossing. Deze activiteit loopt, met op dit moment het onderzoekstraject op het Utrecht Science Park.

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

Vervolgens zal door modelberekeningen de impact van de koppeling van dergelijke werklocaties aan het flexsysteem op de (huidige en toekomstige) flexvraag bij DSO en TSO worden onderzocht, alsmede het potentieel om netwerkproblemen tegen te gaan met de verschillende flex- en interventieopties. Voor Utrecht Science Park wordt deze berekening in 2023 uitgevoerd, voor verzekeraar a.s.r. is deze berekening voorzien in de eerste helft van 2024.

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 een focus op laadpalen met een bedrijvigheidsprofiel.

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 A1.2

Deze Activiteit is gestart op 1 januari 2023. 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 in tweede helft 2023.

R5. Proof-of-principle geleverd voor flexsysteem voor stadsmobiliteit & stadsdistributie

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

Het onderzoek in Resultaat 5 wordt ingericht als een pilot / onderzoeksactie aan één van de grote laadremises van busbedrijf Qbuzz in Utrecht. 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. Dat kan Qbuzz doen met subsidie uit een ander project (www.irissmartcities.eu); vervolgens wil het binnen ROBUST samenwerken om de mogelijkheden voor slimme laadremises en second-life e-busbatterijen als onderdeel van het Flexibiliteitssysteem te onderzoeken.



Figuur 15: Laadremise voor e-bussen van Qbuzz in Utrecht.

Vooralsnog is V2G laden met e-bussen bij Qbuzz niet mogelijk. In 2022 stond de mogelijkheid tot het realiseren van een stationaire batterij, hergebruikt uit de batterij van een e-bus, op een van de busdepots centraal. 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 echter vertraging opgelopen door vertraagde levering van essentiële onderdelen uit Azië. Maar inmiddels is het geïnstalleerd wordt het klaar gemaakt voor gebruik. Op dit moment wordt ingebruikname van de stationaire batterij vooralsnog aangehouden omdat de brandweer zich eerst nader wil verdiepen in de mogelijke (brand)risico's dat het gebruik met zich mee zou kunnen brengen.

Daarnaast wordt een oriënterend contact momenteel gelegd met Picnic.

Het testlab van ElaadNL in Arnhem speelt voor auto's en elektrische bussen een belangrijke rol in het kwaliteitsmanagement rondom slim en bidirectioneel laden en daarmee in de betrouwbaarheid van het toekomstige flexibiliteitssysteem. Het nieuwe testlab voert tests uit 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 hierbovengeschetste probleem dat het laden van e-auto's niet altijd gepauzeerd kan worden optreedt bij verschillende modellen en hoe eisen kunnen worden gesteld om dat te verbeteren.

In A5.1 onderzoeken partijen het feitelijke en in de toekomst mogelijke flexaanbod dat elektrische bussen en hun laadlocaties met slim laden en inzet van second-life batterijen

kunnen genereren binnen de principeoplossing. Dit onderzoek is gestart en zal medio 2024 worden afgerond.

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

Momenteel wordt i.s.m de operator, Qbuzz, 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 zal door modelberekeningen de impact van de koppeling van de proeflocaties aan het flexsysteem op de (huidige en toekomstige) flexvraag bij DSO en TSO worden onderzocht, alsmede het potentieel om netwerkproblemen tegen te gaan met de verschillende flex- en interventieopties. De modelbasis die in Resultaat 1 is gedefinieerd wordt zodanig ontwikkeld dat daarmee ook deze vraag voor dit Resultaat kan worden beantwoord.

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 is 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.

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 operatie 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 A1.2

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 voor eind 2023.

R6. Proof-of-principle geleverd 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;
- ii. Verschillende optimalisatiemodellen voor het minimaliseren van kosten en emissies;
- iii. Een optimalisatiemodel voor het laden onder dynamische nettarieven. In de volgende stappen worden deze modellen gecombineerd en worden deze geïntegreerd met elektriciteitsnetsimulatiemodellen om de impact op het elektriciteitsnet te bepalen.....

Het ontwerp van het flexibiliteitssysteem wordt uitgewerkt en aangescherpt. 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 zijn een 'proof of concept' praktijkexperiment aan het starten om vanuit groepen laadpalen flexbiedingen op het congestiemanagementplatform GOPACS te doen en af te handelen. In eerste instantie zal dat gebeuren met slim / uitgesteld laden met een groep laadpalen. In de daaropvolgende fase als het ecosysteem wagen/laadpaal/CPO over teruglaad functionaliteit beschikt (V2X) zal het model aangepast worden om ook deze vernieuwing in de proof of concept mee op te nemen. 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.

Tevens verkent WDS de mogelijkheden van bilaterale congestiemanagement-overeenkomsten.

A6.2 Validatie deeloplossingen op systeemlagen 1 en 2

Deze activiteit begint 1 oktober 2023.

A6.3 Validatie deeloplossingen op systeemlagen 3 en 4

Deze activiteit begint 1 oktober 2023.

R7. Integraal flexsysteem op stadsregio vertaald naar handelingsperspectief van de probleemeigenaren (het HOE)

A7.1 tot en met A7.4

Deze activiteiten beginnen op 1 januari 2024.

R8. 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. Voor externe kennisoverdracht betekent dit dat er een website gebouwd is die uitleg geeft over wat het onderzoeksproject ROBUST inhoudt en wie erbij betrokken zijn. Op de website van ROBUST worden regelmatig updates geplaatst met betrekking tot actualiteiten rondom de thema's van een toekomstbestendig en flexibel elektriciteitssysteem.

Om herkenbaarheid te creëren in de kennisdeeldocumenten zijn een logo en een huisstijl ontwikkeld en doorgevoerd in templates voor word-documenten en powerpoint-presentaties.

Juni 2022 is de eerste ROBUST nieuwsbrief verstuurd. Hiervoor is een database opgebouwd met email-adressen van relevante stakeholders en is er een layout conform de huisstijl opgenomen in Mailchimp. Er zal vervolgens 1-2 keer per jaar een nieuwsbrief uitgestuurd worden met nieuws omtrent ROBUST, verdiepende informatie over de partners van ROBUST, resultaten gemaakt in ROBUST en een vooruitzicht.

Daarnaast is ROBUST ook zichtbaar geweest op gerelateerde evenementen.

Onderzoeker Sjors Hijgenaar presenteerde tijdens het 35ste International Electric Vehicle Symposium & Exhibition in Oslo een methode om het effect van cyberaanvallen op het elektrische distributienetwerk te testen (11-15 juni 2022). Link naar artikel: <https://tki-robust.nl/online-veiligheid-van-slim-laden/>.

Er is regelmatig bilateraal contact met de andere MOOI projecten rondom netflexibiliteit. Zo zijn er periodieke bijpraatmomenten om onderling kennis uit te wisselen met de projecten Gridshield, CPB, TROEF, B4B, Smart Solar Charging en FLEET. RVO heeft het Projectenboek Missie Gebouwde Omgeving gepubliceerd. Voor ROBUST is projectleider prof. Dr. Wilfried van Sark van de Universiteit Utrecht geïnterviewd.

Op 4 oktober 2022 werd de ROBUST Klankbord & Feedback Dag gehouden in het CAB-gebouw in de nieuw-te-bouwen duurzame wijk Cartesius in Utrecht. Project ROBUST wil zo feedback ophalen bij alle stakeholders, gebruikers en experts zodat zij samen komen tot de beste oplossing voor iedereen. Op 6 juni 2023 staat de volgende stakeholderdag gepland bij het Testlab van ElaadNL op bedrijventerrein De Kleefse Waard in Arnhem.

Er is ook op andere manieren contact geweest met de verschillende stakeholders rondom ROBUST. De partners van ROBUST zijn namelijk gevraagd om aan te schuiven bij verdiepende gesprekken met verschillende overheidsinstellingen om hun kennis te delen over een toekomstbestendig en betaalbaar elektriciteitsnet. Zo is ROBUST gevraagd kennis te delen tijdens een interne beleidsvorming meeting van de gemeente Utrecht en is ROBUST tweemaal aanwezig geweest bij de provinciale seminar Regionale Mobiliteitsplan van de provincie Utrecht. Er heeft een verdiepend gesprek plaatsgevonden tussen TKI Urban Energy met ROBUST-projectpartners USI en WeDriveSolar. Ook is ROBUST gevraagd in gesprek te gaan over een mogelijke oplossing voor de dubbele energielasting op opgeslagen en terug te leveren energie uit V2G auto's met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, het ministerie van Financiën en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Utrecht en Arnhem spelen als pionierende innovatieclusters rond flexibiliteitssystemen een belangrijke rol binnen het onderzoeksproject ROBUST. De inzet van de gemeente Utrecht in het ondersteunen van vooruitstrevende initiatieven en innovaties om in 2030 volledig klimaatneutraal te zijn, is niet onopgemerkt gebleven. Eind september 2022 is het Utrechtse bidirectionele ecosysteem, opgezet met project Smart Solar Charging en doorontwikkeld met ROBUST, bekroond als winnaar van de prestigieuze ISGAN Award of Excellence door een internationale jury vanuit het Internationaal Energie Agentschap (IEA). Rob Jetten, minister voor Klimaat en Energie, reikte de prijs uit aan ROBUST-projectpartner Baerte de Brey van Stedin. Het bidirectionele ecosysteem krijgt zo internationale erkenning als meest innovatieve techniek voor een toekomstbestendig slim elektriciteitsnet met de meeste potentie voor wereldwijde toepassing. Meer informatie: <https://tki-robust.nl/smart-solar-charging-internationaal-erkend-met-iea-isgan-award/>

ROBUST en zijn projectpartners werken actief samen met het internationale Horizon Europe project SCALE dat in juni 2022 is gestart en waar opschalingskansen en issues op Europees niveau worden onderzocht. De resultaten van ROBUST worden in SCALE ingebracht en het onderzoek in SCALE wordt mede daarop afgestemd om internationaal maximale impact richting opschaling te verkrijgen.

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. Deze zijn in coronatijd bijna alle online gehouden; dit voorjaar wordt overgegaan naar grotendeels live-bijeenkomsten, wat nu al de samenwerking verder stimuleert. Partners werken samen in een MS-Teamsomgeving voor het project. De projectpartners geven aan de samenwerking als constructief, positief en stimulerend te ervaren.

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 data management plan 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; met een verlenging van de looptijd van Resultaten 2 tot en met 6 (die nu aangevraagd worden in een projectwijziging) zijn de vertragingen ruimschoots te absorberen in 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 in de orde van 20 miljoen euro per jaar verdienen aan FCR-capaciteitsvergoedingen plus in de orde van 20 miljoen euro per jaar op de aFRR-markt¹.

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 en combineert deze voor in een integraal flexibiliteitsstelsel, 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

¹ <https://ssc-fleet.nl/>

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

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

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/>

4. Spin-off binnen en buiten de sector

4.1 Binnen de sector

Hoewel het onderzoeksproject ROBUST pas in april 2021 van start is gegaan, is er 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.

Als derde is de stad Utrecht in najaar 2021 door het internationale internetplatform 'Fully Charged'⁶ uitgeroepen tot 'Fully Charged City 2021', wat inhoudt dat Utrecht door dit platform wordt gezien als de meest inspirerende stad ter wereld op het gebied van duurzame mobiliteit. Ook dingt het onderzoeksproject ROBUST mee voor de International Smart Grid Action Network Award 2022⁷. Een award die wordt uitgereikt aan de internationale leiders op het gebied van smart grids en duurzame energie.

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 opgenomen in het internationale consortium van het in juni 2022 startende Horizon Europe programma SCALE. Dit internationale onderzoeksproject heeft als doel de mogelijkheden van een V2G netwerk op Europese schaal te onderzoeken.

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 binnenkort operationeel.

4.2 Buiten de sector

Binnen de sector volgen de spin-off acties elkaar hard op. Verwacht wordt, dat wanneer ROBUST in een verdere fase van het onderzoek terecht komt, er ook buiten de sector spin-off gegenereerd zal worden.

⁶ <https://fullycharged.show/>

⁷ <https://www.iea-iscan.org/award2022/awards-2022/>

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

5.1 Publicaties

In het tweede projectjaar:

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>

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: 29 september 2022

Titel publicatie: De webinar serie 'Morgen begint vandaag' met als thema 'Flexibele energie in de stad'.

Uitgever: Bart van der Ree te gast bij de Nederlandse Vereniging Duurzame Energie (NVDE)

Link: <https://tki-robust.nl/flexibel-energiesysteem-robust-groot-in-beeld-bij-twee-webinars/>

Datum: 29 september 2022

Titel publicatie: Een flexibel elektriciteitssysteem bouwen met inzet van bidirectioneel ladende elektrische auto's

Uitgever: UU-onderzoeker Nico Brinkel te gast bij ElaadNL voor webinar

Link: <https://tki-robust.nl/flexibel-energiesysteem-robust-groot-in-beeld-bij-twee-webinars/>

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/>

Datum: 15 juni 2022

Titel publicatie: Cyber attacks on vehicle charging infrastructure and impact analysis (presentation at 35th Electric Vehicle Symposium & Exhibition in Oslo)

Uitgever: Sjors Hijgenaar van Stedin

Link: <https://tki-robust.nl/online-veiligheid-van-slim-laden/>

Events/Awards

Datum: 27 september 2022

Event: Smart Solar Charging internationaal erkend met IEA ISGAN Award

Link artikel: Meer informatie lees je hier: <https://tki-robust.nl/smart-solar-charging-internationaal-erkend-met-iea-isgan-award/>

Eind september 2022 is het Utrechtse bidirectionele ecosysteem, opgezet met project Smart Solar Charging en doorontwikkeld met ROBUST, bekroond als winnaar van de prestigieuze ISGAN Award of Excellence door een internationale jury vanuit het Internationaal Energie Agentschap (IEA). Rob Jetten, minister voor Klimaat en Energie, reikte de prijs uit. Het samenwerkingsproject krijgt zo internationale erkenning als meest innovatieve techniek voor een toekomstbestendig slim elektriciteitsnet met de meeste potentie voor wereldwijde toepassing.

<https://tki-robust.nl/smart-solar-charging-internationaal-erkend-met-iea-isgan-award/>

Datum: 21 april 2022

Event: Lancering eerste bidirectionele productieauto

Link artikel: <https://tki-robust.nl/lancering-eerste-bidirectionele-productieauto-gaat-de-wereld-over/>

Maar liefst dertien verschillende landen op drie continenten schreven over de lancering van de eerste bidirectionele productieauto, de Hyundai IONIQ 5, door Hyundai en mobiliteitsaanbieder We Drive Solar op 21 april 2022. Het is een belangrijke stap in het vervullen van de Utrechtse ambitie om de eerste bidirectionele stad en regio ter wereld te worden.

5.2 Media-aandacht

In het tweede projectjaar:

Datum: 27 juni 2022

Titel artikel: THIS DUTCH CITY IS ROAD-TESTING VEHICLE-TO-GRID TECH

Utrecht leads the world in using EVs for grid storage

Naam tijdschrift: IEEE Spectrum. Michael Dumiak van het Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE) schreef een artikel over hoe de stad Utrecht de basis legt om bidirectioneel laden volledig te integreren in het elektriciteitsnet. [Lees hier het volledige artikel \(in het Engels\)>>](#)

Datum: na 21 april 2022 nav de lancering van de eerste bidirectionele productieauto.

Zie link voor verschillende artikelen (in 13 landen over 3 continenten): <https://tki-robust.nl/lancering-eerste-bidirectionele-productieauto-gaat-de-wereld-over/>

Datum: 20-1-2022

Titel artikel: Je elektrische auto kan straks ook een kleine elektriciteitscentrale worden

Naam tijdschrift, krant, website etc.: Nu.nl: <https://www.nu.nl/nu-klimaat/6179160/je-elektrische-auto-kan-straks-ook-een-kleine-elektriciteitscentrale-worden.html>

Datum: 26-1-2022

Titel artikel: Je moet ellende niet met theelepeltjes opdienen

Naam tijdschrift, krant, website etc.: BNR de Nieuwsdag (podcast) - <https://www.bnr.nl/podcast/de-nieuwsdag/10465843/je-moet-ellende-niet-met-theelepeltjes-opdienen>