

Eindrapport

BZO Community-flex

TKI Urban Energy

Projectnummer TEUE116163

Openbare versie



Datum: 2020-08-28

Auteurs: Marten van der Laan, Thijs de Haan, Jörgen van der Velde, Rob van Leeuwen, Nick Numan, Rik Fonteijn, Arnoud Brouwer en Erik Matien

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Managementsamenvatting

Sinds duurzame opwek van elektriciteit met zon en wind, lopen consumptie en productie vrijwel nooit meer gelijk op, waardoor er op enig moment of te veel of te weinig elektriciteit beschikbaar is. Deze onbalans leidt tot een markt waarbinnen wordt gehandeld met elektriciteit. In die markt kunnen bedrijven zelf energie gebruiken of leveren en hierbij flexibiliteit aan de energieleveranciers aanbieden door elektriciteit af te nemen (als er veel aanbod is) of te leveren als de energiebedrijven te weinig “in voorraad hebben”. De rol van bedrijven wordt daarmee cruciaal.

Doelstelling van het project was om op een bedrijvenpark aan te tonen dat (1) het collectief en onderling beschikbaar stellen van aanwezige flexibiliteit in (2) diverse processen en apparaten bij (3) MKB in (4) hetzelfde geografische gebied, m.b.v. (5) slimme technologie leidt tot (a) een betere afstemming van vraag en aanbod in elektriciteit en daarmee (b) een geldelijk voordeel oplevert voor verschillende ketenpartijen.

Op grond van onze experimenten met flexibiliteit bij zakelijke grootverbruikers mogen we constateren dat er reden is om de flexibiliteit aan te wenden. Met name bij vrieshuizen en laadpleinen is bij inzet op de onbalansmarkt geldelijk voordeel te halen tot 20% van de energieprijis. Ook voor netbeheerders is er een zeker belang, maar dat kan in de huidige wet- en regelgeving niet worden opgezet in een prikkel voor de bedrijven.

Voor batterijen ligt de situatie anders. Weliswaar is daar voordeel te halen door in te spelen op prijsvariaties, maar daar moet de batterij-investering ook uit gefinancierd worden. Met het huidige prijsniveau is de businesscase onvoldoende. In specifieke gevallen is er met batterijen te besparen op de kosten voor de aansluiting. Hiermee is een significant voordeel te halen.

De benodigde techniek voor de ontsluiting van flexibiliteit is in het project gerealiseerd en bleek gedurende de praktijktesten goed te functioneren. Integratie met lokale regelsystemen was lastig en bleek bij sommige bedrijven niet haalbaar. Om de flexibiliteit van de verschillende apparaten makkelijk te ontsluiten, moet de fabrikant een voorziening aanbrengen, liefst op basis van een standaard protocol.

Voor de zakelijk kleinverbruikers is er nu nog weinig te halen. Maar als zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's grootschalig worden toegepast, zullen er congestieproblemen ontstaan die deels met de flexibiliteit uit deze apparaten kunnen worden opgelost. Het is dus van belang om hier alvast voorzieningen te treffen voor aansturing, hetgeen inmiddels in de standaardisatie al is voorzien.

Een collectieve aanpak op een bedrijventerrein bleek lastig in de praktijk. De bedrijven zijn niet allemaal even ver in hun energietransitie (kennis en gedrag). We kunnen constateren dat er koplopers zijn vanuit een intrinsieke motivatie, maar dat er meer bedrijven zijn die het niet zien zitten om voorop te lopen. Daardoor is het lastig een collectief te krijgen, dat ook geografisch dichtbij elkaar gevestigd is. Bovendien zijn er in het huidige energietariefsstelsel en belastingregime ook nauwelijks financiële prikkels voor het collectief.

Door de uitvoering van het project is een beter beeld verkregen van het MKB-segment en hun specifieke uitdagingen. Daarmee dragen de projectresultaten bij aan de verdere verduurzaming van dit segment. Specifieke aandachtspunten en aanbevelingen kunnen worden meegenomen in de uitvoering van de regionale energiestrategieën.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Belang van flexibiliteit.....	7
1.3	Doelstelling	7
1.4	Vraagstelling	8
1.5	Locatie.....	8
1.6	Leeswijzer.....	8
2	Projectorganisatie.....	9
2.1	Structuur	9
2.2	Communicatie.....	9
2.3	Governance.....	9
3	Het projectverloop	12
3.1	WP 1: Flex-verkenning	12
3.2	WP 2: Flex-verdieping	13
3.3	WP 3: Flex-sturing	14
3.4	WP 4: Flex-ontsluiting	16
3.5	WP 5: Flex-monitoring	16
3.6	WP 6: Opschaling	17
4	Participatie.....	19
4.1	Community: park	19
4.2	Community: Wasaweg	21
5	Kennisdisseminatie	24
5.1	Gemeenten	24
5.2	Organisaties	24
5.3	Media	25
5.4	Overig.....	25
6	Energie- en flexibiliteitsanalyse TU/e	29
6.1	Achtergrond	29
6.2	Wasaweg.....	30
6.3	Opschaling.....	33
6.4	Conclusies en geleerde lessen	34
7	Analyse wettelijke mogelijkheden netbeheerder.....	36
7.1	Inleiding	36

7.2	Analyse relevante wet- en regelgevingstukken	37
7.2.1	Tariefafspraken	40
7.2.2	Energiebelasting	42
7.2.3	Juridisch kader opslag elektriciteit.....	42
7.3	Eindconclusie	43
8	Praktijkexperiment sturing (n=6).....	44
8.1	Inleiding	44
8.2	Aanpak	46
8.3	Resultaten	47
8.3.1	Resultaten sturing Makro Laadpunten	47
8.3.2	Resultaten sturing Lifestore	50
8.3.3	Resultaten sturing Victron batterij	58
8.3.4	Resultaten sturing Bidfood ordertruck	62
8.3.5	Resultaten sturing Bidfood Vrieshuis.....	66
8.3.6	Resultaten Noorderpoortcollege	72
8.3.7	Resultaten Gemeente Groningen	76
9	Praktijkexperiment energy community (Wasaweg)	78
9.1	Inleiding	78
9.2	Individuele profielen	78
9.2.1	Scenario 1: een batterij.....	79
9.2.2	Scenario 2: zonnepanelen.....	79
9.2.3	Scenario 3: zonnepanelen en batterij	80
9.2.4	Eindconclusie	80
9.3	Collectieve profielen	81
9.3.1	Export naar burens	81
9.3.2	Combinatie [F] en [D].....	82
9.3.3	Vier partijen gecombineerd	83
9.3.4	Uitkomsten	84
10	Bevindingen van drie jaar flex-experimenteren.....	86
10.1	Geschiktheid van de onderzochte assets	86
10.2	Technische sturing	87
10.3	Marktontsluiting	88
10.4	Marktwaaarde flexibiliteit	89
10.5	Deelnemers en community.....	90
10.6	Overheidsbeleid	92

10.7	Ketensamenwerking	93
10.8	Slotwoord.....	94
Appendix A.	Voorbeeld jaarrapport bedrijf [F]	97
Appendix B.	Overzicht van alle deelrapporten	99

1 Inleiding

Voor u ligt het verslag met betrekking tot het project “BZO Community-flex”. Dit project kende een looptijd van 01-10-2016 t/m 30-03-2020. Het project is bekend onder nummer TEUE116163 en is uitgevoerd door de projectpartners:

- Stichting New Energy Coalition (voorheen: Stichting Energy Valley); tevens penvoerder
- ICT Netherlands B.V.
- Enexis Netbeheer B.V.
- Eneco Zakelijk B.V.
- Jules Energy B.V. (en Peta Watts B.V.)
- ENGIE Services Nederland N.V.
- Gemeente Groningen
- Vereniging Bedrijven Zuidoost

Het projectmanagement is uitgevoerd door: Enablemi B.V. (Groningen).

Mutaties in het consortium gedurende het project:

- ENGIE was bij aanvang Cofely, maar door fusies en overname opgegaan in ENGIE.
- Eneco was oorspronkelijke partner, maar is om voor haar moverende en begrijpelijke redenen gestopt. Hun rol is overgenomen door Jules Energy B.V. (met later als merknaam Peta Watts B.V.).
- New Energy Coalition was bij start van het project Stichting Energy Valley (die stichting is opgegaan in Stichting New Energy Coalition).
- ZO heette bij start van het project Vereniging Bedrijven Zuidoost (VBZO).

oud	
NIEUW	

Figuur 1.1 Overzicht projectpartners

1.1 Aanleiding

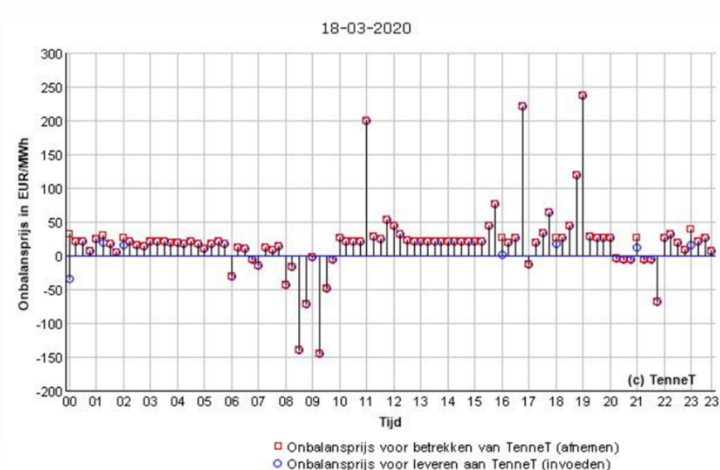
Aanleiding voor het project was, dat rond 2015 veel onderzoek werd gedaan naar flexibiliteit in industrie en huishoudens. Bij de eerste was sprake van flexibiliteit, maar kon het moeilijk worden vrijgespeeld (vanwege processen) en bij de laatste was zeer beperkt sprake van flexibiliteit (en daarmee vanuit commercieel oogpunt niet interessant). Om die reden hebben de projectpartners plan opgevat om zich te richten op flexibiliteit in het MKB-segment.

In een veranderende energievoorziening wordt de waarde van flexibiliteit steeds groter (zie ook bijlage 1). Flexibiliteit is de mate waarin een energieverbruiker of -opwekker in staat is elektrisch verbruik dan wel opwek te sturen, te beïnvloeden of uit te stellen. Dit kan bijvoorbeeld door energieverbruik te plannen of door energie tijdelijk op te slaan. Door flexibiliteit uit te nutten, kunnen vraag en aanbod van energie beter op elkaar worden afgestemd.

Het *BZO Community-flex project*, kortweg *BZO-project*, heeft als doel de mate van flexibiliteit bij het midden- en kleinbedrijf te inventariseren en te bestuderen.

1.2 Belang van flexibiliteit

Bij de duurzame opwek van elektriciteit hebben we te maken met een vrijwel continue disbalans tussen vraag en aanbod van elektriciteit. Anders: consumptie en productie lopen vrijwel nooit gelijk op, waardoor er of te weinig elektriciteit beschikbaar is op enig moment, of te veel. Deze onbalans leidt tot een markt waarbinnen wordt gehandeld met elektriciteit. Bedrijven kunnen daarbij in deze markt zelf energie gebruiken of leveren en hierbij flexibiliteit aan de energieleveranciers aanbieden door elektriciteit af te nemen (als er veel aanbod is) of te leveren als de energiebedrijven te weinig “in voorraad hebben”. De rol van het bedrijf wordt daarmee cruciaal. Men zou kunnen zeggen, als parkeervak voor pieken in het aanbod en als producent in het bijspringen bij tekorten. De energiebedrijven kunnen door deze “assistentie” beter aan hun leveringsverplichtingen voldoen, hetgeen voor hen een financiële waarde vertegenwoordigt. Deze financiële waarde kan men laten landen bij de bedrijven die hen bij onbalansmomenten bijstaan. Het is niet alleen het energiebedrijf die belang heeft bij deze rol van de bedrijven, ook de netbeheerders (DSO) hebben hier belang bij. Het even tijdelijk “parkeren” van elektriciteit bij een bedrijf kan netcongestie voorkomen. Zij ziet flexibiliteit als mogelijke methode om de belasting van zijn infrastructuur zo vlak mogelijk te houden om de problemen te voorkomen en levensduur van het net te maximaliseren. De *Transmission System Operator (TSO)* kan flexibiliteit inzetten voor balanshandhaving.



Figuur 1.2 Onbalansprijzen TenneT

Binnen het onderhavige project zijn twee flexibiliteitstoepassingen onderzocht: passieve onbalans voor waardebeoordeling en congestie (kwalitatief).

1.3 Doelstelling

Doelstelling van het project was om op een bedrijvenpark aan te tonen dat (1) het collectief en onderling beschikbaar stellen van aanwezige flexibiliteit in (2) diverse processen en apparaten bij (3) MKB in (4) hetzelfde geografische gebied, m.b.v. (5) slimme technologie leidt tot (a) een betere afstemming van vraag en aanbod in elektriciteit en daarmee (b) een geldelijk voordeel oplevert voor verschillende ketenpartijen.

1.4 Vraagstelling

Hoofdvraag is:

In welke mate is flexibiliteit aanwezig bij midden- en kleinbedrijf, wat is ervoor nodig om dit aan te wenden ten behoeve van de energievoorziening en wat is de waarde hiervan?

Deelvragen zijn:

- Wat zijn randvoorwaarden voor de aanwending van flexibiliteit binnen de bedrijfsvoering van de deelnemende bedrijven?
- Wat levert aanwenden van flexibiliteit op?
- Hoe kunnen we flexibiliteit aggregeren in een 'pool' om, gegeven de randvoorwaarden, de flexibiliteit aan te wenden?

1.5 Locatie



Figuur 1.3 Plattegrond Bedrijvenpark Zuidoostrand

Het Gronings bedrijventerrein Zuidoostrand bestaat uit een aantal deelgebieden: Eemskanaal, Driebond, Eemspoort, Euvelgunne, Winschoterdiep en Europapark. Ook kleine delen van de Milieustraat en Roodehaan vallen onder Zuidoostrand.

Bij de start van het project waren 3.082 juridische entiteiten geregistreerd op het bedrijvenpark. Deze juridische entiteiten zijn gescreend en de lijsten zijn opgeschoond en bekeken op fysieke locatie (gebouwen). Dit heeft een lijst opgeleverd van 1.106 fysiek op het park gevestigde bedrijven. Dit noemen we de targetgroep. Van deze bedrijven waren circa 340 bedrijven lid van VBZO.

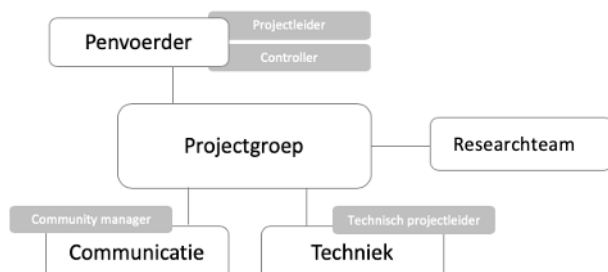
In veel gevallen was ook duidelijk of sprake was van gebouweigenaar en huurder.

1.6 Leeswijzer

Het voorliggende rapport is geschreven ter verantwoording van de verrichte werkzaamheden en opgeleverde resultaten in het kader van het gesubsidieerde project. Het document bestaat uit drie delen: deel I zoomt in op het verloop van het project en beschrijft de highlights van de werkpakketten. Deel II beschrijft enkele deelonderzoeken en laat zien welke conclusies en aanbevelingen daaruit konden worden getrokken. Tot slot gaat deel III in op de algemene bevindingen (learnings) die het consortium heeft gedaan.

2 Projectorganisatie

2.1 Structuur



Figuur 2.1 Organisatiestructuur

Er is gekozen voor een platte organisatiestructuur. Alle partners hebben iemand afgevaardigd in de projectgroep. Bij aanvang van het project is een WG Communicatie opgericht. Deze werkgroep heeft zich vooral beziggehouden met de communicatie over het project. De werkgroep werd aangevoerd door een externe community manager. Meer hierover in hoofdstuk 5. Na verloop van tijd is tevens een WG Techniek opgezet. Dit hield verband met de vele specifieke technische vragen die ter tafel

kwamen en binnen de projectgroep onvoldoende konden worden beantwoord. Vanwege de specifieke materie (software en hardware) is een technisch projectleider aangesteld. Deze technische projectleider legde verantwoording af aan de projectleider, controller en de projectgroep. Binnen de werkgroep techniek werden vakspecialisten ingevlogen. Het researchteam hield zich bezig met de data-analyse en data-interpretatie. Dit team bestond uit een afvaardiging van Peta Watts, ICT en TU/e.

2.2 Communicatie

De projectgroep beschikte over een eigen Whatsapp-groep. Dit medium werd gebruikt voor informele zaken en korte berichten. Dit medium werd ingezet voor de sociale cohesie binnen de projectgroep.

Verder kwam de projectgroep periodiek bijeen. De frequentie werd bepaald door nut en noodzaak van het aantal te bespreken issues. Hierbij werd gebruik gemaakt van de vergaderfaciliteiten van ICT. Er was sprake van een hybride vergadervorm. Hierbij kwam in dezelfde meeting een deel van de projectpartners fysiek bijeen en een deel online. Tevens is sprake geweest van diverse bilaterale contactmomenten.

Documentatie is opgeslagen in de cloud. De projectgroep heeft gekozen voor Dropbox. In de laatste eindsprint is, vanwege de AVG, gebruik gemaakt van Microsoft Teams (betaalde versie) met dataopslag in Nederland.

2.3 Governance

Het penvoerderschap was om pragmatische redenen oorspronkelijk belegd bij ENGIE. Bij de opstart van het project is dit gewijzigd en is New Energy Coalition (NEC) gevraagd deze rol op zich te nemen. Dit hield verband met haar ervaring om dergelijke projecten te managen. De projectleider werd op verzoek van het consortium ingehuurd via NEC.

Tijdens het project is rekening gehouden met de AVG als ook met een gedegen AO/IC.

Van de vergaderingen zijn in vrijwel alle gevallen notulen, actielijsten en verslagen gemaakt, welke toegankelijk waren voor alle betrokkenen. Dit gold ook voor de andere documentatie die gerelateerd was aan het project. Hiervoor is Dropbox gebruikt.

Besluiten zijn doorgaans met meerderheid van stemmen genomen. Tevens is gebruik gemaakt van het vierogen-principe. Dit betekent dat bij het aangaan van verplichtingen met derden namens het project altijd meerdere mensen hebben meegekeken. Dit om (iedere schijn van) belangenverstremming te voorkomen.

Onderdeel van de governance was het frequent overleggen van tussentijdse rapportages aan RVO. Tevens is RVO fysiek aanwezig geweest bij een vergadering en hebben met haar diverse 1:1 gesprekken plaatsgevonden. Wijzigingen zijn vroegtijdig gecommuniceerd, waarbij niet alleen de wijziging werd gecommuniceerd, maar ook de aanleiding en de wijze waarop het consortium met deze wijzigingen omging (of wilde omgaan). Ten behoeve van de voortgang heeft de projectorganisatie periodiek de vereiste voortgangsverslagen overlegd aan RVO.

DEEL I

3 Het projectverloop

Onderstaand worden de verschillende werkpakketten beschreven. Voor het verloop van de werkpakketten hebben we de realisatie afgezet tegen de geplande werkzaamheden en deadlines.

3.1 WP 1: Flex-verkenning

Naast de inrichting van de projectorganisatie ging het in dit werkpakket om het verder vormgeven van de usergroep (n=15) voor deelname aan de flexibiliteitssturing. Tevens hebben we gefocust op het inwinnen van energiedata van het bedrijventerrein. Hierbij hebben we gebruik gemaakt van de beschikbare metadata indien en voor zover deze beschikbaar was (met het oog op de Wet van de Privacy en AVG). Het betrof bruikbare data met betrekking tot de netwerktopologie, power quality en congestie issues.

In dit werkpakket is veel aandacht besteed aan het verkrijgen van eerste indruk van het flexibiliteitspotentieel. Dit vanuit de overtuiging dat er een voordeel voor de deelnemers moest zijn om deel te nemen. Daarnaast wilden de projectpartners zelf ook een beter beeld van het flexibiliteitspotentieel op het park krijgen, om de investeringen in het project te kunnen rechtvaardigen.

We merkten dat we op basis van de beschikbare data niet konden vaststellen of en zo ja, hoeveel flexibiliteit er op het park voor specifiek deelnemer X, Y en Z zou kunnen worden ontsloten. De financiële waarde vanuit congestiemanagement bezien, zou desgewenst nog kunnen worden aangetoond. Maar het flexibiliteitspotentieel achter de voordeur van de bedrijven bepalen, was lastig. Daarmee was de flexibiliteitsfoto onscherp en hebben we gekeken hoe we dit op een andere manier konden aanvliegen. Andere waardevolle gegevens, zoals jaarverbruik en aansluitcategorie, waren weliswaar in bezit van de netbeheerder, maar die kon dit vanuit zijn wettelijke verplichtingen niet vrij delen voor dit onderzoek.

Hierop hebben partijen besloten om via enquêtes een beter zicht te krijgen op het potentieel op individueel niveau. Dit was ook als optie opgenomen in het projectplan. Hiertoe is extern en onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau E&E gevraagd een enquête te ontwikkelen en uit te zetten.

De enquêtes hadden tot doel om meer gegevens te verkrijgen op basis waarvan op voorhand globale uitspraken zouden kunnen worden gedaan over het potentieel.

De enquête werd uitgezet onder circa 100 bedrijven en kende een goede respons (circa 23%). Het idee was dat men eerst een globale enquête ontving met een paar algemene vragen (voldoende om een beeld te krijgen van verbruiken en energiemix van de bedrijven op het park) en daarna een meer specifieke enquête met verdiepingsvragen te versturen. Wat kon worden opgemerkt, was dat de geretourneerde informatie niet altijd bruikbaar was (o.a. door onbekendheid van de ontvanger met het onderwerp en daardoor onbedoeld verkeerde antwoorden). Tevens zagen we dat, ondanks een goede respons, de overige door het consortium niet-ontvangen enquêtes niet retour kwamen, omdat ze hun weg naar de verantwoordelijke energiecoördinator niet vonden. Een kleine steekproef wees uit dat de enquête soms in de prullenbak verdween, omdat intern niet duidelijk was wie verantwoordelijk was voor energie. Bij huurders van bedrijfspanden was dit dikwijls al helemaal het geval.

Tijdens dit proces werd dus zeer duidelijk hoe belangrijk het is om een community te hebben en te kennen (en er mee in verbinding te staan). Het grote aantal bedrijven en leden maakt dat zelfs met en dankzij VBZO niet alle personen bereikt konden worden. In hoofdstuk 4 wordt uitgebreid ingegaan op de community. Voor hier volstaan we met de opmerking dat het proces van het persoonlijk afnemen van enquêtes te arbeidsintensief was en daarmee te kostbaar.

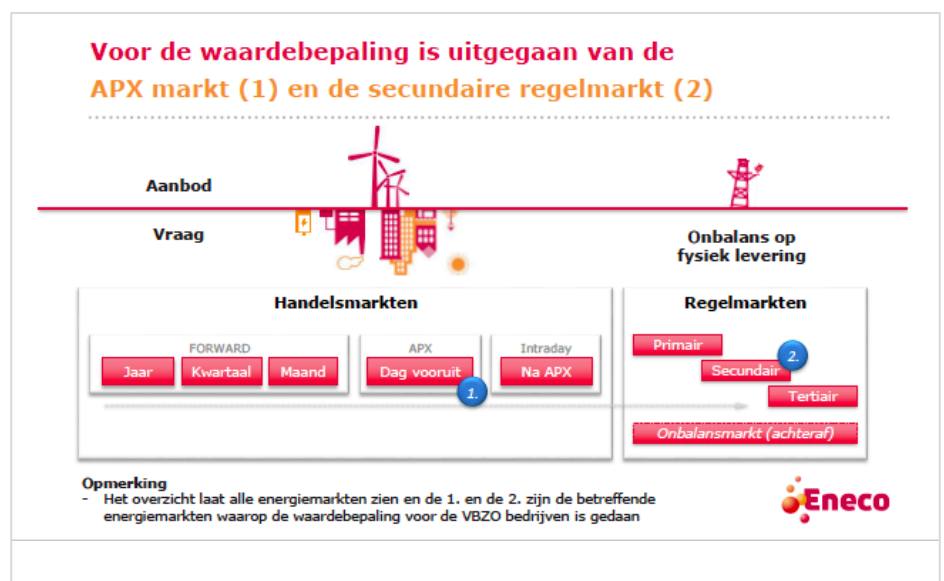
3.2 WP 2: Flex-verdieping

Ondanks dat de aanvankelijk gewenste route om een scherp beeld van het flexibiliteitspotentieel op het terrein te krijgen lastig bleek, wilden partijen toch een beter beeld hebben.

We startten heel duidelijk vanuit een financieel gedreven propositie; zij moest de gebruiker geld opleveren. Projectpartner Eneco wilde hier graag meer duidelijkheid over alvorens een volgende stap te zetten. Zij heeft derhalve, in samenspraak met haar afdeling Wholesale en voor haar beschikbare en toegankelijke gegevens, een quickscan gemaakt en gekeken wat het potentieel is. Zij wilde zich vooral focussen op GV; dit paste in business van Eneco Zakelijk.

In dit werkpakket is daarom door Eneco een verdere analyse van het potentieel gemaakt; zowel binnen de usergroep als binnen het gehele bedrijventerrein. Eneco bracht daarbij haar kennis in over de financiële waarde van de flexibiliteit. Er werd voor gekozen om naar de grootverbruikers op het terrein en naar de aard van de onderneming te kijken. Op basis daarvan kon een uitspraak worden gedaan over het flexibiliteitspotentieel en de waarde die dit met zich meebrengt.

Parallel aan de lakmoesproef van Eneco, heeft Enexis een inschatting gemaakt van de waarde (van flexibiliteit) voor het elektriciteitsnetwerk op het bedrijventerrein ter voorkoming van congestie. Hierbij heeft zij kunnen concluderen dat zich op het bedrijventerrein voornamelijk geen congestieproblemen voordoen. Wel is een potentieel spanningsprobleem geïdentificeerd (indien en voor zover een specifieke straat volledig over zou gaan op zon-PV, EV en warmtepompen). Het betrof de Wasaweg.



Figuur 3.1 Waardebeoordeling Eneco

Van de 25 bedrijven is de maximale potentie bepaald zonder uit te gaan van technische beperking

Markt	Percentage flexibel gestuurd vermogen (%)	Totale kosten over 2014 & 2015	Maximale potentiële besparing (%)	Totale maximale potentiële besparing over 2014 & 2015	Gemiddelde potentiële jaarlijkse besparing	Gemiddelde besparing per MWh per jaar
APX	0%	€ 2.844.000,-	0.0%	€ 0,-	€ 0,-	€ 0,00
	10%	€ 2.796.000,-	1.7%	€ 47.500,-	€ 23.750,-	€ 0,33
	20%	€ 2.751.000,-	3.3%	€ 90.800,-	€ 45.400,-	€ 0,64
	50%	€ 2.619.000,-	7.9%	€ 206.900,-	€ 103.450,-	€ 1,45
APX + Onbalans	0%	€ 2.844.000,-	0.0%	€ 0,-	€ 0,-	€ 0,00
	10%	€ 2.744.000,-	3.5%	€ 96.000,-	€ 48.000,-	€ 0,67
	20%	€ 2.639.000,-	7.2%	€ 190.000,-	€ 95.000,-	€ 1,33
	50%	€ 2.421.000,-	14.9%	€ 360.600,-	€ 180.300,-	€ 2,53

Scope van de bedrijven

- 25 bedrijven in totaal
- 35.700.000 kWh aan gemiddeld totaal jaarlijks verbruik
- De waardebeoordeling is gedaan voor de jaren 2014 & 2015 waarvoor de meetdata beschikbaar is



Figuur 3.2 Inschatting van flexibiliteitswaarde op het bedrijventerrein

Bovenstaande uitkomst was voor Eneco reden om vanuit haar bedrijfsvoering, met focus op het grootzakelijke segment, zichzelf de vraag te stellen of deelname in dit project voor haar te verantwoorden was. Tevens speelde in deze periode binnen haar organisatie de opgelegde splitsing tussen het distributiebedrijf (Stedin) en het energieproductie- en leveringsbedrijf.

De projectpartners hebben elk afzonderlijk als ook in onderlinge samenhang gekeken of zij het project wilden doorzetten. Dit heeft ertoe geleid dat Eneco haar deelname aan het project wilde beëindigen. Gegeven de wens van Eneco om uit het project te stappen, hebben we gekeken welke andere energiebedrijven (programmaverantwoordelijke partij) zou kunnen deelnemen.

Hiertoe hebben we diverse gesprekken gevoerd en partners gezocht. Dit heeft geleid tot diverse gesprekken met verschillende marktpartijen. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in de toetreding van Jules Energy B.V. (met als merknaam Peta Watts).

Vanwege deze zoektocht liep het project circa $\frac{3}{4}$ jaar vertraging op, zulks ook gecommuniceerd met RVO.

3.3 WP 3: Flex-sturing

In dit werkpakket zou gekeken worden naar de technische specificaties/ontwerp voor de flexibiliteitssturing. Dit omvat de procesbesturing en de benodigde hardware en software. Toen dit werkpakket aan de orde was, ontstond al snel de vraag welke bedrijven mee zouden gaan doen in de usergroep. Deze groep was aanvankelijk gesteld op n=15 en is bijgesteld naar n=6. Omdat iedere flex-categorie (koeling, warmtepomp, batterij en EV) voldoende vertegenwoordigd was en omdat de kosten van ontsluiten op basis van voortschrijdende inzichten hoger werden geschat, is besloten om de groep op 6 te houden. Dit deed geen afbreuk aan doe- en strekking van het beoogde resultaat.

In deze fase is in eerste instantie gefocust op het includeren van deze 6 bedrijven.

Zaken die tijdens de klantreis zijn opgemerkt:

- Locatiekantoor versus hoofdkantoor (centrale energiecoördinator); een locatiekantoor heeft het veelal niet voor het zeggen en is afhankelijk van het energiebeleid dat op holdingsniveau is afgesproken.
- Centrale inkoopcontracten (volumes) binnen holding of brancheorganisatie, waardoor partijen liever voor inkoopvoordeel gaan in plaats van voordeel gerelateerd aan vraag en aanbod.
- De propositie verkopen is lastig; je moet enthousiaste personen treffen. Het verhaal van flexibiliteit is complex. Ondernemers willen er niet te veel mee bezig zijn. Het verdienpotentieel is in hun ogen te complex te verzilveren.
- Mix van team dat propositie inbrengt: techniek aangevuld met commercie. De line-up van het projectteam was vooral technisch van aard. Om deelnemers voor een dergelijk project te vinden, is oog voor relaties vereist. Alfa, gamma en bèta ontmoeten elkaar al in een heel vroeg stadium.
- Een groot aantal flexibiliteitsvoordelen ontstaan door het op- en afschakelen van koel- en vriescapaciteit. Zodra we te maken hebben met koeling (en voedsel) zijn de bandbreedtes waarbinnen kan worden geopereerd klein.
- In lijn met de koelingen en vriesunits: door deze anders aan te sturen, krijgt men te maken met de onderhoudspartijen van deze koelingen. Deze zien risico's op zich afkomen die buiten hun span of control liggen. Dergelijke risico's dienen te worden verzekerd. In onderhevig project kon daarbij een beroep worden gedaan op de verzekering van ENGIE. De aansprakelijkheidsgevolgen kunnen doorgaans dusdanig groot zijn, dat dit vooral is weggelegd voor grote bedrijven.

Uiteindelijk hebben de inspanningen ertoe geleid dat de volgende bedrijven besloten mee te doen:

1. Makro
2. LifeLines
3. Bidfood (voorheen: DeliXL)
4. Victron
5. Gemeente Groningen
6. Noorderpoortcollege



Figuur 3.3 Deelnemers per onderdeel

Naast het vinden van geschikte deelnemers (die ook bereid waren mee te doen), is parallel gewerkt aan het verder vormgeven van de databases en het ontwikkelen van een interface tussen de databases van ICT en die van Peta Watts.

Uit het modelonderzoek van de TU/e (zie ook hoofdstuk 6) bleek dat een hogere penetratie van warmtepompen, zonnepanelen en elektrische auto's op de Wasaweg leidt tot een verhoogde piek op het net en dat sturing kan helpen om deze piek te reduceren. Omdat binnen deze doelgroep nauwelijks stuurbare flexibiliteit aanwezig was, hebben we hier gekozen voor introductie van virtuele PV en batterij om zodoende sturing te kunnen testen.

Van de circa 40 gevestigde bedrijven hebben 12 bedrijven zich bereid verklaard mee te doen met het onderzoek. Deelname omvatte onder meer dat de slimme meters (of telemetrie-systemen) door de projectorganisatie mochten worden uitgelezen. De zeven bedrijven met een meteruitlezing kregen maandelijks vanuit het project een overzicht van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit, de verbruiksmomenten en de wijze waarop zij met behulp van een batterij financieel voordeel konden behalen. Hiertoe werd gebruik gemaakt van een gesimuleerde zon-PV- en batterij-opstelling. Bij de deelnemers met zonnepanelen werd gebruik gemaakt van de praktijkgegevens. Voor de deelnemers is een propositie op maat gemaakt. Zie verder paragraaf 4.2.

3.4 WP 4: Flex-ontsluiting

In dit werkpakket is vanuit twee dimensies aan de flexibiliteitsontsluiting gewerkt. Enerzijds is gekeken naar de ontsluiting van de assets bij $n=6$ en anderzijds is gekeken naar de in de Wasaweg deelnemende bedrijven.

Voor deze laatste categorie was de ontsluiting relatief het eenvoudigst. Hier hoefde alleen een volmacht worden verkregen voor het mogen uitlezen van de slimme meter (kleinverbruikers) of het telemetrie-systeem (grootverbruikers). Op dit punt werd voor het project samengewerkt met Oblivion. Er werd binnen de Wasaweg gestuurd op flexibiliteit (op de virtuele assets). Wel werd gekeken hoe het piekvermogen van warmtepompen en zonnepanelen kon worden verlegd, waardoor de aansluitkosten op het elektriciteitsnet konden worden gereduceerd (bij o.a. aanschaf van zon-PV).

De flexibiliteitsontsluiting van $n=6$ is een uitdaging gebleken:

- Interface-protocollen op assetniveau dienden vrijwel van scratch te worden ontwikkeld.
- Afhankelijkheden zijn groot, waaronder vereiste betrokkenheid van toeleveranciers (koeltechniek, batterijproducenten, etc.).
- Besluitvorming deelnemers (hoe groter de organisatie, des te meer flexibiliteitspotentieel, maar ook des te langer de communicatielijnen en betrokkenheid van “verantwoordelijke” afdelingen/functionarissen).
- Omdat binnen de muren van bedrijven wordt geopereerd en men zo min mogelijk hinder wil ondervinden van de werkzaamheden, is goede afstemming met die bedrijven nodig. Dit vraagt om technische mensen met oog voor omgeving en organisatie.
- Aansprakelijkheidsrisico afdekken speelt een grote rol, zeker als het gaat om koeltechniek en voedselveiligheid. Het financiële voordeel dat wordt gegeneerd met flexibiliteit, weegt niet op tegen de kosten en risico's (aansprakelijkheidsclaims) van voedsel dat besmet raakt.

In dit werkpakket is de hardware door ENGIE en de software door ICT geïnstalleerd bij de deelnemende bedrijven in de usergroep. Voor wat betreft de software was sprake van het ontwikkelen van de juiste interfaces. In deze fase hebben we een externe technisch projectleider ingezet die de programmeurs aanstuurde en de linking pin was tussen ICT en ENGIE.

3.5 WP 5: Flex-monitoring

Over een langere periode (vier seizoenen) zijn de deelnemende bedrijven gemonitord. Hierbij hebben Peta Watts en ICT intensief opgetrokken en zijn de flexibiliteitsprofielen afgezet tegen de ontwikkelingen op de verschillende energiemarkten.

Verder is tijdens de meetcampagne gekeken naar:

- Bepaling van de daadwerkelijke geleverde flexibiliteit (ICT, ENGIE).
- Bepaling van de responsie van het systeem (hoe snel kan de flexibiliteit worden ingezet).
- Onderzoek naar de werking van het algoritme (ICT, Peta Watts).
- Verkregen opbrengst van flexibiliteit op de diverse locaties.
- Onderzoek naar stabiliteit van het systeem.
- Geschiktheid van de contractvormen.
- Verwerken ruwe meetdata tot onderzoeksdata en analyse (TU/e).

3.6 WP 6: Opschaling

Ten aanzien van de opschaling geldt dat we alle bedrijven op het park in scope wilden meenemen. Het zal duidelijk zijn dat op basis van uitdagingen die het consortium tegenkwam, dit binnen de scope (budget en middelen) van het project niet haalbaar bleek. Daardoor heeft het consortium op basis van de verkregen data een analyse door Peta Watts, ICT en TU/e niet volledig inzichtelijk kunnen maken (op basis van werkelijke praktijkgetallen) wat de maximale waarde-potentie is wanneer alle partijen (n=750) zouden participeren.

Als vangnet hiervoor loopt een onderzoek dat zich richt op het verder generaliseren van de mogelijkheden van flexibiliteit op bedrijventerreinen en waarbij wordt bepaald hoeveel lokaal opgewekte duurzame energie door een bedrijventerrein gebruikt kan worden. Het doel is hierbij een algemeen beeld te krijgen dat toepasbaar is op diverse bedrijventerreinen binnen Nederland. Dit onderzoek loopt door tot en met de herfst van 2020.

In het aanpalende onderzoek wordt gekeken naar het totale elektriciteitsverbruik van een gebied, op basis van metingen in het veld en modellen om een en ander aan te vullen. Dit wordt vervolgens afgezet tegen de totale lokale opwek, waarna gekeken wordt in welke mate flexibiliteit tot een hogere zelfconsumptie kan leiden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van prognoses voor de toekomstige hoeveelheid zonnepanelen en wordt de elektrificatie van transport en ruimteverwarming meegenomen. De modellen beschreven in [7] zijn hierop van toepassing. Verwacht wordt dat de resultaten laten zien dat flexibiliteit een significante verbetering in zelfconsumptie laat zien, zoals ook in een theoretisch onderzoek eerder aangetoond is in [2]. Deze toename in zelfconsumptie is voor de netbeheerders gunstig, omdat de hoger gelegen netten (midden- en hoogspanning) daardoor minder belast worden (en juist hier zijn op het moment van schrijven veel capaciteitstekorten).

Dit kan worden vertaald naar nieuwe diensten en services voor de doelgroep waarin de flexibiliteit wordt uitgenut om voor alle individuele partijen en het collectief maximaal voordeel te halen. Op het bedrijventerrein kijken partijen (deelnemers en projectpartners) op welke manier ze een (commercieel) vervolg kunnen geven aan de geïmplementeerde proefopstelling.

Binnen dit werkpakket hebben overigens wel voorbereidende werkzaamheden plaatsgevonden als het gaat om de opschaling van het flexibiliteitsconcept. Sturing van flexibiliteit vereist namelijk een snelle en betrouwbare machine-to-machine communicatie. ICT heeft ten behoeve van de opschaling een eerste SaaS-versie van het energyNXT-platform ontwikkeld. Dit omvatte veel maatwerk en tevens moest er een extra functionaliteit ontwikkeld worden voor de koppelingen naar de meetbedrijven, ODA, marktkoppeling naar Peta Watts en uiteraard koppelingen naar de ontsloten apparatuur.

Met name bij het laatste onderdeel zat het venijn in de details: hoe krijg je een veilige betrouwbare sturing waarbij de eigen besturingssoftware van het apparaat/proces niet *overruled* wordt? Liefst gebruikmakend van open standaarden en zo weinig mogelijk intrusie bij de bedrijven.

Begin 2020 heeft ICT het energyNXT-platform ondergebracht in een dochteronderneming OrangeNXT B.V. In combinatie met de markttoegang van Peta Watts wordt de BZO-oplossing in de nabije toekomst op commerciële basis aangeboden.



Figuur 3.4 Logo energyNXT

4 Participatie

Het vertrekpunt in het project is steeds geweest, dat om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen, lokaal aanwezige flexibiliteit bij en onder MKB-bedrijven kan worden gebundeld en kan worden ingezet om deze balans te realiseren. Om dit slim aan te pakken, is van meet af aan ingezet op het opbouwen van een community als middel. In dit hoofdstuk wordt hier nader op in gegaan.

4.1 Community: park



Figuur 4.1 Facebookpagina [ZO] Bright

Eén van de doelstellingen was om energieprofielen onderling op elkaar af te stemmen en te gebruiken om flexibiliteit vrij te spelen, waardoor een community van groot belang was. Voor het project was het opzetten van een community niet een doel op zich, maar een middel: een manier om in contact te komen met de potentiële doelgroep. Om tot een community te komen, hebben we getracht om alle bedrijven aan te schrijven op het park. Ook hebben we gebruik gemaakt van bestaande social media. Denk hierbij vooral aan Twitter en Facebook. Verder speelde VBZO een grote rol. Vanuit de bedrijvenvereniging werd een bestuurslid vrijgemaakt die in het bouwen van de community een rol kon spelen. Ook de parkmanager speelde hierin een rol, hierbij gebruikmakend van het netwerk, de contacten en de herkenbaarheid (vertrouwd gezicht) binnen de doelgroep.

Gebleken is dat het bouwen van een community moeilijker is dan aanvankelijk aangenomen. We waren ons wel bewust van de moeilijkheid, waardoor er ook voor gekozen is om een community manager aan te stellen. De inzet van een community manager was echter onvoldoende begroot. Toen bleek dat er substantieel meer tijd en energie aan het bouwen van de community moest worden besteed, konden de noodzakelijke activiteiten niet of onvoldoende gefinancierd worden. Daarover straks meer.

De projectgroep heeft aangevangen met het bedenken van een naam en logo. Een externe partij heeft de naam [ZO] bright bedacht en het daarbij behorende logo ontworpen. Het is een verwijzing naar Zuidoost als slim bedrijventerrein.

Het begon allemaal met een ietwat rebelse en ludieke aanpak. De community manager (die we extern hebben aangesteld) was een bekende persoonlijkheid (RTV Noord) en lieten we het gezicht zijn van het project. Hij belde aan bij bedrijven, liet een manifest tekenen en berichtte erover op de social media. Hoewel de reacties positief waren, leverde het weinig respons op in de vorm van deelnemers. Dat hebben we een tijdje aangekeken, waarna de projectpartners besloten om de community manager enquêtes te laten brengen (in plaats van een manifest met raamsticker). Dit als



Figuur 4.2 Logo [ZO] Bright



Figuur 4.3 Manifest

energie. Er zijn veel meer onderwerpen die een community bezighouden. Om die reden werd het onderwerp al gauw breder en werd ook over klimaatonderwerpen gesproken. Tevens deed zich de vraag voor wie nu eigenlijk de community vormden: alleen bedrijven op Zuidoost? Hoe bakten je dat af in een digitale wereld op social media? Zijn het de bedrijven die de community vormen? Of de medewerkers bij deze bedrijven? Ook deed zich de vraag voor wie de “eigenaar” van de community zou moeten zijn; zeker met het oog op de groeiende community waarvan sprake was (echter steeds meer bedrijven en personen die niet de doelgroep van ons project vormden).

Er werd vastgesteld dat substantieel meer geld moest worden geïnvesteerd in de activiteiten. De projectpartners hebben besloten om die route niet te bewandelen. Dit omdat onduidelijk was hoeveel kosten gemaakt zouden moeten worden. Om de community-gedachte toch voort te laten bestaan, zijn gesprekken gevoerd met de gemeente en de bedrijvenvereniging. Op basis daarvan hebben deze partijen (tevens projectpartners) besloten om de community-activiteiten uit het project te halen en meer naar zich toe te trekken. Daarbij was het voor de gemeente belangrijk dat niet alleen voor bedrijventerrein Zuidoost community-activiteiten werden opgezet, maar voor alle bedrijventerreinen binnen de gemeente. Het initiatief heeft geleid tot een naamswijziging van VBZO in ZO en heeft tevens geleid tot het initiatief ‘Groningen werkt slim’ (<https://www.groningenwerktslim.com>).

onderdeel van het in kaart brengen van de potentiële flexibiliteit (zie ook 4.1). Verder zijn diverse zichtbaarheidsevents georganiseerd: oloop FC Groningen, een haringparty met de lokale businessclub, meetings bij de Makro en bij lokale bedrijven en artikelen in de lokale krantjes.

De boodschap die we wilden overbrengen (“doe mee en verdien geld”) bleek lastig om over te brengen. Dit hield mogelijk mede verband met de gelaagdheid van de boodschap. We wilden waarschijnlijk te veel in één keer vertellen: wat we zouden gaan doen, verzoek om de diverse verbruiksgegevens en tevens vragen om deelname. De verdiensten voor de deelnemers zitten in een besparing op de energierekening en het contant maken van de waarde van flexibiliteit. Leg dat maar eens uit in een korte pitch.

Verder bleek het verdraaid lastig om binnen een project een community op te bouwen langs één onderwerp, namelijk



Figuur 4.4 Krantenartikel

Lessons learned:

- Het opzetten van een community is een vak apart waar veel disciplines samenkomen (o.a. nieuwe media, sociologie, sales en marketing).
- Het opzetten van een community kost veel tijd en energie.
- Een community is moeilijk geografisch af te bakenen (als contact wordt gezocht via de social media).
- Het betrekken van een bedrijvenvereniging is cruciaal, maar geen garantie voor het in contact staan met de bedrijven.
- Formuleer een eenduidige boodschap.

Tevens hebben we gezien dat de VBZO slechts een klein deel van het gehele spectrum vertegenwoordigt en dat het bereik van dergelijke verenigingen belangrijk is, maar in de praktijk toch ook weer beperkt. Vele bedrijven zijn niet meer aangesloten bij bedrijvenverenigingen.

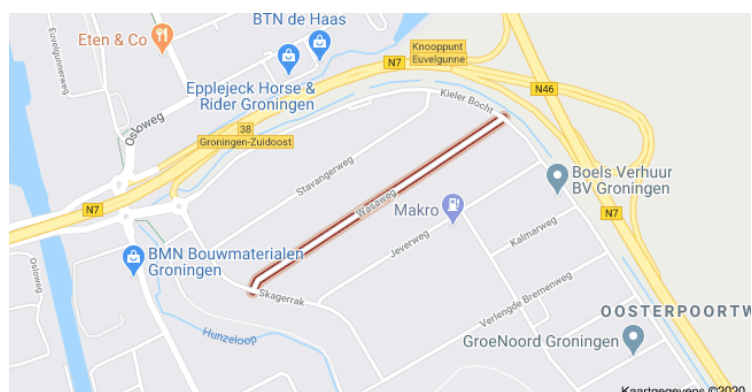
4.2 Community: Wasaweg

Met het plaatsen van de community-activiteiten buiten het project, zagen we ook invloed op de boodschap en de activiteiten vanuit de projectgroep afnemen. [ZO] bricht ontwikkelde zich meer als een duurzaamheidsinitiatief van de gemeente en raakte langzaam maar zeker op afstand van het project.

Omdat de community-gedachte (onderling afstemmen) een belangrijk onderdeel uitmaakte van het project en de projectdoelstellingen, heeft de projectgroep gekeken op welke wijze een community kon worden gerealiseerd, die tevens aan het project kon worden gekoppeld. Daarbij heeft zij het idee geopperd om niet naar het gehele park te kijken, maar naar één straat op het park. Voorwaarden hierbij waren:

- (Potentiële) uitdaging aanwezig voor wat betreft netcongestie of power quality.
- Mogelijkheid voor meerdere bedrijven om mee te doen.

Uiteindelijk heeft het projectteam ervoor gekozen om zich op de Wasaweg te concentreren. Deze straat leende zich vanuit de elektriciteitsnetparameters (bij toename van het aantal zonnepanelen, EV en warmtepompen) goed voor een onderzoek. De kleinschalige opzet (keuze voor één straat) maakte het mogelijk om bedrijven individueel te benaderen om mee te doen aan het project. Feitelijk was sprake van klassiek “deurtje bellen”. De rol van VBZO was hierin zeer belangrijk. Door de persoonlijke contacten, konden gesprekken makkelijker worden geïnitieerd.



Figuur 4.5 Plattegrond Wasaweg

Om de bedrijven in de straat mee te laten doen, is ervoor gekozen om eerst een propositie (lees: aanbieding) te ontwikkelen die voor de bedrijven interessant was. Dit was ook een belangrijke les vanuit de eerdere ervaring met een community; als er niets te halen valt, haakt men af.

De ontwikkelde propositie zag er als volgt uit:

- Gratis energiescan/monitoring
- Gratis onderzoek naar dakconstructie zon-PV
- Korting op zon-PV
- Gratis simulatie-kit-zon-PV
- Batterij
- Korting laadpaal
- Simulatie-kit-laadpaal



Figuur 4.6 Flyer over het project

De aanbieding voor de bedrijven is mede mogelijk gemaakt door enkele projectpartners (ICT, ENGIE en Gemeente Groningen) die hierin voor eigen rekening en risico hebben geïnvesteerd. Voor het onderzoek was het van belang om te kijken welke netbelasting zou ontstaan en hoe de aansluitwaarde van de in de straat aanwezige bedrijven kon worden geminimaliseerd. Hierdoor zou een geldelijk voordeel/besparing voor de bedrijven worden gecreëerd op het moment dat men zou overgaan tot zon-PV of de aanschaf van een warmtepomp en de aansluitwaarde zou moeten worden verhoogd. Tevens kon door de verkregen data vanuit het monitoringssysteem (energyNXT) worden gekeken of onderling vraag en aanbod beter op elkaar zou kunnen worden afgestemd. Hierover in hoofdstuk 9 meer.

Zoals aangegeven zijn de bedrijven grotendeels 1:1 benaderd. Hierbij zijn de lessen van de eerste pogingen om deelnemers te werven meegenomen. Concreet heeft dit ertoe geleid dat er in duo's werd geopereerd en dat hierbij zowel oog was voor mens en techniek in de gesprekken. Dit is succesvol gebleken.

Van de 36 aanwezige bedrijven heeft bijna een kwart ($n=10$) besloten mee te doen. Omdat het project qua planning aardig vertraging had opgelopen, heeft het projectteam besloten om weinig extra inspanningen te verrichten om de gehele straat te laten deelnemen. Door extra inspanning hebben zich uiteindelijk 12 bedrijven aangemeld (=33% van de aanwezige bedrijven), hetgeen als goed werd gezien door het consortium. Deze bedrijven hebben allemaal een basissetup ontvangen in de vorm van een uitlezer op hun energiemeter of slimme meter. De bedrijven kregen toegang tot een portal. In deze portal werden voor de deelnemers met panelen aangegeven op welke momenten zij hun elektriciteit zouden kunnen opslaan (in elektrische batterijen) en wat dit voor hun individueel (financieel) zou betekenen. Maandelijks ontvingen de deelnemers een statusoverzicht waarin dit werd beschreven.

De projectpartners wilden graag minimaal vier seizoenen kunnen meten. Om die reden is tussentijds een projectverlenging aangevraagd. Het was niet mogelijk om de deelnemers tegelijk te laten instromen. Daarom was sprake van een seriële instroom van deelnemers en werd de meetperiode bepaald door de deelnemer die als laatste werd geïncorporeerd. Verderop in deel II wordt uitvoerig ingegaan op de onderzoeksresultaten.

Tussentijds is een aantal bijeenkomsten georganiseerd bij de deelnemende bedrijven. De formule was hierbij helder: aan het einde van de middag, niet te lang en een luchtig programma.

In totaal zijn over een periode van 1 jaar vier bijeenkomsten georganiseerd. De opkomst was doorgaans 15-25 mensen. Onder de aanwezigen bevonden zich ook dikwijls gebouw eigenaren van andere bedrijven (op het bedrijventerrein Zuidoost) of geïnteresseerde medewerkers (energiecoördinatoren).

Uit de tussentijdse vraaggesprekken die zijn gevoerd met de deelnemende bedrijven, is naar voren gekomen dat men de bijeenkomsten veelal te technisch georiënteerd vonden. Ook gaven sommige deelnemers aan dat de statusoverzichten op zich wel helder waren, maar dat men behoefte had aan een praktische vertaalslag. Hier is in de boodschap en wijze van communicatie richting de bedrijven zoveel mogelijk rekening gehouden, hoewel dit lang niet altijd eenvoudig bleek. De flexibiliteitsmarkt is complex en laat zich niet eenvoudig uitleggen, waardoor per definitie veel woorden nodig zijn.

5 Kennisdisseminatie

In paragraaf 3.2 is reeds aangegeven hoe de communicatielijnen liepen binnen het project. De projectgroep heeft zich van meet af aan ingezet om zoveel mogelijk te communiceren over het project.

5.1 Gemeenten

Diverse gesprekken zijn gevoerd met individuele partijen (w.o. gemeenten).

Gemeenten waarmee gesproken is en die een presentatie hebben ontvangen zijn o.a.:

- Gemeente Eindhoven
- Gemeente Assen
- Gemeente Leeuwarden
- Gemeente Oldambt
- Gemeente De Wolden
- Gemeente Zwolle
- Gemeente Breda
- Gemeente Rotterdam
- Gemeente Amsterdam

Doel van de presentaties was om gemeenten te laten zien welk potentieel er zich voor doet op bedrijventerreinen en op welke wijze bedrijven de handen ineen kunnen slaan. Inmiddels heeft het project op enkele andere bedrijventerreinen navolging gekregen. Dit mede dankzij de betrokken projectpartners. Zo heeft de New Energy Coalition ervoor gezorgd dat in Alkmaar een flexibiliteitsproject werd opgepakt en heeft het project ook geleid tot een flexibiliteitsproject op bedrijventerrein Flight Forum in Eindhoven.

5.2 Organisaties

Organisaties die hun interesse hebben getoond en waarmee is gesproken of waaraan we een presentatie hebben gegeven, zijn o.a.:

- Achmea
- Schiphol Real Estate
- EnTranCe
- TNO
- Gent Flex-project (Oost-Vlaanderen)
- Transfuture Festival Groningen
- Ontwikkelaars van zonneparken
- Natuur en Milieufederatie Groningen
- EnergieKansen

Tijdens de presentaties is het project uitgelegd. Hierbij is ten alle tijde gerefereerd aan de financiers w.o. de Topsector Energie en meer in het bijzonder de TKI Urban Energy.

5.3 Media

Het project is op meerdere momenten in de media verschenen. De meeste media-aandacht was op het moment dat het project van start ging. Voorbeelden van media die aandacht aan het project hebben besteed zijn:

- Radio-uitzending RTV Noord
- Artikelen Groningse Ondernemer Courant (GrOC)
- Artikel Dagblad van het Noorden
- Artikel Energieia

5.4 Overig

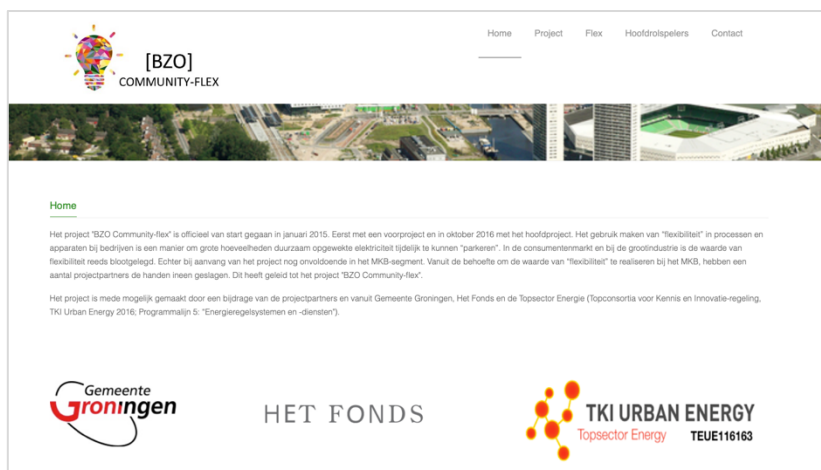
Daar waar mogelijk is de toehoorders aangegeven dat het project mede mogelijk is gemaakt door gelden van het Ministerie van EZ en de TKI Urban Energie.

Voorts is kennis gedissemineerd via publicaties van de TU/e. Een voorbeeld hiervan is een publicatie voor CIRED met de titel: *“The flexibility potential to reduce the peak load of small and medium-sized enterprises”*.

Verder hebben we medewerking verleend aan een onderzoek uitgevoerd door Navigant in opdracht van de Topsector. Ten behoeve van dat onderzoek hebben we onze tussentijdse ervaringen gedeeld. Het rapport met tussentijdse bevindingen is ook gepubliceerd.



Figuur 5.1 Publicatie TKI Urban Energy



Figuur 5.2 Website BZO Community-flex

Het project beschikte over een eigen website. Deze website diende vooral als digitale folder voor partijen die op de een of andere manier in aanraking kwamen met het project. De projectpartners hebben ook individueel melding gemaakt van het project op hun website.

Verder kan worden vermeld dat via de TU/e kennisdisseminatie heeft plaatsgevonden in de vorm van papers, thesen en presentaties.



THE FLEXIBILITY POTENTIAL TO REDUCE THE PEAK LOAD OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

George Rouwhorst^{1*}, Rik Fonteijn¹, Arnoud Brouwer², Phuong Nguyen¹, Han Slootweg^{1,2}

¹Department of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands

²Asset Management, Enexis Netbeheer, 's-Hertogenbosch, the Netherlands

*g.d.g.rouwhorst@tue.nl

Keywords: FLEXIBILITY, ELECTRICAL ENERGY STORAGE, SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES, PEAK LOAD REDUCTION

Abstract

Due to the energy transition, Electric Vehicles (EVs) and Heat Pumps (HPs) are penetrating the distribution network, which leads to an increase in (peak) demand. Additionally, the energy transition is also causing an increasing share of solar PV into the distribution network. Therefore, time-consuming and expensive network reinforcements become necessary to prevent network congestions if no alternatives are available. Two of these alternatives considered in this paper are Demand-Side Management (DSM) to unlock flexibility on the demand side and Electrical Energy Storage (EES). First, this paper introduces a method to synthesize the load profile of Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) if EVs, HPs or solar PV are included. Finally, a theoretical method is introduced to quantify the flexibility provided by EVs and HPs to reduce the peak load and a theoretical method to quantify the impact of home batteries to reduce the peak load. The methods are used for a case study as part of the Dutch pilot project 'Community-flex Bedrijvenpark Zuidoost' in the city of Groningen.

1. Introduction

1.1 Background

The current energy transition is leading to an increase of Renewable Energy Sources (RES) penetrating the electricity network and an increase in demand due to the electrification of mobility, heating and cooling.

Due to the intermittent properties of RES (solar PV and wind), it is harder to control the electricity generation which limits the flexibility on the generation side to balance supply and demand. Additionally, RES are connected to the distribution network, unlike conventional large-scale generators which are usually connected to the transmission network. Therefore, this type of generation is also referred to as Distributed Generation (DG) [1]. As a consequence, the electricity flows in the distribution network become bidirectional. If a surplus of electricity is generated, this could lead to network congestions. Electric Vehicles (EVs) and Heat Pumps (HPs) are a sustainable alternative for conventional vehicles and boilers running on fossil fuels. As a consequence, the demand is expected to increase, especially during peak demand, which could lead to network congestions.

Both developments together have an impact on the local match between supply and demand. On an annual time-scale, the electricity generation of solar PV is relatively high during summer, while the demand is relatively low. During winter, the demand is relatively high, while the electricity generation by solar PV is relatively low which leads to an increasing change of congestions. On a daily time-scale, the generation

profile of solar PV correlates with the load profile of a Small and Medium-sized Enterprise (SME) strongly which reduces the change of network congestions [2].

Traditionally, the peak load is the main driver for managing the network -and connection capacity. Therefore, expensive and time-consuming network reinforcements are expected to be necessary to prevent network congestions. The current developments in ICT enable the DSOs to monitor and control the distribution network more efficiently and at lower costs allowing new alternatives to manage the network -and connection capacity. Such a network is often referred to as a 'smart grid'. One of the alternatives is Demand Side Management (DSM) which aims to unlock flexibility on the demand side. In this case, consumers are stimulated to shift a part of the peak demand towards periods of lower demand and if RES are present, towards periods of surplus electricity generation. Another alternative is application of Electrical Energy Storage (EES) to reduce the peak demand by charging the EES technology during periods of low demand and discharging this EES technology during periods of peak demand. If RES are present, EES can be also applied to reduce the mismatch between supply and demand and thereby related congestions by storing surplus generated electricity which is used during periods when demand exceeds generation. However, EES technologies are still rather expensive which limits the applicable capacity. Therefore, ICT technologies allow to optimize the charging pattern to enable an effective integration into the electricity network [3].

Figuur 5.3 Publicatie TU/e voor CIRED

DEEL II

Deel II van het rapport geeft een samenvatting van een aantal deelonderzoeken en experimenten die in het kader van het BZO-project zijn uitgevoerd. Deze onderzoeken en experimenten zijn opgezet om de onderzoeksvragen van het project te beantwoorden. Elk hoofdstuk staat hierbij op zichzelf, met eigen conclusies.

Vanuit de TU/e zijn een drietal samenhangende afstudeerprojecten uitgevoerd waarin de impact van elektrificatie in de MKB-sector op het net is onderzocht. Voor een deel is dit uitgevoerd aan de hand van gemeten profielen van bedrijven op de Wasaweg. Hier is gekeken naar de bestaande profielen, de impact op het net en de potentie van flexibiliteit om pieken op het net te reduceren. Daarna is gewerkt aan opschaling, bedoeld om met de resultaten van de Wasaweg meer generieke uitspraken te doen over het hele BZO-bedrijventerrein en zo mogelijk over bedrijventerreinen in het algemeen. Een samenvatting van deze drie projecten is beschreven in hoofdstuk 6.

Vanuit Enexis was er een specifiekere onderzoeksvraag gesteld, namelijk: kan flexibiliteit bij het MKB worden ingezet in het voorkomen van congestie en voorkomen van eventuele spanningsproblemen? In dit kader is een studie gedaan naar de wettelijke mogelijkheden van een netbeheerder om de flexibiliteit bij MKB te stimuleren. Hierbij valt te denken aan aanschaf van assets als batterijen, delen van informatie en diversificatie in tarieven. Een samenvatting van deze studie is opgenomen in hoofdstuk 7.

Een groot deel van het project is besteed aan het koppelen, sturen en analyseren van een aantal flexibiliteitsbronnen bij de bedrijven, het zgn. n=6-cluster. Hier zijn koppelingen gemaakt met een laadplein (Makro), een batterij (Victron) en een vrieshuis en laadinstallaties voor magazijntrucks (Bidfood). De flexibiliteit is operationeel ingezet waarbij de waarde is bepaald bij sturing op de onbalansmarkt. Van een aantal andere flexibiliteitsbronnen was operationele sturing niet haalbaar binnen de scope van het project en zijn alternatieve analyses gedaan. Hoofdstuk 8 geeft de samenvatting van dit onderzoek

Tot slot is er een praktijkexperiment uitgevoerd met virtuele flexibiliteitsbronnen voor de deelnemers aan de Wasaweg. Hier is gekeken naar de individuele profielen, het collectieve profiel en de inzet van de flexibiliteitsbronnen voor individuele én collectieve zelfconsumptie en piekreductie. Een samenvatting van dit onderzoek is beschreven in hoofdstuk 9.

6 Energie- en flexibiliteitsanalyse TU/e

6.1 Achtergrond

Hoewel de focus van veel onderzoek en proeftuinen zich tot dusver heeft gericht op woonwijken en huishoudens (denk aan Energiekoplopers, PowerMatching City, Jouw EnergieMoment) [1], is er ook gekeken naar commerciële toepassingen. Janssen heeft een raamwerk ontwikkeld, waarmee de variabiliteit en flexibiliteit van zonne- & windenergie en commerciële toepassingen kan worden beschreven [2]. Dit raamwerk wordt vervolgens in een casestudie toegepast om een nieuw bedrijventerrein te evalueren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een drietal bouwstenen: verlichting, koeling (bijv. airco en koelcellen) en laptops. De variabiliteit van lokale opwek is in statistiek gevangen en met flexibiliteit in de drie bouwstenen wordt gekeken in hoeverre vraag en aanbod op elkaar kunnen worden afgestemd. Janssen laat zien dat het matchen van vraag en aanbod kan worden verbeterd met 5 procentpunt, ten opzichte van een business-as-usual situatie.

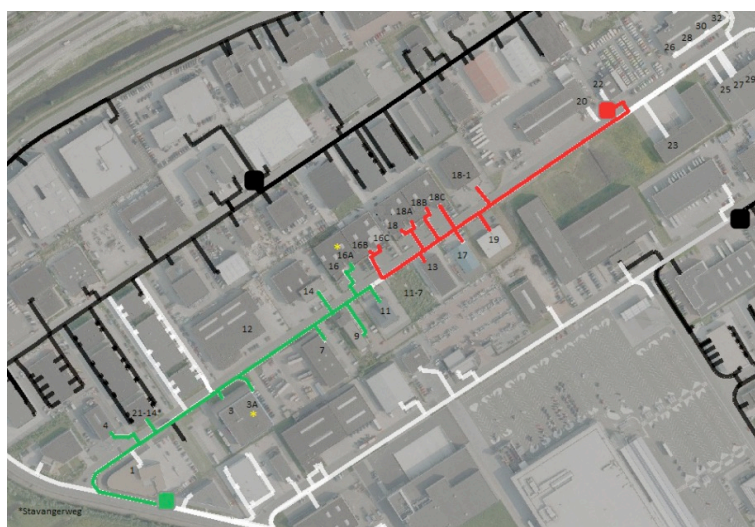
Een ander framework is beschreven in [3]. Het doel van dit framework is het evalueren van 'smart grid'-proeftuinen, waarin in bredere zin gekeken wordt naar zowel de sociale als de techno-economische aspecten van de proeftuin. Dit framework is vervolgens toegepast op een bedrijventerrein in Deventer. Het werk van [3] past in het groter opgezet onderzoek beschreven in [4]. In dit onderzoek wordt aandacht besteed aan de energietransitie, waarin flexibiliteit kan bijdragen aan een energiesysteem gedreven door zowel vraag als aanbod. Hiervoor is een zogenaamd 'Smart Microgrid Development Framework' voorgesteld, waarin de belangrijkste ontwerpprincipes van een slim net worden beschreven.

In een meer praktische studie is gekeken naar de flexibiliteit van kantoorgebouwen [5]. Hiervoor is een combinatie van een literatuurstudie en twee experimenten gebruikt, op basis van een gemiddeld kantoorgebouw (1500m², bezetting van 35 personen). In deze experimenten zijn luchtbehandeling, koeling, zonnepanelen en batterijopslag meegenomen. Hierbij is het eerste experiment aangetoond dat het slim inzetten van de luchtbehandeling en koeling de benodigde piekvraag van deze installaties tot maximaal 60% kan verlagen. Het tweede experiment had de focus op zelfconsumptie van opgewekte zonne-energie, waarbij gebruik is gemaakt van een batterij. Dit experiment heeft aangetoond dat 1) de batterij bijdraagt aan een snellere reactietijd van de beschikbare flexibiliteit in het kantoorpand, en 2) het reboundeffect, of de toename in gebruik ná gebruik te maken van flexibiliteit, beperkt kan worden door middel van een batterij.

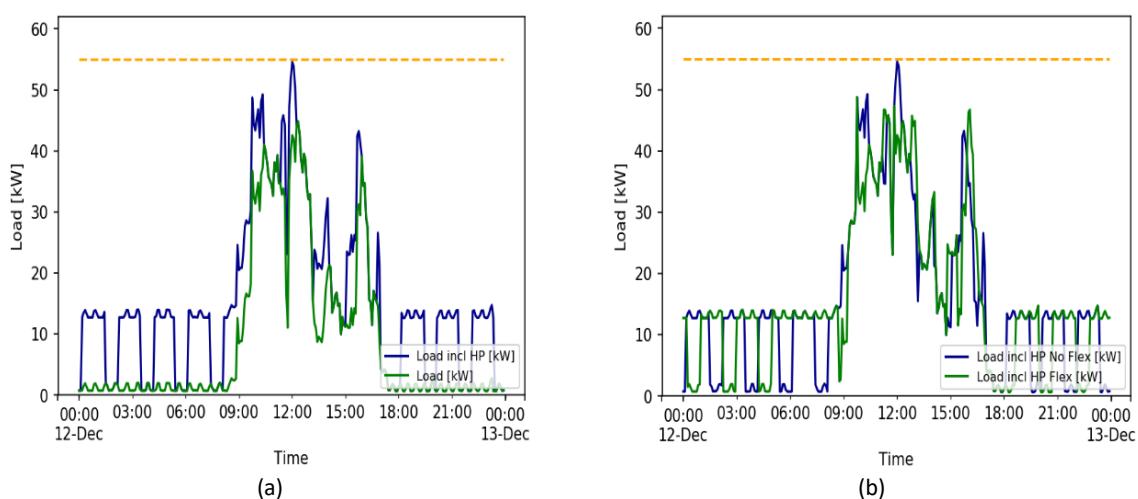
Aansluitend op deze bestaande kennis zal in dit hoofdstuk vanuit een theoretische invalshoek gekeken worden naar de proeftuin 'BZO'. Eerst wordt het onderzoek rondom de Wasaweg beschreven, waar een analyse van mogelijke congestieproblematiek is uitgevoerd, met daaropvolgend een onderzoek naar het potentieel van flexibiliteit om dit probleem op te lossen. Dit wordt vervolgd door een tweetal onderzoeken gericht op opschaling, waarin het flexibiliteitspotentieel van het bedrijventerrein in een breder perspectief wordt geplaatst. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal conclusies en geleerde lessen.

6.2 Wasaweg

Aan de Wasaweg liggen twee transformatoren waarachter door Enexis een mogelijk congestieprobleem wordt verwacht, zeker indien rekening gehouden wordt met de elektrificatie van transport en ruimteverwarming en de installatie van grote hoeveelheden zonnepanelen. Er is daarom eind 2018 een analyse gemaakt van de congestieproblematiek in dit gebied, waarbij in eerste instantie is gekeken naar de belasting van het elektriciteitsnet tussen september 2017 en augustus 2018 [6]. Uit de analyse is gebleken dat er geen congestieprobleem is op transformatorniveau. Echter, op beide transformatoren is één afgaande richting (d.i. de kabel van de transformator naar de klanten) waar gedurende korte periodes congestieproblemen ontstonden.



Figuur 6.1 Topologie van het LV-netwerk op de Wasaweg. In rood en groen de transformatoren en de 'afgaande richtingen' met congestieproblematiek.



Figuur 6.2 Visualisatie afnameprofiel van een winterdag voor een bedrijf in combinatie met een warmtepomp. Figuur (a) toont de belasting van het bedrijf met en zonder warmtepomp, en figuur (b) laat zien hoeveel piekreductie de flexibele inzet van de warmtepomp oplevert. In geel de limiet van de aansluiting.

Deze resultaten zijn vervolgens gebruikt om een nieuw onderzoek te starten, waarin de volgende onderzoeksvraag centraal staat [7]:

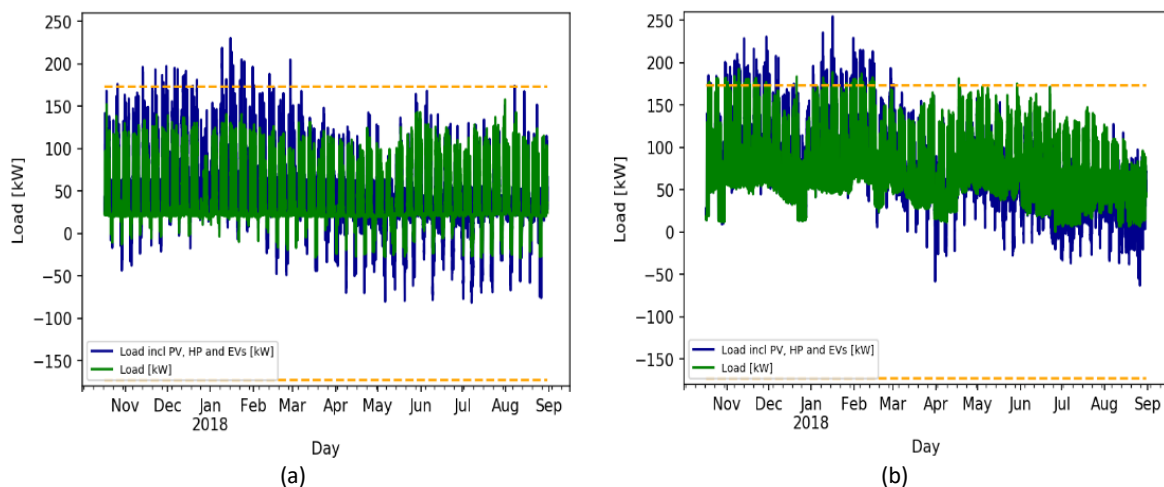
“Wat is het theoretische potentieel van flexibiliteit, om de piekbelasting van MKB aan de Wasaweg te beperken, en welke mogelijke financiële voordelen kan deze flexibiliteit bieden aan de bedrijven en aan de netbeheerder?”

Hierbij is gekeken naar de twee afgaande richtingen waarop congestie is. Van een vijftal hierop aangesloten bedrijven zijn de huidige afnameprofielen beschikbaar. Vervolgens zijn hier, op basis van modellen en in diverse scenario's, profielen van elektrische auto's, warmtepompen, zonnepanelen en batterijopslag aan toegevoegd (de aangenomen flexibiliteitsbronnen). In Figuur 6.2 is een voorbeeld te zien waarbij de belasting van een bedrijf wordt gecombineerd met een warmtepomp (a), en hoe deze warmtepomp vervolgens kan worden ingezet om de maximale belasting omlaag te brengen (b). Verdere details van de gebruikte modellen en resultaten van de overige flexibiliteitsbronnen zijn te vinden in [7].

Als scenario's zijn de volgende (combinaties van) apparaten per bedrijf toegevoegd aan het bestaande afnameprofiel: warmtepompen, slim laden van elektrische auto's, zonnepanelen (met en zonder batterijopslag), een combinatie van warmtepompen, slim laden en zonnepanelen, een combinatie van warmtepompen en zonnepanelen (met en zonder batterijopslag), een combinatie van slim laden en zonnepanelen (met en zonder batterijopslag), en een combinatie van warmtepompen en slim laden. Uiteraard hebben deze apparaten allereerst een invloed op de afnamepiek van bedrijven. Ze kunnen vervolgens echter ook gebruikt worden om deze piek door middel van flexibiliteit te verkleinen. Dit ziet er als volgt uit per scenario (Tabel 6.1):

Scenario	Toename in piek zonder gebruik van flexibiliteit	Piekreductie door gebruik flexibiliteit
Warmtepompen	21,0 – 172,3 %	0,6 – 5,5 %
Elektrische auto's	37,6 – 352,2 %	10,0 – 25,0 %
Zonnepanelen	N.v.t.	4,0 – 12,6 % ¹ 8,3 – 14,9 % ²
Combinatie van warmtepompen, elektrische auto's en zonnepanelen	50,7 – 483,6 %	12,0 – 28,9 % ¹ 23,5 – 30,7 % ²
Combinatie van warmtepompen en zonnepanelen	13,3 – 172,3 %	0,0 – 2,5 %
Combinatie van elektrische auto's en zonnepanelen	33,3 – 307,3 %	18,4 – 36,2 % ¹
Combinatie van warmtepompen en elektrische auto's	55,5 – 502,1 %	12,0 – 28,1 %

Tabel 6.1 Invloed flexibiliteitsbronnen op afnamepiek, per scenario. ¹ met batterijopslag, ² zonder batterijopslag



Figuur 6.3 Visualisatie afnameprofiel op de afgaande richtingen, in het geval de aangesloten bedrijven worden uitgerust met warmtepompen, elektrische auto's en zonnepanelen, voor afgaande richting (a) en (b). In geel de limiet van de aansluiting.

Hierbij moet als kanttekening gemaakt worden dat de extreme toenames in afnamepiek gelden voor een enkele partij. Typisch liggen deze waardes lager (details in [7]).

De financiële voordelen van flexibiliteit voor bedrijven zijn in dit onderzoek gedefinieerd op basis van vermeden kosten op hun aansluiting. Voor de netbeheerder wordt dit vergeleken met de vermeden kosten van verzwaringen in hun netten. De aan de Wasaweg gelegen bedrijven zijn qua aansluitcapaciteit allemaal kleinverbruikers. Om de voordelen per bedrijf te bepalen, is gekeken naar de noodzakelijke vergroting in aansluitcapaciteit om de elektrificatie van transport en verwarming mogelijk te maken. Hierbij is vervolgens in elk van de bovenstaande scenario's gekeken of flexibiliteit deze kosten omlaag kan brengen door de aansluitcapaciteit te verlagen.

Met name wanneer bedrijven kunnen voorkomen naar een aansluiting voor grootverbruikers (56kW, €2709,52 bij een maandelijkse piek van het gecontracteerd vermogen) te gaan en op de maximale kleinverbruikersaansluiting (55kW, €1972,90) kan blijven, kan flexibiliteit een significante kostenbesparing op jaarbasis opleveren. Ook in andere gevallen lijkt het vooral interessant flexibiliteit in te zetten om in een lagere aansluitklasse te blijven. Hierbij moet vervolgens nog rekening gehouden worden met de terugverdiendtijd van desbetreffende oplossingen.

Om de voordelen voor de netbeheerder te kunnen bepalen, moet eerst voor ieder scenario het afnameprofiel per afgaande richting bepaald worden. Figuur 6.3 geeft hier een voorbeeld van. De details voor de overige scenario's staan beschreven in [7].

Vervolgens is voor beide afgaande richtingen de piekreductie bepaald, in het geval flexibiliteit wordt ingezet. De resultaten hiervan zijn te vinden in Tabel 6.2. Hierbij valt op dat warmtepompen nauwelijks bijdragen aan een piekreductie. Dit kan verklaard worden door de hoge gelijktijdigheidsfactor van een warmtepomp. Met name op koude dagen zullen warmtepompen veelal op hetzelfde moment aan staan. Verder is een kanttekening omtrent de zonnepanelen noodzakelijk. In Tabel 6.2 is het uitgangspunt een reductie in afname van het net. Echter, door de grote hoeveelheid zonnepanelen zijn er met name in de zomer momenten waarop er veel invoeding plaatsvindt. Hiermee komt het alsnog voor dat de capaciteitslimieten van de richtingen worden overschreven, met maximaal een factor twee. Flexibiliteit biedt hier, in het geval zonnepanelen met opslag, geen oplossing voor.

Scenario	Piekreductie richting (a)	Piekreductie richting (b)
Warmtepompen	0,04 %	0,05 %
Elektrische auto's	10,6 %	8,7 %
Zonnepanelen	17,1 %	2,1 %
Combinatie van warmtepompen, elektrische auto's en zonnepanelen	19,0 % ¹ 25,0 % ²	11,3 % ¹ 25,0 % ²
Combinatie van warmtepompen en zonnepanelen	0,0 % ¹	2,7 % ¹
Combinatie van elektrische auto's en zonnepanelen	16,2 % ¹ 17,0 % ²	8,0 % ¹ 17,0 % ²
Combinatie van warmtepompen en elektrische auto's	14,4 %	11,5 %

Tabel 6.2 Bijdrage flexibiliteitsbronnen per scenario aan piekreductie. ¹ met batterijopslag, ² zonder batterijopslag

De financiële voordelen voor de netbeheerder zijn te behalen door netverzwaringen te voorkomen. Hiervoor is aangenomen dat netverzwaringen aan kabels in het laagspanningsnet €40 p.m. kosten, en de betreffende richtingen (a) en (b) respectievelijk 429m en 285m lang zijn. Dit betekent dat de verzwaringskosten voor richting (a) €17.160 en voor richting (b) €11.400 zijn.

Hoewel flexibiliteit in vrijwel alle gevallen een piekreductie oplevert, is dit in slechts een beperkt aantal gevallen voldoende om netverzwaringen te voorkomen. Voor richting (a) kan dit alleen in de scenario's met warmtepompen, de combinatie van warmtepompen, slim laden en zonnepanelen (incl. opslag), de combinatie zonnepanelen (incl. opslag) en slim laden, en de combinatie zonnepanelen met warmtepompen. Voor richting (b) zijn in ieder scenario verzwaringen noodzakelijk.

6.3 Opschaling

Om een beter inzicht te krijgen in de flexibiliteit van het totale bedrijventerrein zijn er twee onderzoeken gestart om de methoden en resultaten uit de Wasaweg op te schalen. Het eerste onderzoek is in de zomer van 2019 afgerond [8] en heeft op basis van de hoofdcategorieën uit de Kamer van Koophandel (KvK) standaard bedrijfsindeling (SBI) een aantal veelvoorkomende typen bedrijven geïdentificeerd. In verband met de doorlooptijd van dit deelproject zijn de SBI-categorieën verder gereduceerd, waarna gekeken is naar: kantoorpanden, non-food handel & dienstverlening, aan gezondheidszorg gerelateerde panden, voedingsindustrie, onderwijs en opslag & logistiek. Het onderzoek heeft zich gericht op het vaststellen van een typische hoeveelheid flexibiliteit in kWh per categorie en de tijd waarbinnen flexibel geschoven kan worden (uitstellen of vervroegen van afname).

Voor ieder van deze categorieën is vervolgens op basis van één (bemeten) referentiebedrijf gekeken naar het flexibiliteitspotentieel. Hierbij zijn de volgende flexibiliteitsbronnen meegenomen, rekening houdend met de elektrificatie van de transport- en verwarmingsbehoefte: elektrische auto's, warmtepompen en (voedings- en medische) koelinstallaties.

Per type bedrijf zijn scenario's opgesteld voor de verschillende flexibiliteitsbronnen. Voor de elektrische auto's wordt hierbij een verdeling gemaakt tussen het aantal auto's dat vanwege woon-werkverkeer laadt (denk aan kantoorpersoneel) en het aantal auto's dat als bezoeker laadt (denk aan bezoekers van bedrijven zoals Makro). Daarnaast is gekeken naar typische afstanden die in Nederland afgelegd worden en de capaciteit en laadsnelheden van momenteel veelvoorkomende elektrische auto's. Voor typisch woon-werkverkeer is gemiddeld 4,2kWh flexibiliteit beschikbaar, welke binnen een tijdsvlak van 7,62 uur kan worden ingezet. Indien een elektrische auto echter volledig leeg is, dient er (voor een gemiddelde) auto 42,5kWh geladen te worden welk over een tijdsvlak van 4,14 uur kan worden uitgesmeerd.

Voor warmtepompen bestaat dit uit variaties in binnentemperaturen en variaties in het oppervlak dat behoefte heeft aan ruimteverwarming. Verder is er rekening gehouden met de typische verliezen en warmte-opwek (bijv. door personele bezetting) van gebouwen (gedetailleerde berekening in [8]). Het model achter de warmtepomp is verder uitgewerkt in [7]. Hierin is ook al aangetoond dat de tijdvensters waarbinnen flexibiliteit beschikbaar is beperkt zijn tot één tot enkele uren.

De koelinstallaties worden beperkt tot de panden gerelateerd aan de voedingsindustrie en de medische koelinstallaties, zoals beschikbaar bij UMCG LifeLines. Koelinstallaties bij grootverbruikers hebben in het verleden aandacht gekregen, omdat er op elektriciteitskosten bespaard kon worden door de koelinstallatie gedurende slim gekozen uren in- en uit te schakelen. Dat dit kan leiden tot lagere kosten voor bedrijven, is bijvoorbeeld aangetoond door [9]. In het huidige onderzoek is het flexibiliteitspotentieel van koelinstallaties bepaald op basis van onderzoek beschreven in [2,10,11]. De resultaten laten zien dat koelinstallaties (afhankelijk van hun thermische massa) dieper gekoeld kunnen worden, waarna vriezers veelal 6-9 uur lang uitgeschakeld kunnen worden. De hoeveelheid geleverde flexibiliteit ligt vervolgens aan

de schaal waarop koelinstallaties beschikbaar zijn. Voor de referentiecaser is een koelinstallatie van 27kW voor de voedingsindustrie en 65kW voor medische opslag aangenomen. Hierbij is een energievraag van respectievelijk 486kWh en 972kWh flexibel in te zetten [8].

Een tweede onderzoek richt zich op het verder generaliseren van de mogelijkheden van flexibiliteit op bedrijventerreinen en het bepalen hoeveel lokaal opgewekte duurzame energie er door een bedrijventerrein gebruikt kan worden. Het doel is hierbij een algemeen beeld te krijgen dat toepasbaar is op diverse bedrijventerreinen binnen Nederland. Dit onderzoek loopt door t/m de herfst van 2020.

Hierbij wordt gekeken naar het totale elektriciteitsverbruik van een gebied, op basis van metingen in het veld en modellen om een en ander aan te vullen. Dit wordt vervolgens afgezet tegen de totale lokale opwek, waarna gekeken wordt in welke mate flexibiliteit tot een hogere zelfconsumptie kan leiden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van prognoses voor de toekomstige hoeveelheid zonnepanelen en wordt de elektrificatie van transport en ruimteverwarming meegenomen. De modellen beschreven in [7] zijn hierop van toepassing. Verwacht wordt dat de resultaten laten zien dat flexibiliteit een significante verbetering in zelfconsumptie laat zien, zoals ook in een theoretisch onderzoek eerder aangetoond is in [2]. Deze toename in zelfconsumptie is voor de netbeheerders gunstig, omdat de hoger gelegen netten (midden- en hoogspanning) daardoor minder belast worden (en juist hier zijn op het moment van schrijven veel capaciteitstekorten).

6.4 Conclusies en geleerde lessen

Dit hoofdstuk beschrijft het theoretisch flexibiliteitspotentieel voor BZO. Hieruit kunnen de volgende conclusies getrokken en lessen geleerd worden:

- De elektrificatie van de transport- en warmtevoorziening zal tot een grote toename in de elektriciteitsvraag en in verschillende situaties tot congestieproblemen leiden.
- Deze congestieproblemen kunnen deels met flexibiliteit opgevangen worden. Echter is de groei in veel scenario's zodanig dat flexibiliteit slechts in beperkte mate kan worden ingezet.
- Voor de netbeheerder is het alleen interessant om flexibiliteit voor dergelijke toepassingen in te zetten als daarmee netverzwaringen kunnen worden voorkomen. Zodra de netcapaciteit overschreden wordt, zijn verzwaringen noodzakelijk en verliest flexibiliteit voor de netbeheerder zijn waarde.
- Bedrijven kunnen in sommige gevallen flexibiliteit inzetten om binnen hun gecontracteerde aansluitcapaciteit te blijven. Dit is met name interessant om te voorkomen dat bedrijven van klein- naar grootverbruiker verschuiven, waar een significante toename in aansluitkosten bij hoort.
- Kleinschalige batterijen lijken hierin slechts beperkt een rol te spelen.
- De businesscase en terugverdientijden die hierbij horen, zijn hierin doorslaggevend.
- In een bredere context is te zien dat flexibiliteit uit koelcellen significante verschuivingen in energieverbruik mogelijk maakt. Dat hieruit kostenbesparingen te halen zijn, is ook terug te zien in de veldmetingen beschreven in hoofdstuk 8.
- Zelfconsumptie is voor de netbeheerders gunstig, omdat dit de al zwaarbelaste midden- en hoogspanningsnetten niet extra belast.

Referenties

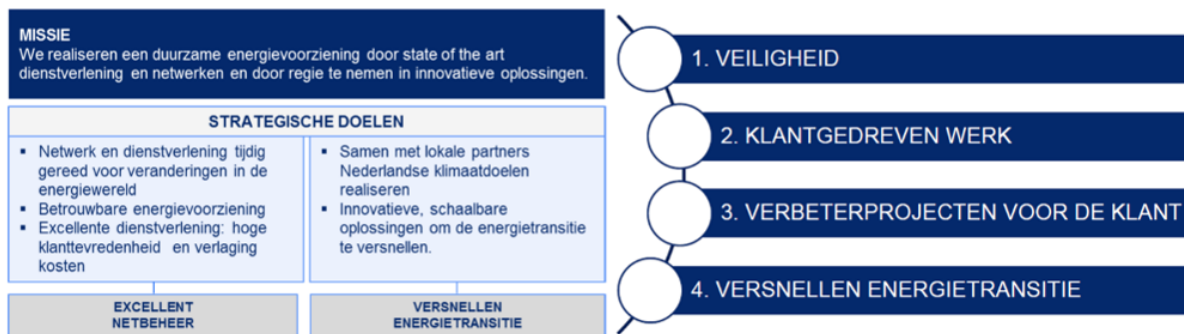
- [1] R. Fonteijn, M. van Amstel, P. Nguyen, J. Morren, G.M. Bonnema, H. Slootweg, Evaluating flexibility values for congestion management in distribution networks within Dutch pilots, *J. Eng.* (2019) 5158–5162. <https://doi.org/10.1049/joe.2018.9314>.
- [2] S.L.L. Janssen, *A framework for flexibility in Smart (Micro) Grids*, Eindhoven University of Technology, 2012.
- [3] M. de Ronde, *Smart Microgrids: Two sides of the Smart Grid coin*, Eindhoven University of Technology, 2016.
- [4] F. Wattjes, *Grid connected smart microgrids for commercial and industrial sites*, Eindhoven University of Technology, 2017. https://pure.tue.nl/ws/files/90493602/20180129_Wattjes.pdf.
- [5] K.O. Aduda, *Smart grid-building energy interactions : demand side power flexibility in office buildings*, Eindhoven University of Technology, 2018.
- [6] G. Rouwhorst, *Congestion analysis of the distribution network located at the Wasaweg*, Eindhoven University of Technology, 2018.
- [7] G. Rouwhorst, *The flexibility potential to reduce the peak load of small and medium-sized enterprises*, Eindhoven University of Technology, 2019.
- [8] S. Das, *ANALYZING THE POTENTIAL OF DEMAND SIDE FLEXIBILITY IN SMART GRID NETWORKS*, Eindhoven University of Technology, 2019.
- [9] R. Morales González, M. Gibescu, S. Cobben, M. Bongaerts, M. de Nes-Koedam, W. Vermeiden, *Demand Response of Medical freezers in a Business Park Microgrid*, in: *Smartgreens 2018 - 7th Conf. Smart Cities Green ICT Syst.*, 2018.
- [10] D. Faugeroux, *Ultra-Low Temperature Freezer Performance and Energy Use Tests*, Riverside, 2016.
- [11] S. Goli, A. McKane, D. Olsen, *Demand response opportunities in industrial refrigerated warehouses in california*, in: *ACEEE Summer Study Energy Effic. Ind.*, 2011: pp. 78–89.

7 Analyse wettelijke mogelijkheden netbeheerder

7.1 Inleiding

In de toekomst zal energie in toenemende mate afkomstig zal zijn van duurzame, vaak decentrale bronnen. Tevens is steeds meer sprake van elektrificatie binnen de industrie en transport. Niet alleen de energieleverancier, maar ook andere organisaties en particulieren kunnen immers duurzame energie opwekken. Op het moment vooral nog voor eigen gebruik, maar met de afbouw van de salderingsregeling zal in de toekomst behoefte ontstaan om zelfopgewekte energie ook achter de meter zelf te gebruiken. Dit kan ook voordelig voor de netbeheerder zijn in verband met transportschaarste. Daarom onderzoekt Enexis momenteel alternatieve oplossingen. Zij kijkt of zij Nederlanders kan stimuleren om energie anders te gaan gebruiken op momenten dat dit voordelig is, omdat er voldoende energie voorhanden is en er ook sprake is van voldoende capaciteit in het net om de energie op de juiste plaats te krijgen. Zo kunnen de netbeheerders piekbelasting van het energienet namelijk voorkomen en is een kostbare verzwaring niet nodig.

Naar aanleiding van onder andere bovenstaande zijn door Enexis in de missie een tweetal strategische doelen geformuleerd:



Figuur 7.1 Strategische doelen Enexis

Bij het versnellen van de energietransitie zijn twee aandachtspunten benoemd:

- Samen met lokale partners Nederlandse klimaatdoelen realiseren.
- Innovatieve schaalbare oplossingen om de energietransitie te versnellen.

In het project “BZO Community-flex” willen we het gebruiken van flexibiliteit in processen en apparaten bij bedrijven inzetten om op een relatief goedkope manier (in tegenstelling tot bijvoorbeeld batterijen) “grote” hoeveelheden duurzaam opgewekte en/of gevraagde elektriciteit tijdelijk te “parkeren”. In de consumentenmarkt en bij de grootindustrie is de waarde van flexibiliteit reeds blootgelegd. Nog niet in het MKB-segment.

Het te verwachte resultaat in dit project is dat “kleine” hoeveelheden flexibiliteit op een bedrijvenpark kunnen worden ontsloten. Deze kleine hoeveelheden worden door onderlinge samenwerking gebundeld tot een groot geheel. De flexibiliteit biedt ruimte om tijdelijke overschotten duurzaam opgewekte elektriciteit aan te wenden. Dit scheelt de netbeheerder investeringen. Voor de aanbieders van flexibiliteit leidt het tot een kostenbesparing op de energienota.

De hoofdvraag van Enexis was dan ook: kan flexibiliteit bij het MKB worden ingezet in het voorkomen van congestie en eventuele spanningsproblemen?

Specifiek voor opslag leidde dit tot de volgende deelvraag:

Kan door meer integratie/installatie van duurzame opwek/opslag worden voorkomen dat we door opwek in combinatie met opslag congestieproblemen in ons elektriciteitsnet kunnen verwachten/krijgen? Kan dat door:

- a. Een grote batterij a.) in eigendom van Enexis, b.) achter een klantaansluiting of als c.) een nieuwe "batterij"-aansluiting in beheer bij een commerciële marktpartij) in combinatie met meer PV plaatsen op de daken van de bedrijfspanden van Bedrijventerrein Zuidoost. Deze van oudsher aanwezige bedrijfspanden zijn daar uitermate geschikt voor?*
- b. Kan het plaatsen van een batterij bij klanten ervoor zorgen dat er minder energie wordt gevraagd en kunnen deze klanten dan naar een lager gecontracteerd vermogen en/of naar een ander aansluitcategorie op een lager netvlak?*

Om vraag (a) te beantwoorden was beter inzicht nodig in de wet- en regelgeving.

7.2 Analyse relevante wet- en regelgevingstukken

Onderstaande analyse is uitgevoerd op de electriciteitswet zoals die geldig was tussen 01-07-2016 t/m 24-05-2018. Er is inmiddels een nieuwe versie die geldig is van 10-7-2020 t/m heden.

Artikel 16 Elektriciteitswet 1998:

- 1 De netbeheerder heeft in het kader van het beheer van de netten in het voor hem krachtens [artikel 36](#) of [37](#) vastgestelde gebied tot taak:
 - o a. de door hem beheerde netten in werking te hebben en te onderhouden;
 - o b. de veiligheid en betrouwbaarheid van de netten en van het transport van elektriciteit over de netten op de meest doelmatige wijze te waarborgen;
 - o c. de netten aan te leggen, te herstellen, te vernieuwen of uit te breiden, waarbij in overweging worden genomen maatregelen op het gebied van duurzame elektriciteit, energiebesparing en vraagsturing of decentrale elektriciteitsproductie waardoor de noodzaak van vervanging of vergroting van de productiecapaciteit ondervangen kan worden;
2. Het is anderen dan de desbetreffende netbeheerder verboden een taak uit te voeren als bedoeld in het eerste of tweede lid, behoudens voor zover het betreft het realiseren van de aansluiting van een afnemer als bedoeld in [artikel 16c](#), het aanleggen van een landsgrensoverschrijdend net of het aanleggen, beheren en onderhouden van een net als bedoeld in [artikel 15, eerste lid](#), dan wel ter uitvoering van een procedure als bedoeld in [artikel 20, derde lid](#).
- 3 Producenten, leveranciers en handelaren onthouden zich van iedere bemoeiing met de uitvoering van de taken die op grond van het eerste of tweede lid aan een netbeheerder zijn opgedragen.

Artikel 16a Elektriciteitswet 1998:

- 1 Het is anderen dan de desbetreffende netbeheerder verboden een taak uit te voeren als bedoeld in [artikel 16, eerste of tweede lid](#), behoudens voor zover het betreft het meten van elektriciteit, bedoeld in artikel 16, eerste lid, onderdeel i. De vorige volzin is niet van toepassing op een interconnector-beheerder voor de taken als bedoeld in artikel 16, eerste lid, onderdeel a, b, j, k en l en tweede lid, onderdeel g en k.
- 2 Degene, niet zijnde een netbeheerder, die bij een afnemer de meting van van het net afgenomen en verbruikte of opgewekte en op het net ingevoede elektriciteit verricht, deelt de daarmee verkregen meetgegevens mee aan de desbetreffende afnemer en aan de netbeheerder op wiens net de afnemer is aangesloten.
- 3 De netbeheerder deelt de meetgegevens, bedoeld in het tweede lid en in [artikel 16, eerste lid, onderdeel j](#), mee aan Onze Minister, alsmede aan de desbetreffende afnemer voor zover die nog niet de beschikking heeft over die informatie.



Blijkens artikel 16 lid 1b van de Elektriciteitswet is het waarborgen van de veiligheid en betrouwbaarheid van de netten en van het transport van elektriciteit hierover op de meest doelmatige wijze de taak van de netbeheerder. Vervolgens bepalen het derde lid en artikel 16a van deze wet dat anderen dan de desbetreffende netbeheerder deze

taken, op enkele uitzonderingen na, niet mogen uitvoeren. Daarnaast staat in artikel 16 lid 4 dat anderen dan de netbeheerder zich moeten onthouden van bemoeienis met de uitvoering van de taken van de netbeheerder.

Omdat artikel 16 lid 1 van de Elektriciteitswet (zie kader) niet valt onder de uitzonderingen genoemd in artikel 16 lid 3 en artikel 16a lid 1 kan worden geconcludeerd dat het waarborgen van de veiligheid en betrouwbaarheid van de netten en van het transport van elektriciteit over de netten niet door een ander dan de netbeheerder kan worden uitgevoerd.

Artikel 16Aa Elektriciteitswet 1998:

- 1 Een netbeheerder verricht de werkzaamheden ter uitvoering van de taken, bedoeld in [artikel 16, eerste en tweede lid](#), in eigen beheer of tezamen met een of meer andere netbeheerders.
- 2 In afwijking van het eerste lid kunnen de navolgende werkzaamheden worden uitbesteed:
 - o a. feitelijke werkzaamheden in verband met de aanleg, het onderhoud en de reparatie van het net;
 - o b. inspecties van netten met het oog op de veiligheid;
 - o c. spoor- en ontwikkelingswerk ten behoeve van de aanleg, het onderhoud en de reparatie van het net;
 - o d. de werkzaamheden ter uitvoering van [artikel 16, eerste lid, onderdelen n, o en p, en het tweede lid, onderdeel e](#).

Ook uit artikel 16Aa blijkt dat de netbeheerder slechts die werkzaamheden voor het uitvoeren van zijn taken mag uitbesteden die:

- niet in aanraking komen met marktgevoelige of strategische informatie;
- en alleen wanneer dit doelmatiger is dan de werkzaamheden zelf uitvoeren.

Hieronder volgen drie passages uit de parlementaire geschiedenis van de Wet onafhankelijk netbeheer (2007) om bovengenoemde bepalingen te duiden:

“Voor een efficiënte, betrouwbare en duurzame energievoorziening tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten zijn twee middelen essentieel: een sterke markt en een sterke overheid. Door de versterking van de onafhankelijkheid van het netbeheer winnen beide middelen aan effectiviteit. Voor een sterke markt is een structurele borging van deze onafhankelijkheid een randvoorwaarde. Deze randvoorwaarde staat op gespannen voet met de belangen van geïntegreerde energiebedrijven. De structurele onafhankelijkheid van het netbeheer wordt met dit wetsvoorstel gerealiseerd doordat netbeheerders niet langer deel mogen uitmaken van een concern waarin ook productie, levering of handel plaatsvinden. Dit heeft tot gevolg dat de geïntegreerde energiebedrijven gesplitst moeten worden in ten minste twee (groepen van) bedrijven. Hierdoor worden voor de producenten, leveranciers of handelaren alle mogelijkheden weggenomen om zichzelf uit de opbrengsten van de netbeheerder, die thans onderdeel uitmaakt van dezelfde groep, te bevoordelen ten opzichte van hun concurrenten. Kruissubsidiëring wordt zodoende volledig uitgesloten.”¹



“De concurrentieverstorende prikkels die volgen uit de integratie in één concern, leiden gemakkelijk tot kruissubsidies, uitwisseling van gegevens, bevoordeling en financiële voordelen. Deze prikkels ondermijnen de transparantie van de Nederlandse energiemarkt en het gelijke speelveld tussen marktpartijen. Het wegnemen van deze verstorende prikkels en het feit dat centrale aansturing niet langer mogelijk zal zijn, zal daarom ook de leveringszekerheid versterken. De netbeheerders kunnen zich na de splitsing geheel concentreren op hun kerntaak en de financiële resultaten uit het netbeheer kunnen niet langer worden aangewend ten behoeve van productie-, leverings- en handelsactiviteiten.”²

“Door deze samenstelling van door de netbeheerder zelf uit te voeren activiteiten, behoudens genoemde uitzonderingen, zal de netbeheerder een vennootschap worden die in staat is de noodzakelijke besluiten te nemen voor de duurzame instandhouding van het net. De netbeheerder kent zijn net en is aanspreekbaar op de verantwoordelijkheid die hij draagt uit hoofde van zijn wettelijke taken.”³

Door doelmatiger transport van elektriciteit over het net uit te besteden aan een marktpartij tegen een vergoeding, vervaagt de grens tussen netbeheer en markt. Het risico op concurrentieverstorende prikkels neemt hierdoor toe. Daarbij komt het ook de transparantie van de markt niet ten goede.

Artikel 24 lid 1 en 3 van de Elektriciteitswet bepalen dat de netbeheerder iedereen die daarom verzoekt een aanbod moet doen om het transport van elektriciteit uit te voeren. Hij moet zich hierbij onthouden van iedere vorm van discriminatie.

¹ Kamerstukken II, 2004-2005, 30212, nr. 3, p. 3

² Kamerstukken II, 2004-2005, 30212, nr. 3, p. 4

³ Kamerstukken II, 2004/05, 30212, nr. 3, p. 17

7.2.1 Tariefafspraken

Leveringstarief

Artikel 95b lid 1 van de Elektriciteitswet bepaalt dat de leverancier verplicht is om tegen redelijke tarieven en voorwaarden elektriciteit te leveren. De tarieven staan ter beoordeling aan de Autoriteit Consument & Markt, die hier een maximum aan kan stellen (art. 95b lid 2 en 3 van de Elektriciteitswet). Artikel 95b bepaalt dat bij of krachtens een algemene maatregel van bestuur nadere regels kunnen worden gesteld inzake het verbruik van elektriciteit voor onder meer:

- de inrichting van energiekostenramingen en facturen;
- de frequentie van facturering;
- en het verstrekken van verbruiksgegevens.

Dit is nader uitgewerkt in het Besluit 'factuur, verbruiks- en indicatief kostenoverzicht energie'. Dit besluit regelt het minimale aantal facturen en verbruiks- en kostenoverzichten die een energieleverancier aan eindafnemers moet verstrekken en waar deze overzichten aan moeten voldoen.

Netwerkkosten

De netwerkkosten worden op dit moment gedekt door de tarieven zoals bepaald in hoofdstuk 3 paragraaf 5 van de Elektriciteitswet 1998. Op grond van artikel 26b van deze wet is de Regeling inzake tariefstructuren en voorwaarden elektriciteit opgesteld. In deze regeling is het beleidskader voor de tariefstructuren en voorwaarden vastgelegd.⁴ In 2008 werd een wetsvoorstel ingediend voor de wijziging van de Elektriciteitswet uit 1998 en de Gaswet. Het doel van dit wetsvoorstel was:

- ervoor te zorgen dat de kleinverbruiker structureel beter kan worden bediend door de energiebedrijven;
- de werking van de elektriciteits- en gasmarkt structureel verbeteren;
- en energiebesparing stimuleren.⁵

In het kader van bovengenoemde wetswijziging is in 2009 het zogenaamde capaciteitstarief geïntroduceerd. Sindsdien is de maximale doorlaatwaarde van de aansluiting van kleinverbruikers leidend voor het berekenen van de transportafhankelijke kosten en niet meer het verbruik van afnemers. De nota van toelichting zegt hierover het volgende:

“De maatregelen beogen de administratieve processen te vereenvoudigen, waardoor de dienstverlening aan deze afnemers kan verbeteren. Een van de voorgenomen maatregelen is de invoering van een capaciteitsafhankelijk transporttarief voor kleinverbruikers. Invoering van dit capaciteitsafhankelijke transporttarief maakt de administratieve processen eenvoudiger, omdat er voor de vaststelling van het transporttarief geen verbruiksgegevens meer nodig zijn. De leverancier kan de verbruiksgegevens zelf vaststellen, zonder afstemming met de netbeheerder. Dit beperkt het berichtenverkeer tussen netbeheerder en leverancier en vermindert de onderlinge afhankelijkheid.”⁶

⁴ *Staatscourant*, 13 januari 2005, nr. 9, p. 11 (Nota van toelichting bij de Regeling inzake tariefstructuren en voorwaarden elektriciteit)

⁵ *Kamerstukken II*, 2007/08, 31 374, nr. 3, p. 2

⁶ *Staatscourant*, 4 juli 2008, nr. 127, pag. 10 (Nota van toelichting bij de Wijziging Vaststelling tariefdragers tarieven transport en levering elektriciteit en Regeling inzake tariefstructuren en voorwaarden elektriciteit)

Artikel 27 van de Elektriciteitswet bepaalt dat de gezamenlijke netbeheerders een voorstel doen voor de tarieven van aansluiting en transport aan de Autoriteit Consument & Markt (ACM) met inachtneming van de Regeling inzake tariefstructuren en voorwaarden elektriciteit. Art. 28 en 29 van de wet regelen waaraan deze tarieven moeten voldoen. Het centrale uitgangspunt voor de transporttarieven, die netbeheerders in rekening mogen brengen, is kostenoriëntatie. Daarmee wordt bedoeld dat de transporttarieven dienen ter dekking van de kosten die netbeheerders moeten maken voor het transport met inachtneming van een redelijk rendement.⁷ Op grond van artikel 36 stelt de ACM vervolgens de tariefstructuren en voorwaarden vast in de Tarievenscode Elektriciteit⁸.

Artikel 29 lid 2 van de Elektriciteitswet bepaalt, dat er voor het transporttarief in beginsel alleen mag worden gedifferentieerd naar spanningsniveau van het net waarop de afnemer is aangesloten. Op grond van artikel 29 lid 4 kwam het Besluit differentiatie tarieven transport elektriciteit tot stand. Artikel 1 van dit besluit bepaalt:

In aanvulling op [artikel 29, tweede lid, van de Elektriciteitswet 1998](#), kan het tarief waarvoor transport van elektriciteit zal worden uitgevoerd, voor de ontvangst en voor het invoeden van elektriciteit verschillen voor verschillende afnemers afhankelijk van:

- a. het transportvermogen waarover een afnemer maximaal kan beschikken;
- b. het tijdsdeel dat een afnemer beschikt over zijn maximale transportvermogen;
- c. de fysieke wijze van aansluiten op een net met een spanningsniveau van ten hoogste 50 kV of de situering van een aansluiting in een net met een spanningsniveau van ten hoogste 50 kV ten opzichte van de transformator die dat net verbindt met een net van hoger spanningsniveau;
- d. het verzorgen van de aan- en uitschakeling van een aansluiting door een netbeheerder.

De nota van toelichting zegt over deze bepaling het volgende:

“Artikel 1, onderdeel b, regelt dat de tarieven verschillen voor afnemers, afhankelijk van het tijdsdeel gedurende welk zij de beschikking hebben over hun maximale transportvermogen. Dit tijdsdeel wordt uitgedrukt in uren per jaar. Afnemers die continu beschikken over het maximale transportvermogen dat zij met hun netbeheerder zijn overeengekomen, veroorzaken immers andere transportkosten dan afnemers die slechts gedurende een beperkt deel van de tijd beschikken over hun maximale transportvermogen.”⁹

Geconcludeerd kan worden, dat er voor de netbeheerder wel degelijk mogelijkheden zijn om onderscheid te maken in zijn tarifiering, ook richting kleinverbruikers. Toch lijkt de huidige wetgeving de invoering van een systeem in de weg te staan. Dit houdt verband met het in paragraaf 3.1.1 beschreven risico op discriminatie. Indien zonder onderscheid een bonus/malus wordt toegepast op momenten van piekbelasting, bestaat immers het risico dat de ene afnemer hierdoor meer wordt getroffen dan de andere. Hij kan hierdoor bijvoorbeeld minder flexibel worden in het verschuiven van zijn vraag naar netcapaciteit.

⁷ Staatsblad, 11 oktober 2011, nr. 439, p. 3 (Nota van toelichting bij het Besluit differentiatie tarieven transport elektriciteit)

⁸ Besluit van de Autoriteit Consument & Markt van 21 april 2016, kenmerk ACM/DE/2016/202153, houdende de vaststelling van de voorwaarden als bedoeld in artikel 27 van de Elektriciteitswet 1998 (Tarievenscode elektriciteit)

⁹ Staatsblad, 11 oktober 2011, nr. 439, p. 4 (Nota van toelichting bij het Besluit differentiatie tarieven transport elektriciteit)

7.2.2 Energiebelasting

Energiebelasting wordt geheven op grond van artikel 48 lid 1 van de Wet belastingen op milieugrondslag. In art. 50 lid 2 van deze wet is de salderingsregeling voor de energiebelasting opgenomen. In artikel 55 onderdeel b staat dat de elektriciteitsbelasting wordt geheven per kWh. Uit artikel 59 lid 1c blijkt dat het tarief bestaat uit een vast bedrag per kWh dat wordt gedifferentieerd naar totaal verbruik (hoe hoger het verbruik, hoe lager de belasting). In verband met de invoering van een regulerende energiebelasting wordt in de memorie van toelichting van de wijziging van de Wet belastingen op milieugrondslag aanvullend het volgende bepaald:

In de eerste plaats beoogt dit wetsvoorstel door het invoeren van een regulerende energiebelasting een financiële prikkel te geven tot energiebesparing. De energiebelasting past daarmee in het, onder meer in het regeerakkoord neergelegde, beleid gericht op het vergroten van de inzet van marktconforme instrumenten en het beter tot uitdrukking brengen van de maatschappelijke kosten van milieubelastende activiteiten. In de tweede plaats past een energiebelasting, evenals de reeds bestaande belastingen op milieugrondslag op brandstoffen, afvalstoffen en grondwateronttrekking, in ons beleid om te komen tot een verschuiving van de belasting- en premiedruk op inkomen uit arbeid naar belastingheffing op milieubezwarende activiteiten.¹⁰

De **conclusie** is dan ook dat bijvoorbeeld dynamische belastingtarieven niet passen binnen het wettelijke vastgelegde vaste tarief per kWh.

7.2.3 Juridisch kader opslag elektriciteit

De markt voor elektriciteitsopslag is nog een prille markt. Er wordt volop geïnvesteerd en geïnnoveerd in opslagtechnieken. Veel technieken zijn nog niet economisch rendabel. De ontwikkelingen rond opslag zorgen er al wel voor dat er een vraag naar opslagdiensten ontstaat, bijvoorbeeld bij regionale netbeheerders. Elektriciteitsopslag kan ervoor zorgen dat op lokaal niveau netverzwaring niet nodig is.

Een welvaartsanalyse van Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) concludeerde het volgende: “Toepassing van deze criteria op de casus energieopslag laat zien dat het geven van een tijdelijke rol aan netbeheerders op het gebied van energieopslag niet voldoet aan de noodzakelijkheidsvereiste. Een technologie-neutrale stimulans van het aanbod van flexibiliteit ligt meer voor de hand dan het stimuleren van de ontwikkeling van een specifieke flexibiliteitsoptie zoals energieopslag. Mochten beleidsmakers stimulering van energieopslag toch wenselijk achten, dan kan worden beargumenteerd dat het bestaan van een coördinatieprobleem resulteert in de noodzaak voor publieke interventie. De karakteristieken van energieopslag wijzen echter niet op een natuurlijk monopolie en daarmee een exclusieve rol voor netbeheerders.”¹¹

De netbeheerder krijgt zijn investeringen in opslag terug via gereguleerde tarieven. Commerciële partijen krijgen dat niet, waardoor investeren in opslag voor marktpartijen duurder en riskanter wordt. Mogelijke gevolgen hiervan zijn dat:

- Commerciële investeringen in opslag achterblijven;
- Belangrijke opslaginnovaties uitblijven;
- En een goede marktwerking niet van de grond komt.

Bovenstaande acht de Autoriteit Consument & Markt (ACM) onwenselijk.

¹⁰ Kamerstukken II, 1994-1995, 24 250, nr. 3

¹¹ Welle, A.J. van der, *Overdracht tijdelijke taken netbeheerders aan commerciële partijen: een beoordelingskader met toepassing op energieopslag*, 6 augustus 2014, ECN Beleidsstudies

7.3 Eindconclusie

In dit project is naar mogelijke oplossingsrichtingen gekeken. Hierdoor konden we vanuit de theoretische analyse en financiële haalbaarheid bekijken of opslag zo rendabeler kan worden gemaakt binnen de markt. Wat blijkt is dat de conclusies van het onderzoek nog steeds in lijn zijn met ECN en de ACM, namelijk de ontwikkeling van opslag overlaten aan de markt.

Conclusies:

- Vanuit het theoretische onderzoek blijkt dat opslag voor de elektriciteitsmarkt voor kleingebruikers en grootverbruikers realiseerbaar zijn binnen de huidige wet- en regelgeving rondom elektriciteit door marktpartijen en dat een netbeheerder opslag alleen mag inzetten om congestie- en spanningskwaliteitsproblemen op te lossen. Echter is het zo dat de financiële haalbaarheid/terugverdientijd ook voor marktpartijen nog steeds in de meeste situaties een bottleneck is.
- Vanuit huidige wet- en regelgeving kunnen we als netbeheerder “goed gedrag” nog niet/onvoldoende op een individueel bedrijf belonen. Bij het aanpassen/herinrichten, nieuwe inrichting van bedrijventerreinen zou de keten gebaat zijn in een maximale uitnutting van het net op basis van een goede balans in vraag en aanbod. Dit voorkomt dat een netbeheerder in de toekomst moet investeren in zijn netwerk. Eventuele netwerkinvesteringen kunnen daardoor worden af- of uitgesteld. Overigens geldt bij vraag en aanbod dat zowel tijd als locatie belangrijk zijn. Bij balans wordt vaak alleen gedacht aan de tijdsdimensie (belangrijk voor TSO), maar voor wat betreft het voorkomen van congestie is ook de balans in locatie van belang (afstemming van vraag en aanbod op tijd en locatie).
- Er is weinig speelruimte mogelijk in/met huidige marktmodel. Als voorbeeld: als je een community hebt gevormd en alle bedrijven doen mee, is het nu niet mogelijk om de community als één klant te zien. Dit omdat elke deelnemer een eigen energieleverancier heeft, etc. De netbeheerder kan geen collectieve contracten afsluiten.
- Kijkend naar de opbouw van de kWh-prijs voor elektriciteit bestaat die voor meer dan 80% uit belastingcomponenten. Voor het aanspreken van flexibiliteit is die zware belastingcomponent erg nadelig. De impact van fluctuerende energieprijzen (die overigens voor kleinverbruikers nog maar zeer beperkt zijn), wordt daarmee bijna volledig tenietgedaan. De netbeheerder heeft nu in feite weinig te bieden. Oplossing zou zijn om de kWh-prijs te koppelen aan waarde: dus hoe meer je duurzaam investeert, des te minder worden de belastingcomponenten. Zie ook het Rapport “Belemmeringen in nettarieven” van de werkgroep “tarieven” van de Overlegtafel Energievoorziening (mei 2018).
- Persoonsgegevens mogen slechts worden verwerkt indien: “de betrokkene voor de verwerking zijn ondubbelzinnige toestemming heeft verleend”. Het zou helpen als bij de inrichting van en bij ontwikkeling van nieuwe bedrijfstreinen, hervorming van bedrijfstreinen, inrichting nieuwe woonwijken, aanpassen van nieuwe woonwijken, etc. meer gedeeld kan en moet worden.



Figuur 7.2 Rapport “Belemmeringen in nettarieven”

8 Praktijkexperiment sturing (n=6)

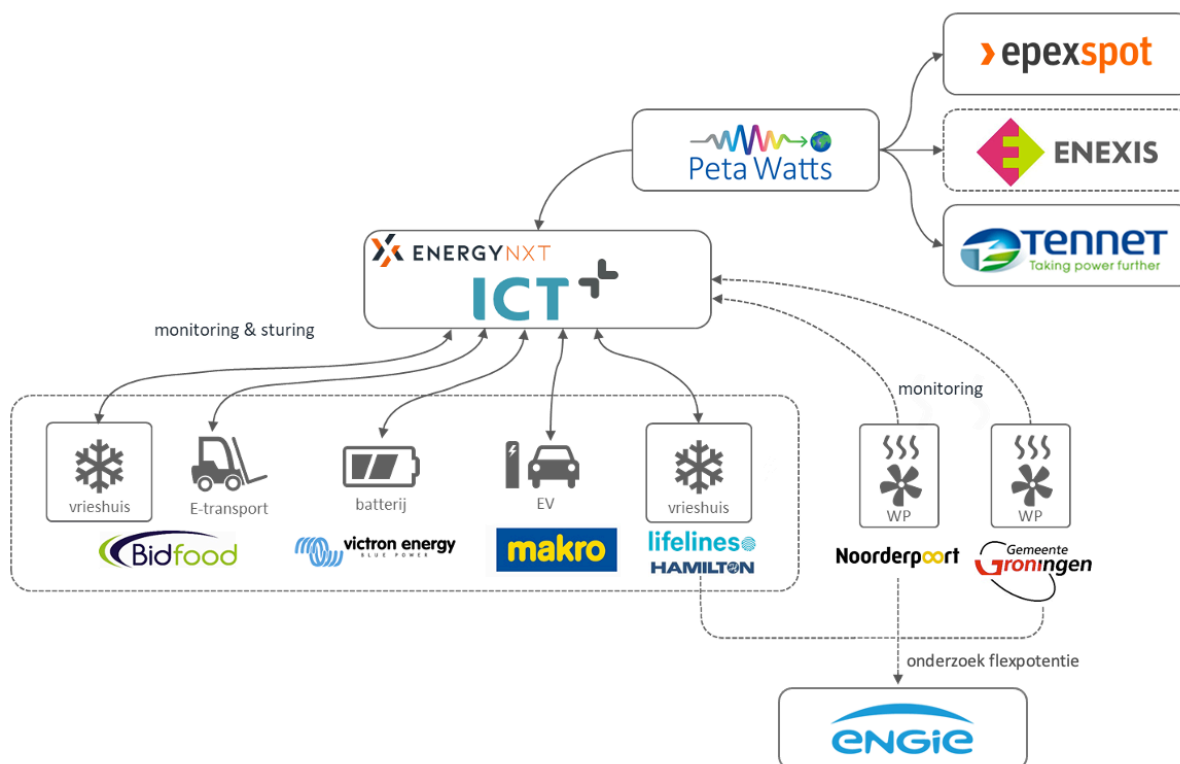
Een belangrijk deel van het project gaat om de ontsluiting van flexibiliteit bij het MKB in de diverse apparaten en processen, in de praktijk te ervaren hoe deze flexibiliteit kan worden aangewend en de waarde te bepalen voor de verschillende ketenpartijen. In deel I van dit rapport is te lezen dat dit een ambitieuze doelstelling was. Daarom hebben we stapsgewijs de scope wat verkleind om te zorgen dat de gewenste flexibiliteitssturing daadwerkelijk plaats kon vinden.

8.1 Inleiding

Er is tijdens de deelnemersselectie specifiek gezocht naar processen en apparaten waarvan aannemelijk was dat ze als flexibiliteitsbron konden dienen. In het algemeen geldt dit voor processen en apparaten waarvan het elektriciteitsprofiel veranderd kan worden zonder dat het primaire doel van het proces en primaire gebruik van het apparaat hier last van ondervindt. O.a. apparaten met batterijen en processen met buffers zijn hiervoor aangewezen kandidaten. Dit heeft geleid tot de volgende selectie voor het praktijkexperiment:

Bedrijf	Asset	Glex	Primair gebruik	Sturing
Makro	Laadplein	Verlagen van laadstroom en/of uitstellen van het laden (smart charging)	Mobiliteit voor EV-rijder	Automatisch via de cloud van een Charge Point Operator
Lifestore	-80°C vrieshuis, 12 cellen	Verlagen/verhogen temperatuursetpoint	Opslag van biomedisch materiaal	Handmatig door de operators van het vrieshuis
Victron	10 kWh Li-Ion batterij	Vrije inzet van de batterij om elektriciteitsprofiel te modificeren	N.v.t. (ter beschikking gesteld voor testen)	Automatisch via de cloud van de fabrikant
Bidfood	Ordertrucks (3x)	Uitsmeren van laadbeurten	Orderpicking in distributiecentrum	Automatisch via een lokale sturingskast
Bidfood	Vrieshuis 3 kamers, -22°C	Verlagen/verhogen temperatuursetpoint	Opslag van levensmiddelen	Automatisch via een lokale sturingskast
Noorderpoort	Warmtepomp	Voorverwarmen/koelen	Ruimteverwarming	Niet gestuurd, handmatige analyse op basis van data van gebouwbeheer - systeem
Gemeente Groningen	Warmtepomp en zonnepanelen	Voorverwarmen/koelen	Ruimteverwarming	Niet gestuurd, handmatige analyse op basis van hoofdmeterdata

Tabel 8.1 Deelnemers praktijkexperiment



Figuur 8.1 Schematisch overzicht praktijkexperiment

In de tabel is ook het primaire gebruik aangegeven, hetgeen in het algemeen leidt tot randvoorwaarden voor de sturing. Deze randvoorwaarden hebben betrekking op:

- Productievoortgang: de productie mag niet verstoord worden.
- Inzet assets: werking moet gegarandeerd blijven, er mogen niet meer storingen optreden dan in de ongestuurde situatie.
- Levensduur assets: mag niet verkorten.
- Comfort van gebruikers: geen of minimale hinder van de sturing.

Met het praktijkexperiment zijn de volgende vragen geadresseerd:

- Het vaststellen van de mate van flexibiliteit die een asset biedt.
- Het karakteriseren van de flexibiliteit:
 - Hoe snel kan de flexibiliteit ingezet worden?
 - Hoe lang kan de flexibiliteit ingezet worden?
 - Wat is het effect van inzet? Hoe lang is bijvoorbeeld de recuperatie na inzet?
- Het berekenen van de opbrengst van inzet voor het deelnemend bedrijf.

Voor de inzet van flexibiliteit is gekozen voor passieve onbalansreductie, omdat hiervoor een concreet verdienmodel is. Deze wordt algemeen toegepast bij grotere assets, zoals WKK's bij tuinders. De infrastructuur hiervoor was voorhanden en de tijdschaal van passieve onbalans ligt op minutenbasis hetgeen goed paste bij de geselecteerde assets. Er is in dit praktijkexperiment niet gekeken naar netcongestie, omdat hier nog geen gangbaar marktmodel is, waarin een deelnemer zijn flexibiliteit kan verkopen aan de netbeheerder. Passieve onbalans is hieronder kort uitgelegd:

Passieve onbalans reductie

Een partij kan gebruikmaken van zijn balansverantwoordelijkheid om de actuele onbalans in het net te verkleinen, door meer of minder af te nemen dan zijn contract. De partij genereert intern een onbalans of afwijking op zijn plan, op zo'n wijze dat het de actuele waarde van de totale systeemonbalans tegenwerkt. Via het afrekenmechanisme voor onbalans krijgt de partij hiervoor betaald.

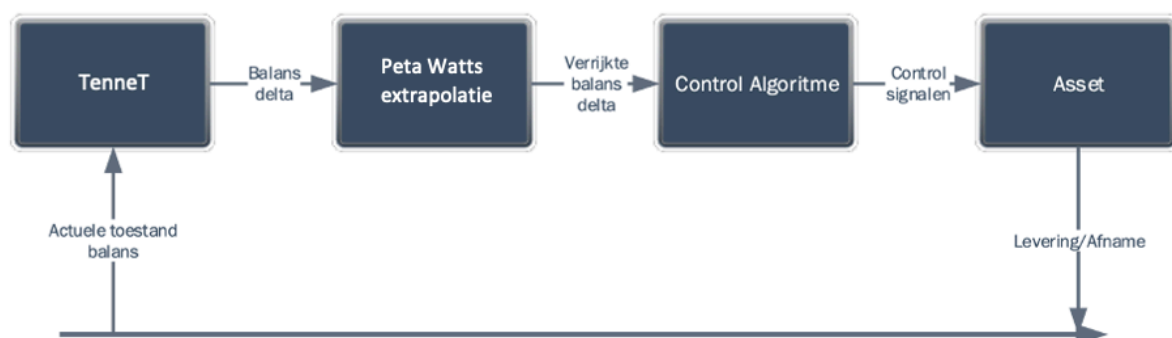
De methode heet 'passief', omdat de flexibiliteit niet actief als balans- of reserveproduct wordt aangeboden aan TenneT. Er wordt gebruik gemaakt van de balansverantwoordelijkheid van de partij. TenneT publiceert de actuele onbalansstoestand en prijzen per minuut met een vertraging van drie minuten in de vorm van de balansdelta. Achteraf wordt op basis hiervan de afrekenprijs per kwartier vastgesteld. Dit is de prijs die partijen betalen of ontvangen wanneer ze onbalans veroorzaken.

N.B. Regelen op de onbalansprijs kent een zeker risico: de onbalansprijs kan gedurende het kwartier snel veranderen en pas teneinde van het kwartier is er een goede indicatie van de daadwerkelijke prijs. In zeldzame gevallen wordt er binnen een kwartier zowel op- als afgeregeld waarbij afwijkingen op de geplande productie/consumptie altijd in het nadeel is.

8.2 Aanpak

Zoals gezegd is binnen het project 'BZO Community-flex' gekozen voor de methode van 'Passieve Onbalans Reductie': de industriële asset wordt ingezet op zo'n manier dat het de actuele onbalans tegenwerkt. Er wordt vanuit gegaan dat de deelnemer balansverantwoordelijk is en dus afgerekend wordt op de onbalans die de deelnemer genereert. Dit was echter in de praktijk bij geen van de lopende leveringscontracten het geval. Er was in de meeste gevallen gewoon sprake van hoog/laag-contract of APX-contract. Om de waarde van flexibiliteit echt te gelde te kunnen maken, was een heronderhandeling van het leveringscontract nodig of een leverancierswissel. Hier is niet voor gekozen. In plaats daarvan zijn de bedrijven gekoppeld aan het handelsplatform van Peta Watts, die virtueel de benodigde elektriciteit inkocht en hierbij rekening hield met schommelingen van de onbalansprijs. De waarde kon zo direct worden doorgerekend als ware de deelnemers klanten van Peta Watts.

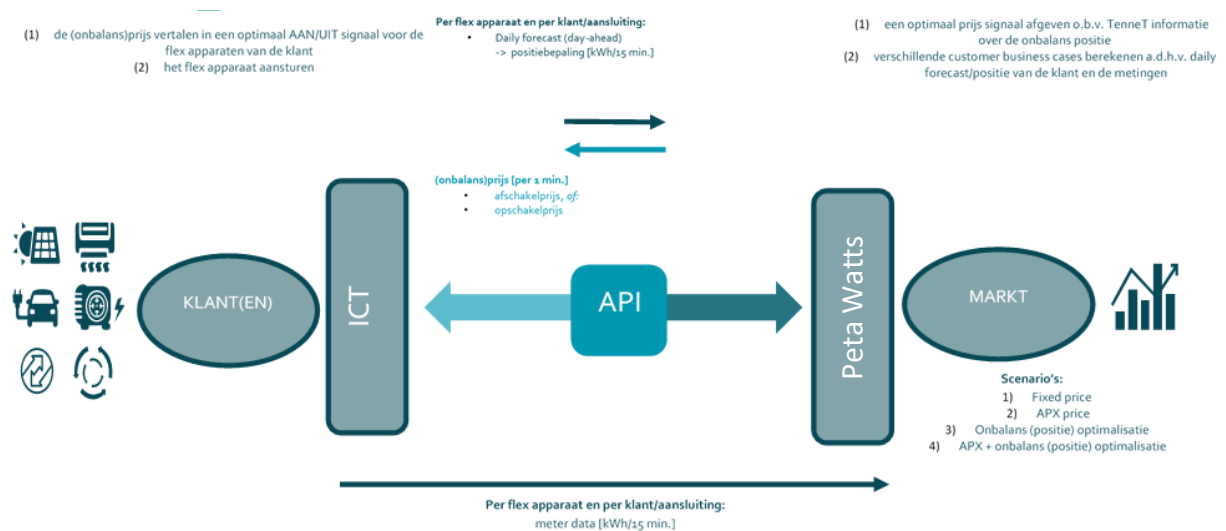
De wijze waarop dit is geïmplementeerd binnen het project is schematisch weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 8.2 Scenario voor passieve onbalans reductie dat is toegepast binnen het project 'BZO Community-flex'

Van TenneT wordt de balansdelta ontvangen. Dit is de actuele toestand in het net van drie minuten geleden. Peta Watts verrijkt deze data door te extrapoleren naar huidig moment. Deze verrijkte data is input voor een control-algoritme. Het algoritme is asset-specifiek en berekent voor betreffende asset wanneer de asset aan- of uitgezet moet worden. De realisatie (levering/afname) wordt geregistreerd.

Om dit te bereiken, moest een koppeling gelegd worden tussen het handelsplatform van Peta Watts en het energyNXT-platform van ICT. Dit is weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 8.3 Implementatie van de prijs- en realisatie-uitwisseling tussen de platformen van ICT en Peta Watts t.b.v. BZO

Peta Watts publiceert via een Application Programming Interface (API) de geëxtrapoleerde prijzen naar het ICT-platform. Op het ICT-platform zijn de industriële assets aangesloten en centraal voorzien van een control-algoritme die de prijs omzet naar een signaal voor de asset, rekening houdend met de randvoorwaarden en de actuele status van de asset. De asset reageert en de realisatie wordt gemeten en verstrekt via de API aan Peta Watts, die de resultaten berekent.

8.3 Resultaten

8.3.1 Resultaten sturing Makro Laadpunten

Inleiding

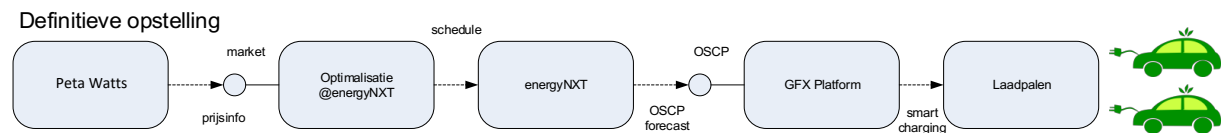
De laadpalen voor elektrische personenauto's (EVs) op de parkeerplaats bij de groothandelscentrum Makro zijn gedurende het project 'BZO Community-flex' onderzocht op geschiktheid als bron voor flexibele energie. De laadpalen kunnen gebruikt worden door klanten tijdens het bezoek aan Makro en door medewerkers. Door de laadstroom die geleverd wordt door deze palen te reduceren wanneer de marktprijs voor elektriciteit hoog is en te maximaliseren wanneer de prijs laag is, kan er bespaard worden op energiekosten, terwijl de gebruiker hiervan weinig hinder ondervindt. Tijdens het onderzoek is een praktijktest gedaan met het aansturen van de laadstroom naar de EVs. De test had als doel:

- Het gedrag van het gebruikte slimladen-protocol te valideren.
- Vast te stellen wat de mogelijke opbrengst is bij slim sturen.
- Vast te stellen wat de consequentie is aangaande de beschikbaarheid van de laadpunten voor de klanten.

Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste resultaten en bevindingen. Het beschrijft de waarde als bron voor flexibele energie en de consequenties van het inzetten van de laadpalen als bron voor flexibele energie.

OSCP als stuur protocol

Tijdens de test is gebruik gemaakt van de bestaande voorziening om de laadstroom te kunnen regelen. Deze voorziening wordt geboden door het *Open Smart Charging Protocol* (OSCP) dat door de laadinfrastructuur wordt geboden. De uiteindelijke situatie tijdens de test wordt weergegeven in volgende figuur:



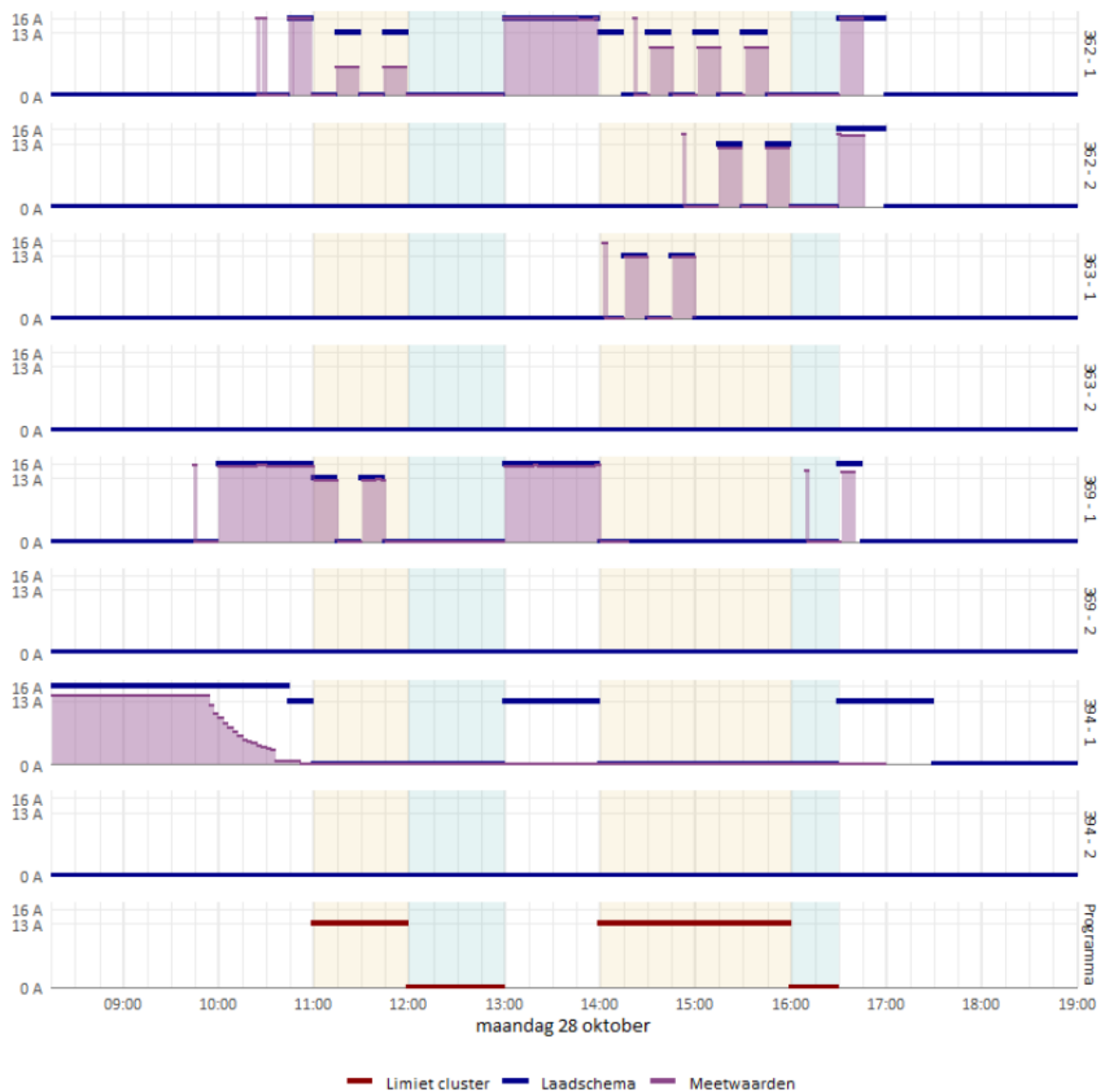
Figuur 8.4 Definitieve opstelling tijdens de test

De laadpalen zijn zoals alle assets tijdens het project ingezet in *passieve onbalans correctie*. Het systeem van Peta Watts levert daarbij een forecast voor de verrekenprijs van TenneT voor onbalans voor *huidig kwartier*. Een optimalisatiesysteem gebruikt deze forecast om te bepalen of *volgend kwartier* de laadstroom beperkt moet worden. De beperking wordt via het energyNXT-platform doorgegeven aan het laadsysteem via de OSCP-interface drie minuten voor aanvang van het volgend kwartier. Dit gebeurt door via OSCP een profiel voor de maximale laadstroom te definiëren. Dit profiel definieert per kwartier de maximale laadstroom voor het cluster van laadpunten. In dit geval bestaat het cluster uit acht laadpunten bij Makro.

In eerste instantie is het gedrag van sturing geanalyseerd. Dit is gedaan door een profiel te definiëren en te updaten. Figuur 8.5 is daarvan een voorbeeld. De rode lijn in het onderste segment is het profiel voor *het cluster*, met drie mogelijke waarden voor de stroom: onbeperkt, beperkt tot 13A (geel gearceerd) en beperkt tot 0A (groen gearceerd). De bovenste acht segmenten corresponderen met de acht laadpunten (sockets). De donkerblauwe lijn geeft daarbij de limiet die het laadsysteem aan het laadpunt heeft opgelegd, bepaald op basis van het profiel. De rode lijn/arcering is de gemeten stroom per laadpunt.

Wanneer er geen beperking is, laden alle aangesloten EVs. Wanneer er een beperking van 0A is, wordt niet geladen. Wanneer de stroom is beperkt tot 13A, dan laden de EVs afwisselend met 13A, waarbij elk kwartier gewisseld wordt (het is niet mogelijk om alle EVs evenredig minder te laten laden, omdat EVs een minimale laadstroom van 13A nodig hebben).

Vastgesteld is dat met het OSCP de laadstroom naar het cluster beperkt kan worden, ook wanneer tussentijds het profiel wordt aangepast. De aanpassing voor een volgend kwartier moet tijdig gebeuren, dat wil zeggen drie minuten voor de kwartierwisseling.



Figuur 8.5 Laadprofielen Makro

Opbrengst

Onderzoek naar de verhouding tussen het reduceren van de energieprijis en de beschikbaarheid van de laadpaal leverde een prijsreductie van **7,7% bij 95% beschikbaarheid**; 12% bij 90% beschikbaarheid en ongeveer 18% bij 80% beschikbaarheid. De *beschikbaarheid* is berekend als de reductie van laadtijd. Hierin is meegenomen dat als een EV al gestopt is met laden en toch wordt afgeschakeld, dit niet leidt tot reductie van laadtijd.

Dit beeld is enigszins vertekend door het feit dat de laadpalen zowel gebruikt worden door enkele *personeelsleden* die langdurig laden (8 uur) als *klanten* die kortdurend laden tijdens hun bezoek aan Makro. De gemiddelde laadduur (klanten + personeel) bedroeg 196 minuten. Klanten laden gemiddeld 110 minuten (1 uur en 50 minuten). Tijdens de meetperiode van 1 juli tot 31 oktober was de beschikbaarheid voor klant laadsessies >83%.

Op basis van de gemeten bezetting op de acht aansluitingen bij Makro had ongeveer **€18,50 per jaar** bespaard kunnen worden. Met verdere optimalisatie van de aanstuurprocedure kan dit verhoogd worden tot **maximaal €80 per jaar**. Dat is dus **€10 per aansluitpunt per jaar**, oftewel een kostenbesparing van **13%**.

Een grotere bezetting van de laadpalen en het aanscherpen van de prijs voor afschakelen (waardoor de beschikbaarheid nog kleiner wordt) kan dit bedrag uiteraard ook verhogen.

Toepasbaarheid OSCP-protocol

Het OSCP-protocol is in eerste instantie bedoeld om congestie op het netwerk te voorkomen. Voor het doel waarvoor het OSCP-protocol gebruikt is (onbalans reductie), kent dit protocol een aantal beperkingen:

- Het laadprofiel wordt gedefinieerd per kwartier, drie minuten voorafgaand aan een kwartier. Tijdens het project zijn de assets ingezet op passieve onbalanscorrectie. Voor dit doel is het effectiever om *gedurende het kwartier* te kunnen bijsturen (op minutenbasis in plaats van kwartierbasis).

Er zijn twee scenario's onderzocht betreffende de voorspelling van de verrekenprijs:

- Gebruik van de voorspelling voor huidig kwartier voor volgend kwartier.
- Gebruik van de TenneT-prijs vier minuten voor de kwartierovergang voor volgend kwartier.

De laatste methode brengt een verbetering van 1,5% ten opzichte van de eerste methode bij gelijke beschikbaarheid.

- Het protocol biedt geen gegevens omtrent hoeveel EVs zijn aangesloten, hoe vol hun batterij is en hoeveel ze stroom ze vragen. Dit betekent dat geen rekening gehouden kan worden met het aantal auto's die laden in het cluster en in feite blind gestuurd moet worden. Wanneer de stroom naar het cluster beperkt wordt tot 13A en er staat één auto, dan kan deze auto continu met 13A laden. Wanneer er acht auto's zijn aangesloten, wordt elke auto maar één kwartier geladen per twee uur met 13A.

8.3.2 Resultaten sturing Lifestore

Inleiding

Lifestore is een deelnemer van het project 'BZO Community-flex' en houdt zich bezig met de langdurige opslag van medische samples van het *Lifelines*-project. Hiervoor heeft Lifestore een voorziening bestaande uit twee BIOS-vriesinstallaties bestaande uit in totaal 12 'vrieskisten' waarin de samples bij een temperatuur van -80°C worden opgeslagen. Vriezers hebben een energieverbruik dat goed te voorspellen is en bieden op eenvoudige wijze een mogelijkheid om extra energie 'op te slaan' door de temperatuur in de opslag te verlagen en 'dieper' te vriezen. De energie komt weer vrij wanneer de temperatuur weer verhoogd wordt naar normaal.

Om te onderzoeken wat de waarde is van deze vrieskisten als bron voor flexibele energie, zijn bij Lifestore twee experimenten uitgevoerd binnen de scope van het BZO-project.



Figuur 8.6 Eén van de twee BiOS-installaties met zes vrieskisten

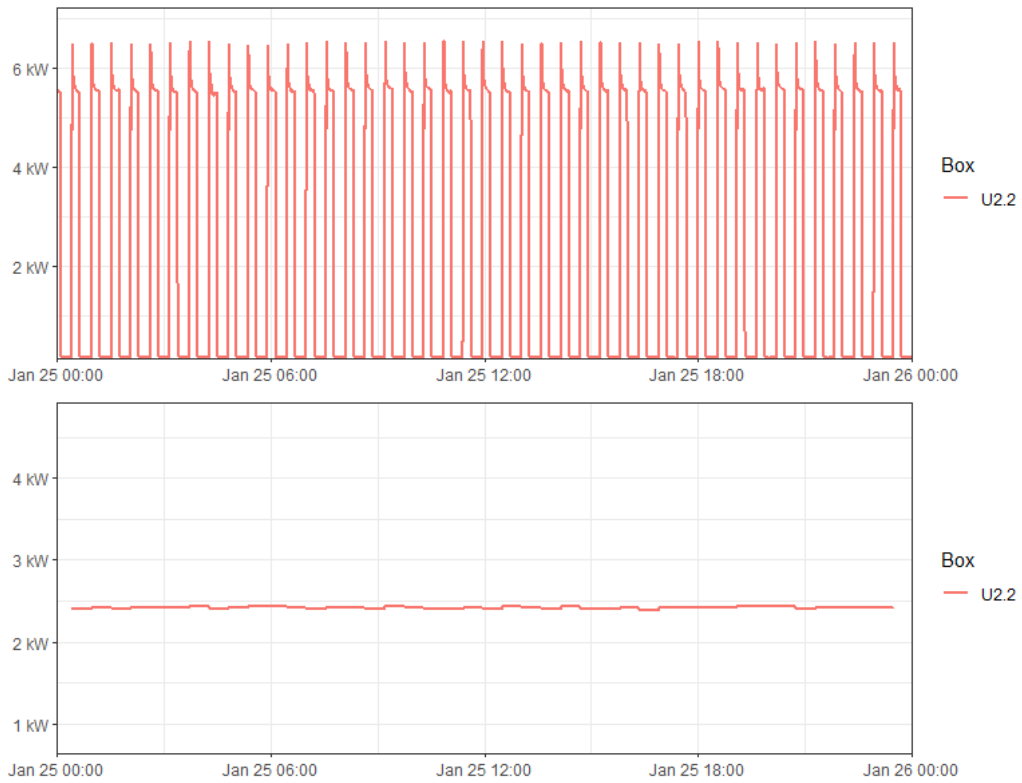
Tijdens het eerste experiment is enkele malen vanuit de normaal situatie het temperatuursetpunt met één graad verhoogd of verlaagd voor alle kisten, gevolgd door een relaxatieperiode van één dag. Het doel was de mate van flexibiliteit en het gedrag van de vriezer te achterhalen.

Tijdens het experiment is het temperatuursetpunt in vier van de twaalf kisten met de hand gewijzigd op basis van de elektriciteitsprijs: het setpunt is verlaagd wanneer de prijs laag was waardoor de vriezers aangingen, het setpunt is verhoogd wanneer de prijs hoog was waardoor de vriezers uitgingen. De vriezers geven we aan met hun identificatie: U1.2, U1.4, U2.2, U2.4. Net als bij de andere assets binnen het BZO-project zijn de vriezers van Lifestore ingezet voor passieve onbalanscorrectie. Gedurende het experiment is het vermogen en energiegebruik van de vier vriezers gemeten met een meetfrequentie van één meting per 10 seconden. Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste bevindingen.

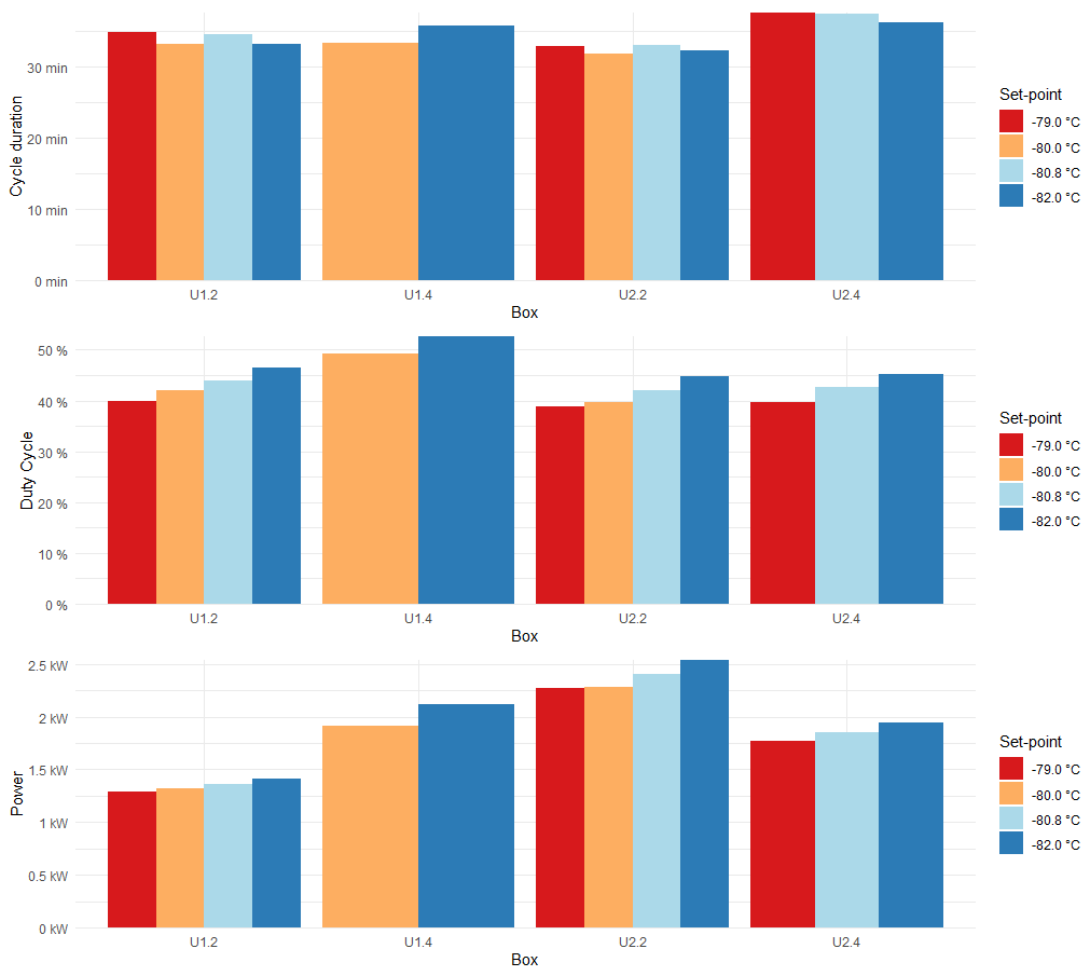
Steady-state gedrag van een vriezer

Allereerst is uitgebreid het steady-state gedrag van de vriezers bestudeerd. Wanneer een vriezer alleen gebruikt wordt om de samples gekoeld te houden, spreken we van steady-state. De vriezer gaat alleen aan om warmteverliezen naar de omgeving te compenseren. De vriezer wordt niet gebruikt voor setpuntverandering, er vindt geen belading of ontlading plaats. Het steady-state gedrag is weergegeven in Figuur 8.7. In de bovenste grafiek is het *gemeten* gevraagd vermogen van één van de vriezers weergegeven. De vriezer gaat periodiek aan. In de onderste grafiek is het gevraagd vermogen *gemiddeld per cyclus* om beter het effectief gevraagd vermogen in beeld te krijgen.

Het steady-state gedrag is voor verschillende setpunttemperaturen en voor alle vier vriezers bekeken. Het resultaat is weergegeven in Figuur 8.8. In de bovenste grafiek is de *gemiddelde cyclusduur* weergegeven voor de vier vriezers, in de middelste grafiek de *duty cycle* (percentage van de cyclus dat de vriezer aan is) en in de onderste grafiek het *gemiddeld gevraagd vermogen*.



Figuur 8.7 Steady-state



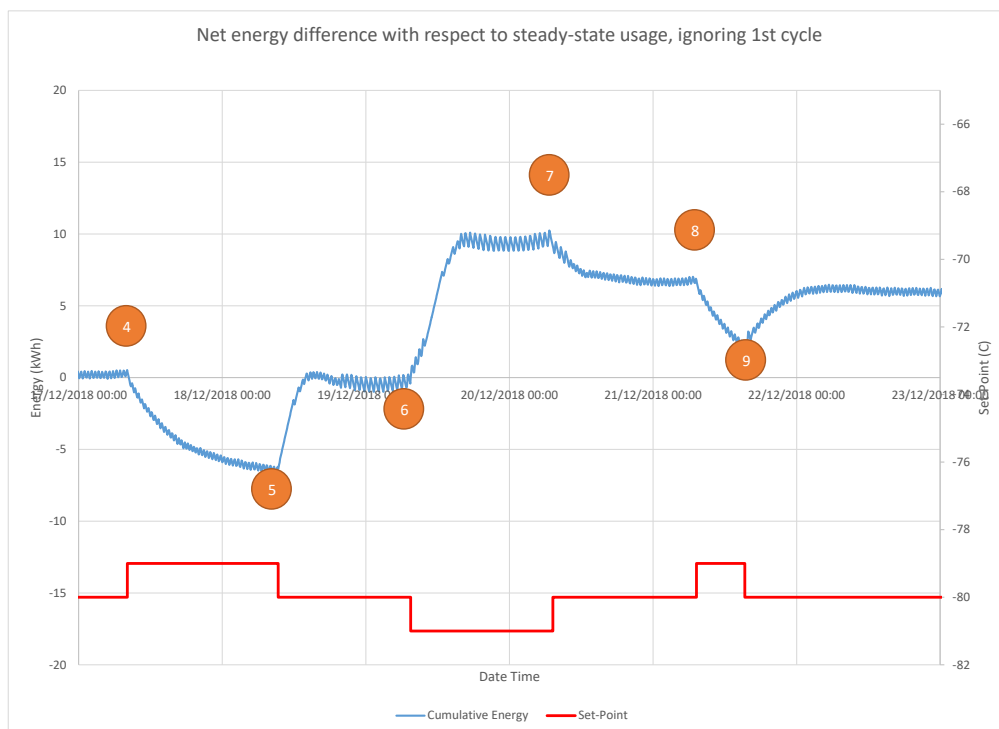
Figuur 8.8 Cyclus duur, duty cycle en gemiddeld gevraagd vermogen

Volgende zaken vallen op:

- Cyclusduur
De cyclusduur varieert weinig tussen de vriezers. Ook lijkt er geen correlatie met de setpunttemperatuur.
- Duty cycle
De duty cycle varieert tussen de vriezers. Met name U1.4 lijkt een iets hogere duty cycle te hebben. De duty cycle neemt toe met afnemend temperatuursetpunt. Dit is logisch, omdat de warmteverliezen toenemen. Het geleverd vermogen van de vriesinstallatie wanneer deze aan is, mag constant worden verondersteld. Dan kan alleen meer gekoeld worden door de duty cycle te verhogen.
- Gemiddeld gevraagd vermogen
Het gemiddeld gevraagd vermogen varieert erg tussen de vriezers onderling. U2.2 gebruikt zo'n 80% meer vermogen dan U1.2. Nadere analyse wijst uit dat dit hoogstwaarschijnlijk te wijten is aan verschil in efficiency η tussen de vriesinstallaties en niet zozeer tussen verschil in warmteverlies tussen de kisten. We hebben becijferd dat wanneer alle vrieskisten de efficiency van U1.2 zouden hebben, dit een kostenreductie oplevert van ordegrrootte €2.500 per jaar voor alle 12 kisten. Het gemiddeld gevraagd vermogen neemt toe met afname van het setpunt. Dit is logisch, omdat we uit de fysica weten dat warmteverliezen lineair toenemen met het temperatuurverschil met de omgeving.

Mate van flexibiliteit

Met het *eerste experiment* is de mate van flexibiliteit gemeten en de snelheid waarmee dit kan worden vrijgemaakt. Figuur 8.9 toont de cumulatieve energie opgenomen door de vriesinstallatie van één kist ten opzichte van de steady-state situatie. De onderste lijn toont het setpunt.



Figuur 8.9 Gemiddelde opgenomen energie t.o.v. steady-state (boven) en temperatuursetpunt (onder)

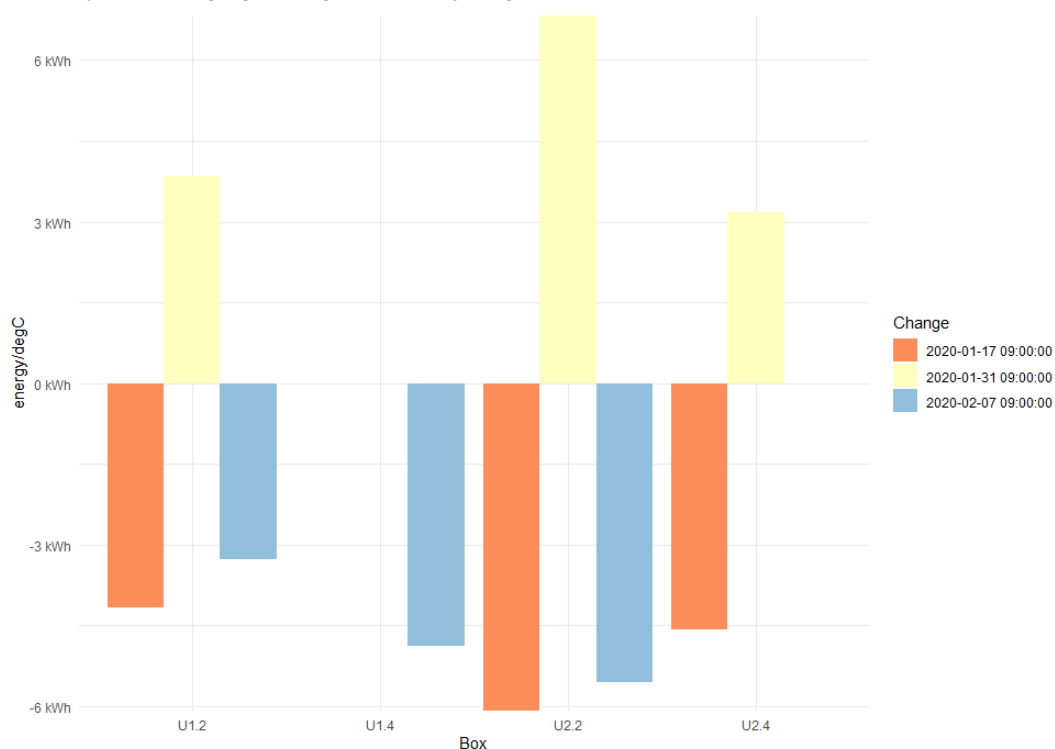
	Set-Point change	Energy usage (kWh)	Duration	Heat up/Cool down rate (°C/h)	Remark
4	Verlaging	-6,5	>25 uur	<0,04	Steady-state lijkt nog niet bereikt
5	Verhoging	+6,5	6 uur	-0,16	
6	Verhoging	+9,5	9 uur	-0,11	Beide compressor circuits actief
7	Verlaging	-3,0	14 uur	0,07	Beide compressor circuits actief
8	Verlaging	-4,7	-	-	Vanwege de korte tijd tussen 8 en 9 wordt de steady-state niet bereikt. Wellicht vergelijkbaar met 4
9	Verhoging	+4,3	14 uur	-0,07	Vanwege de korte tijd tussen 8 en 9 wordt de steady-state niet bereikt. Wellicht vergelijkbaar met 5

Tabel 8.2 Gemiddelde opgenomen energie t.o.v. steady-state (boven) en temperatuur setpunt (onder)

- Onder normale omstandigheden (één compressor circuit actief 4-5) is de hoeveelheid flexibiliteit 6.5 kWh/°C. Afkoelen neemt 6-14 uur, opwarmen duurt significant langer.
- Er zijn verschillen in de hoeveelheid extra opgenomen/afgestane energie wanneer we het setpunt verlagen/verhogen: de hoeveelheid 4 en 5 zijn gelijk. Dit geldt ook voor 8 en 9. Echter bij 6 en 7 zijn de hoeveelheden behoorlijk verschillend. De reden is onbekend.

Extra verlies door sturing

Een vraag is of alle energie die wordt opgeslagen in de vriezer bij verlaging van het setpunt, ook weer vrijkomt bij verhoging van het setpunt. Hiertoe hebben we voor een aantal setpuntverhogingen en -verlagingen die gevolgd werden door een steady-state periode de energie per graad Celsius-verandering proberen vast te stellen (bij het eerste experiment is 6.5 kWh/°C gevonden). Dit is weergegeven in Figuur 8.10. In deze grafiek staat de extra cumulatieve energie die gebruikt is per graad Celsius-setpuntwijziging. Positieve waarden hebben betrekking op een setpundaling (extra energieverbruik), negatieve waarden op een setpuntverhoging (energie komt vrij, negatief verbruik dus).



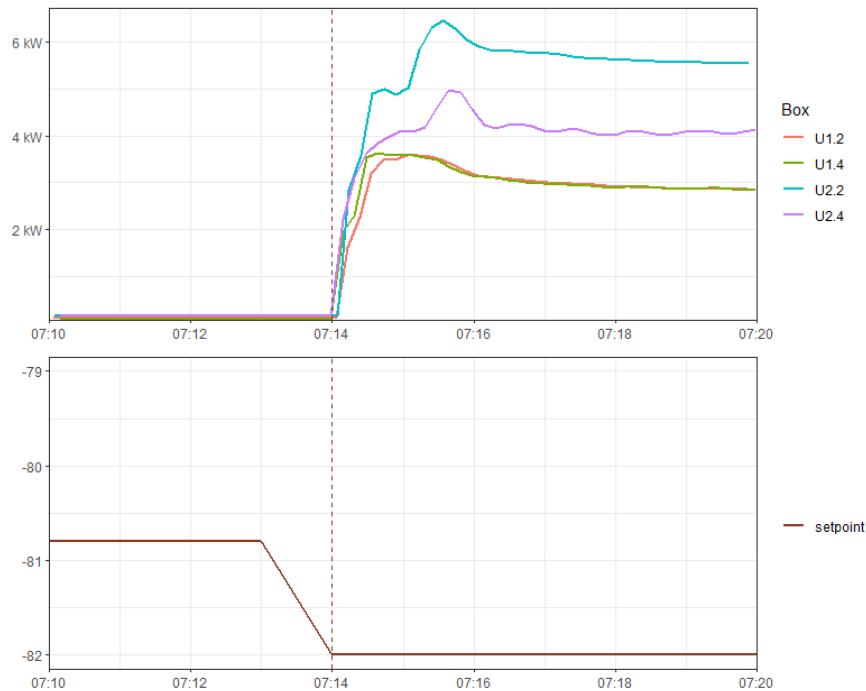
Figuur 8.10 Extra energiegebruik per graad Celsius setpuntwijziging

Te zien is dat spreiding in waarden te groot is om een gedegen uitspraak te kunnen doen omtrent eventuele verliezen. Er zijn ogenschijnlijk meerdere factoren van invloed. Dit is niet verder onderzocht.

Effect van sturing

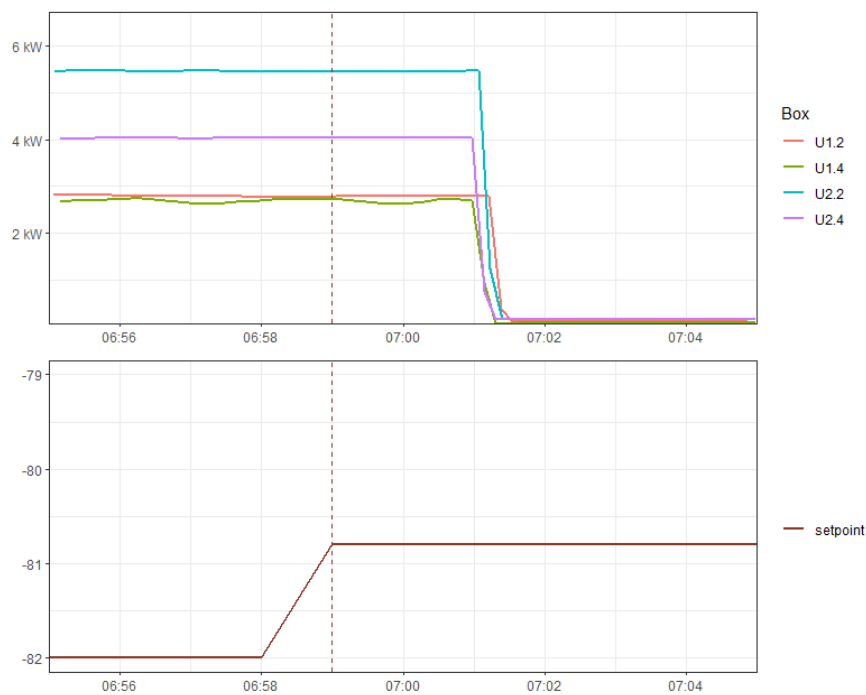
Response van de vriesinstallaties

De response op aanpassing van de *setpuntverlaging* (Figuur 8. 8.11) is goed. Binnen 10 seconden is er response en schakelen de vriesinstallaties aan.



Figuur 8.11 Response op setpuntverlaging

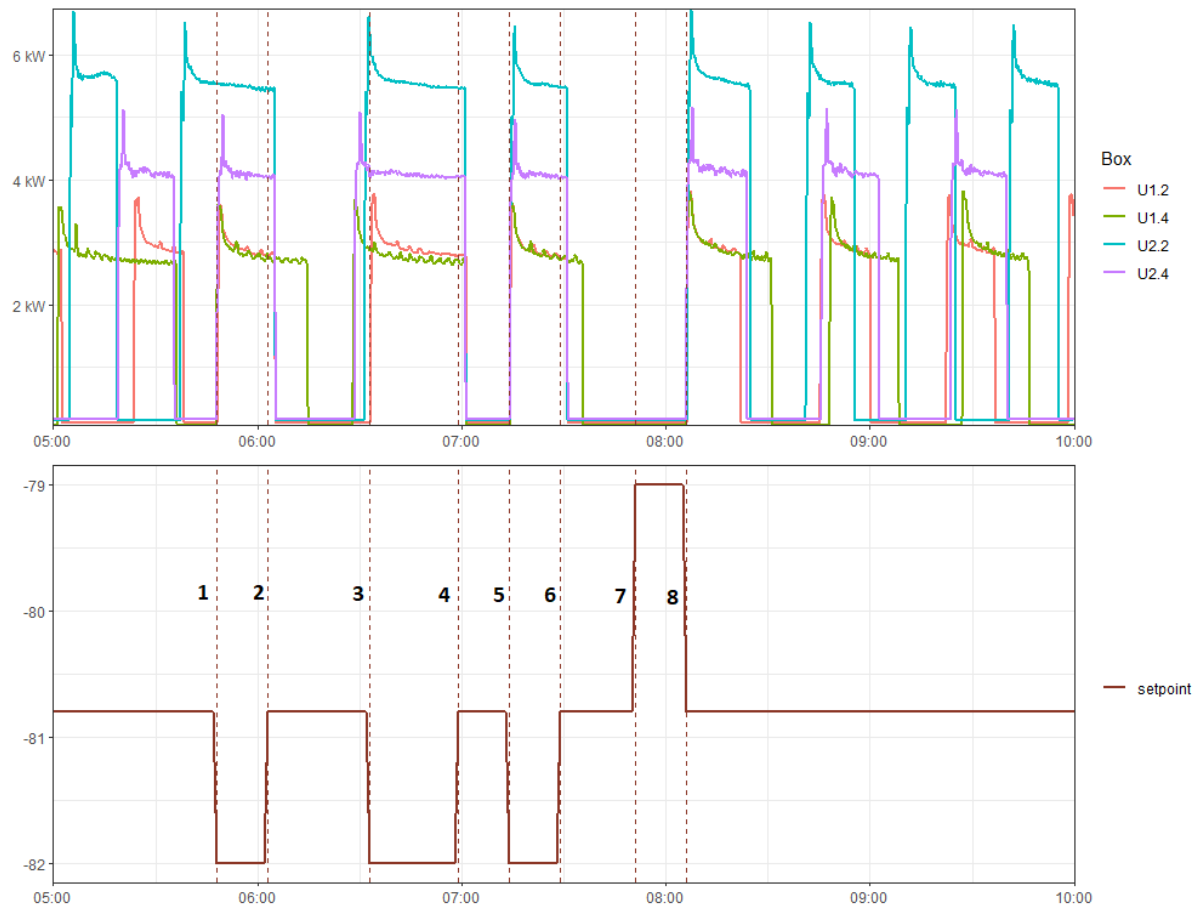
Bij een *setpuntverhoging* is er een delay in response van ca. twee minuten. Dit is weergegeven in Figuur 8.12. Het duurt enige tijd voor de vriesinstallaties afschakelen.



Figuur 8.12 Response bij setpuntverhoging

Sturing op basis van marktprijzen

Er zijn een viertal historische marktdagen geselecteerd met de uiteindelijke verrekenprijzen van TenneT voor onbalans. Voor deze marktdagen was de real-time voorspelling van deze verrekenprijs door Peta Watts voor elke minuut bekend. Op basis van deze voorspelde verrekenprijs is bepaald op welke momenten het temperatuursetpunt moet worden aangepast. Dit is vastgelegd in een schema/tijdtabel. Dit schema is handmatig gerealiseerd door op een aantal meetdagen op de tijdstippen volgens het schema het setpunt op de controllers van de vriezers aan te passen. In Figuur 8.13 is een deel van zo'n schema (onderste grafiek) en het effect op het gevraagd vermogen (bovenste grafiek) weergegeven.



Figuur 8.13 Temperatuursetpunt schema (onder) en resulterend gevraagd vermogen (boven)

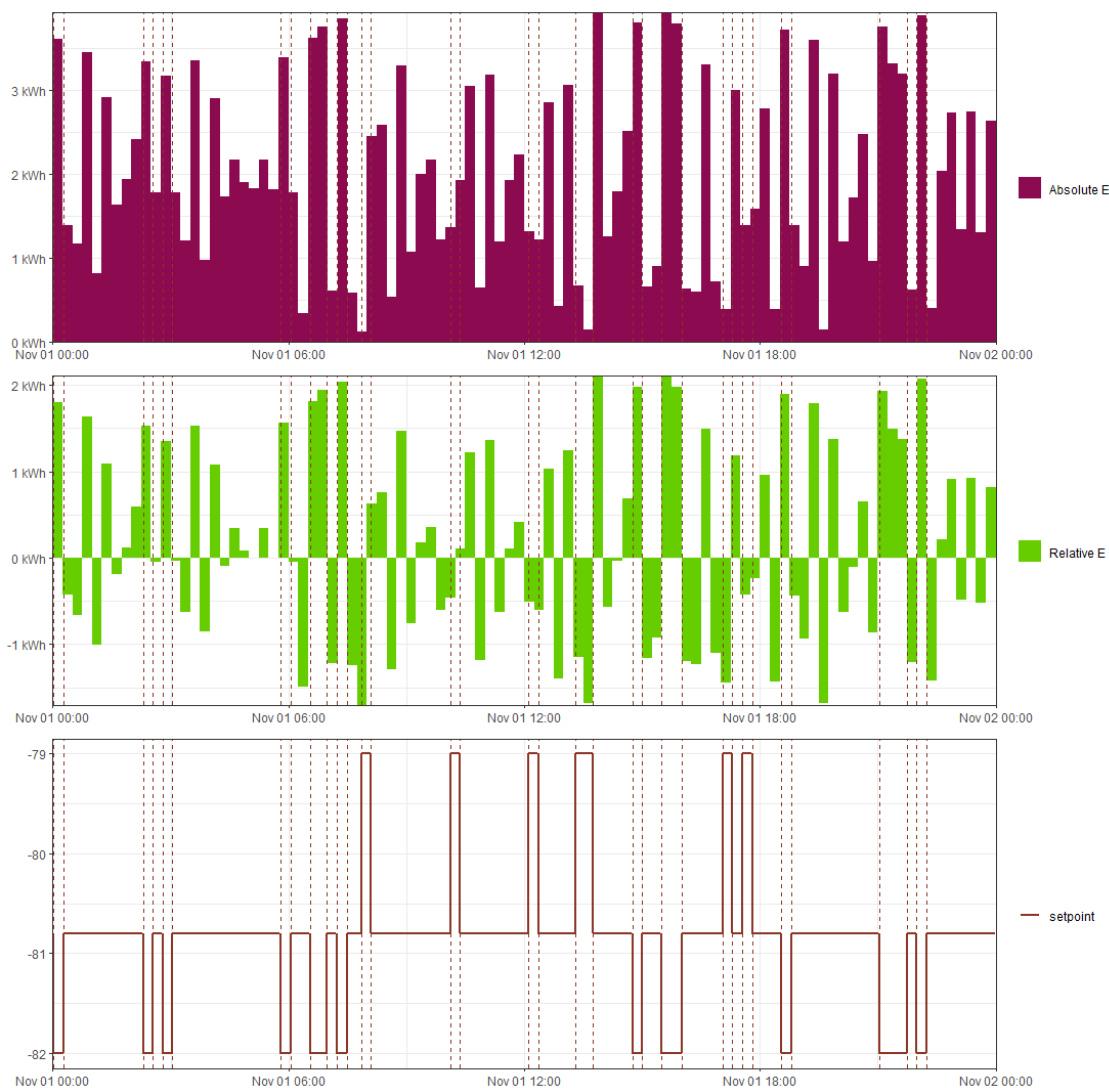
We zien:

- Voorafgaand aan de eerste setpuntaanpassing is er weinig correlatie tussen de vriesinstallaties onderling.
- Na een setpuntwijziging 'synchroniseren' de vriesinstallaties en deze synchronisatie werkt nog enige tijd door. Het resultaat hiervan is dat na de 6^e setpuntwissel de vriezers nog enige tijd uitblijven. De 7^e setpuntwissel heeft daardoor geen netto-effect: de vriezers blijven uit.

Opbrengst

De opbrengst wordt bepaald door ervanuit te gaan dat het gemiddeld verbruik van de vriezers per PTU regulier wordt ingekocht. We gaan ervanuit dat de APX-prijs betaald wordt. Voor de afwijkingen van gemiddeld wordt de afrekenprijs voor onbalans betaald. Wordt er meer gebruikt, dan wordt de prijs voor afregelen betaald. Wordt er minder gebruikt, dan wordt de afrekenprijs voor opregelen ontvangen.

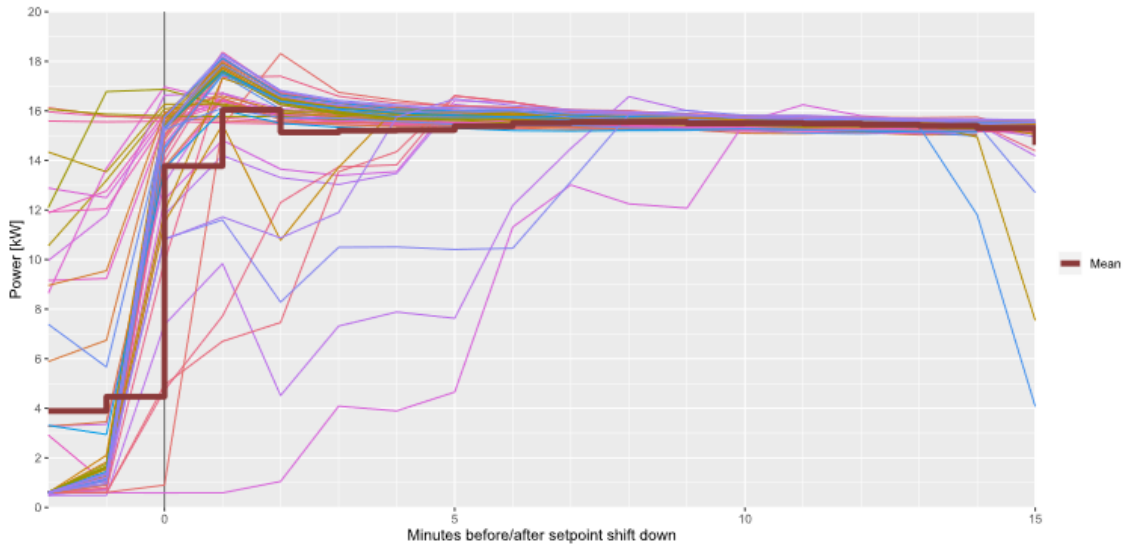
Het principe is weergegeven in Figuur 8.14. De onderste grafiek toont het temperatuursetpunt. De bovenste grafiek toont het resulterende verbruik. In de middelste grafiek is het verbruik weergegeven ten opzichte van het gemiddeld steady-state verbruik dat is ingekocht: deze grafiek toont dus de onbalans.



Figuur 8.14 Energieverbruik per PTU van de vier vriesinstallaties; de bovenste grafiek toont het verbruik zoals gemeten, de middelste grafiek de afwijking ten opzichte van gemiddeld en de onderste grafiek het temperatuursetpunt

De opbrengst door sturing is bepaald voor de vier vriesinstallaties op basis van de gebruikte marktdagen en bedraagt $\text{€}4,3 \pm 1,1$. Dit mag echter niet naar een jaar worden geëxtrapoleerd, daar we niet weten hoe representatief de gekozen marktdagen zijn voor het hele jaar. Daarom is op basis van de metingen een model gemaakt. Het model voorspelt op basis van setpuntwijzigingen het gevraagde vermogen van de vier vriesinstallaties. Dit is gedaan door van alle setpuntwijzigingen de gemiddelde response in de tijd te nemen. Dit is weergegeven in Figuur 8. 8.15. De donkerrode lijn is de gemiddelde response op een setpuntverlaging. Voor de tussenliggende periodes is het gemiddeld gevraagd vermogen aangenomen.

Op basis van dit model is voor een marktperiode van ca. 120 dagen de opbrengst bepaald. Geëxtrapoleerd naar 12 vriesinstallaties levert dat een **opbrengst van €1.419 per jaar**, oftewel een **kostenreductie van 18%**. De kostenreductie kan vergroot worden naar **23%**, indien de delay in afschakelen van de vriesinstallatie van twee minuten na een setpuntverhoging wordt gereduceerd. We gaan er bij de kostenreductie vanuit dat de totale benodigde hoeveelheid elektrische energie wordt ingekocht tegen de APX-prijs.



Figuur 8.15 Gemodelleerd gedrag van de vier vriesinstallaties op een temperatuursetpuntverlaging

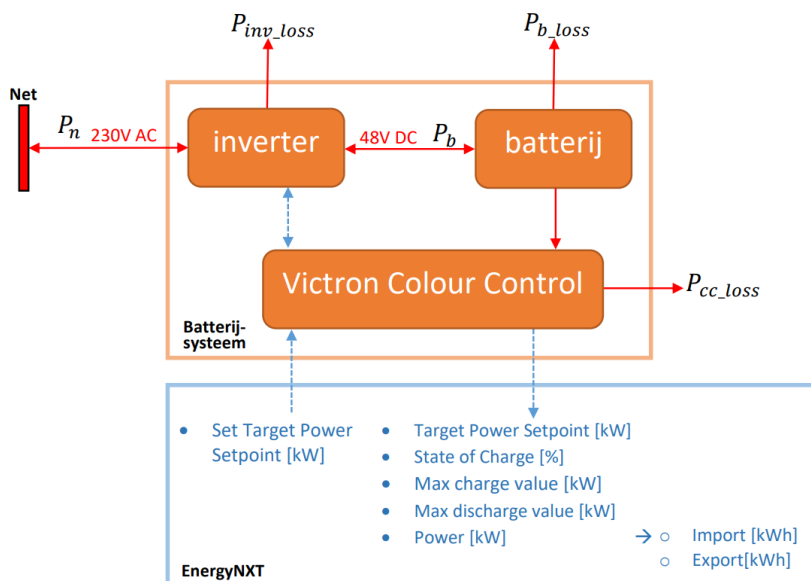
8.3.3 Resultaten sturing Victron batterij

Inleiding

Eén van de assets die gebruikt is in het BZO-project, is een batterij die beschikbaar is gesteld door Victron Energy, één van de deelnemers aan het project. Victron Energy is een leverancier van powerconversie-apparatuur en batterijen. De batterij was een Lithium-ion batterij van het type LG-Chem en is onderzocht inclusief de omvormer en batterij-control-unit. In een eerste onderzoek is het batterijsysteem onderzocht op eigenschappen. In een tweede onderzoek is de batterij ingezet als bron van flexibele energie. Dit hoofdstuk vat de onderzoeken samen.

Onderzoek batterijeigenschappen en randvoorwaarden

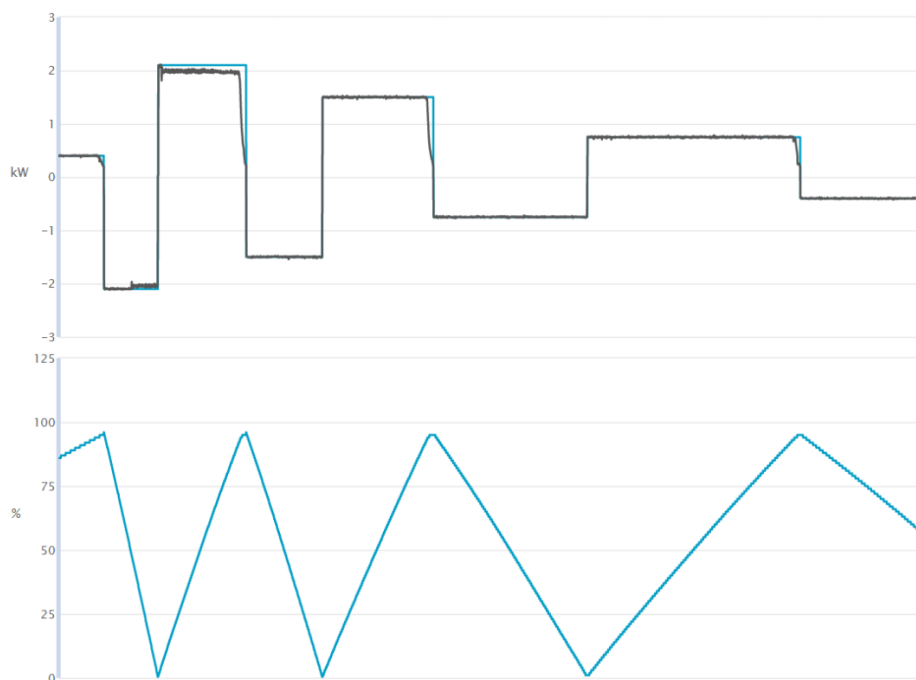
Het deelonderzoek was gericht op het verzamelen van informatie over de batterij: wat is de effectieve capaciteit, het rendement, het laadgedrag en wat zijn de randvoorwaarden voor het inzetten de batterij als flexibiliteitsbron? En wat heeft de manier van gebruik hier voor invloed op? Ook is gekeken naar hoe het gebruik van de batterij invloed heeft op de levensduur, zodat de afschrijving van de batterij meegenomen kan worden in de berekening hoe optimale winst te behalen valt.



Figuur 8.16 Schematische weergave van het batterijsysteem

De batterij is van het type LG Chem RESU10 kWh 48V lithium-ion, de inverter Victron Energy, MultiPlus Inverter/Charger. De Victron Colour Control unit voorziet in de meetgegevens en maakt sturing mogelijk.

Tijdens het onderzoek zijn verschillende laad- en ontladcycli doorlopen met verschillende snelheden. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 8. 8.17. Om te bepalen of de batterij leeg is, is het moment genomen dat het ontladvermogen naar 0 gaat. Om te bepalen of de batterij vol is, is het moment genomen dat de laadstroom onder de 200W komt.



Figuur 8.17 Laad- en ontladcycli

De hoeveelheid geladen en ontladen energie zijn bepaald. Hieruit is vastgesteld wat het rendement is, dat wil zeggen: welk deel van de energie die in het batterijsysteem is gegaan, er weer uit is gekomen. Dit leverde het volgende resultaat:

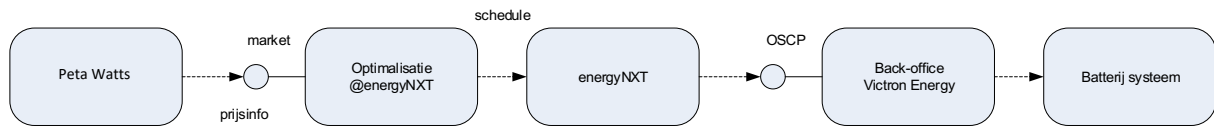
Target [kW]	Rendement
0,4	68,6 ± 2,8 %
0,75	73,0 ± 0,5 %
1,5	71,2 ± 1,3 %
2,1	66,3 ± 2,8 %

De specificatie vermeldt het hoogste rendement van de inverter tijdens het laden 95,5% bij 0,4 kW. De batterij heeft volgens de specificatie een laden-ontladen rendement van 95%. Nemen we voor de inverter aan dat ontladen hetzelfde rendement heeft als laden, dan verwachten dat het hoogste rendement van het systeem 86,7% is bij 0,4 kW. De metingen vinden een hoogste rendement van **73% bij 0,75 kW**, hetgeen lager is dan de specificatie. De oorzaak is onduidelijk. De inverter heeft een lager rendement dan gespecificeerd of de batterij of beide. Bij genoemd vermogen is van de 9,159 kWh die geladen is 6,689 kWh teruggeleverd tijdens het ontladen.

Op basis van de metingen is het **eigenverbruik ingeschat op 35W**. Dit is het verbruik van het systeem als er niet geladen of ontladen wordt. Het gespecificeerd eigenverbruik is 11W voor de inverter en 3W voor de batterij.

De batterijcapaciteit is afgeschat op basis van de metingen. Daar waar alleen vermogens en energie alleen beschikbaar waren voor het hele systeem en niet alleen voor de batterij, is de capaciteit bepaald voor diverse waarden van de efficiency van de batterij (85-95%). De **batterijcapaciteit is afgeschat op 7,2 kWh tot 7,7 kWh**. De theoretische capaciteit is 10 kWh, waarbij de leverancier specificeert dat 8,8 kWh effectief gebruikt kan worden. We vinden dus een lagere waarde.

Gesimuleerde resultaten van sturing



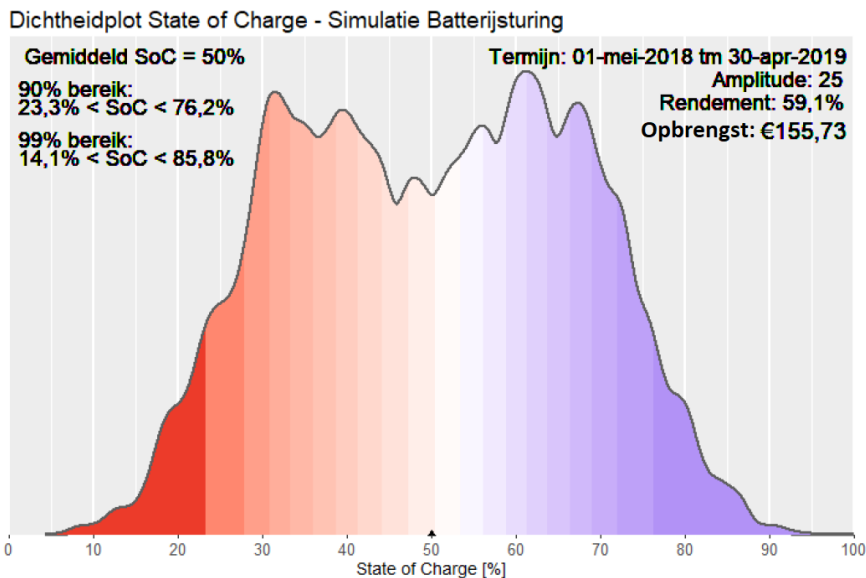
Figuur 8.18 Gerealiseerde opstelling

Bovenstaande is de opstelling die gerealiseerd is binnen het BZO-project. Het batterijsysteem is beschikbaar gesteld door Victron en is de LZ Chem Resu10 batterij. De batterij is ingezet op passieve onbalanssturing. Het scenario is dat de batterij niet gebruikt wordt, tenzij de verwachte onbalansverrekenprijs voor opregelen/ontladen hoog is of die voor afregelen/laden laag is. Voor de realisatie zijn de prijsvoorspellingen van Peta Watts gebruikt.

Voor de totstandkoming van het optimalisatie-algoritme is een simulatie over de periode van één jaar uitgevoerd waarin het algoritme is getest. Kenmerken van het algoritme zijn

1. Het algoritme laat de batterij ontladen indien de verwachte verrekenprijs voor opregelen hoog is.
2. Het algoritme laat de batterij laden indien de verwachte verrekenprijs voor afregelen laag is.
3. Het algoritme houdt een lopend gemiddelde bij van de verrekenprijzen bij, om te voorkomen dat de batterij langdurig vol of leeg is wanneer de prijzen langdurig laag of hoog zijn. De limieten voor laden of ontladen zijn ten opzichte van dit gemiddelde. De State-of-Charge (SoC) wordt op deze wijze gemiddeld op 50% gehouden.
4. Het algoritme kent een 'amplitude', dat wil zeggen het deel van het SoC-bereik dat gebruikt wordt. Hoe groter de amplitude, hoe verder de batterij geladen en ontladen wordt, hoe sneller de batterij veroudert.
5. Het model houdt rekening met het rendement van de conversie (70% voor laden/ontladen) en de zelfontladingsverliezen zoals gevonden tijdens het onderzoek naar de batterij-eigenschappen.

Voor de simulatie is de TenneT balansdelta-data gebruikt, met een vertraging van drie minuten, omdat voor de hele periode er onvoldoende data van Peta Watts beschikbaar was. De periode was 1 mei 2018 tot 30 april 2019. Het resultaat is weergegeven in een dichtheidsplot voor de SoC.



Figuur 8.19 Dichtheidsplot voor de State-of-Charge voor een amplitude van 25%

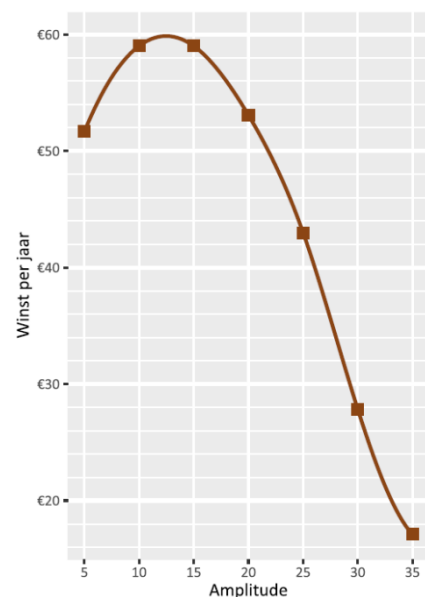
De gemiddelde SoC komt uit op 50%, wat aangeeft dat de voorziening werkt die voorkomt dat de SoC hoog of laag wordt, indien onbalansprijzen langdurig hoog of laag zijn. Gedurende 90% van de tijd bevindt de SoC waarde zich tussen de 23,3% en de 76,2%, een bereik van 52,9%. Bij een amplitude van 25% (dus een verwacht bereik van 50%) zien we dus dat gedurende een klein deel van de tijd de SoC buiten het verwachte bereik valt.

De opbrengst is in dit geval €155. Uitgaande van een kostprijs van €5.000 euro is de batterij pas terugverdiend na 32 jaar, dus pas na lange periode.

Om te bepalen of er uit de opbrengst ook winst te behalen is, moet er rekening gehouden worden met de afschrijving van de batterij. De afschrijving hangt af van het aantal laadcycli. Hierbij is het totaal aantal laadcycli dat de batterij kan uitvoeren erg afhankelijk van de diepte van een laadcyclus. Voor een voorbeeldberekening worden twee waarden gebruikt die gevonden zijn in de literatuur:

- 6.000 laadcycli bij 90% laaddiepte
- 11.800 laadcycli bij 70% laaddiepte

Met de schatting van de afschrijving van de batterij door gebruik, wordt de grootste winst verwacht bij een kleine laadhoogte/ontlaaddiepte. Dit geeft een winst van ongeveer €60 per jaar inclusief afschrijving.



Figuur 8.20 Winst als functie van de amplitude

De vraag is in hoeverre de aannames, die gedaan zijn, correct zijn. Wel duidelijk is dat de winst minimaal is. Gezien de geringe winst en onzekerheid in de afschrijving is de toepassing van de batterij voor passieve onbalanscorrectie discutabel. Dit ligt anders als de batterij primair gebruikt wordt voor een ander doel (piek reductie, UPS, ...). Dan is extra winst te behalen via dit mechanisme (zgn. value stacking).

8.3.4 Resultaten sturing Bidfood ordertruck

Inleiding

Bidfood is leverancier voor de horeca en levert dagelijks voedingsmiddelen. De vestiging van Bidfood op bedrijventerrein Zuidoost heeft koelhuis met voorraden. Dagelijks worden orders gepickt voor de expeditie. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van elektrische ordertrucks.



Figuur 8.214 Ordertrucks

Tijdens het project is het laden van deze ordertrucks gestuurd. De ordertrucks worden gedurende een bepaalde tijdsperiode per dag gebruikt. Het resterend deel van de dag staan de trucks aan de lader. Deze laadperiode is gebruikt om de trucks te laden op basis van de verwachte prijs voor onbalans. Wanneer verwacht wordt dat elektriciteitsprijs laag is, wordt er geladen. Wanneer een hoge prijs verwacht wordt, wordt het laden onderbroken.

Normaal gesproken zijn de laadstations niet stuurbaar. Daarom is in overleg met de leverancier van de laadstations, Hoppecke, een voorziening getroffen om het laden te kunnen onderbreken. Hiervoor is de kabel tussen lader en truck gemodificeerd en remote meet- en schakelbaar gemaakt middels een controller die verbinding had met het energyNXT-platform van ICT.



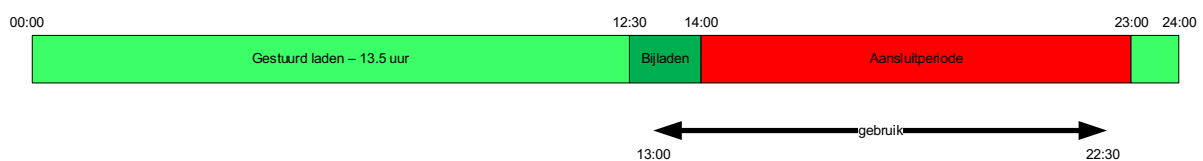
Figuur 8.22 Voorziening naast het laadstation om de laadstroom te onderbreken

Randvoorwaarden

Vol voor gebruik

De belangrijkste randvoorwaarde is dat de ordertruck een volle accu moet hebben op het moment dat deze nodig is. Als voorbeeld is hieronder het dagschema weergegeven voor ordertruck 37. Bidfood heeft aangegeven dat deze ordertruck tussen 13:00 uur en 22:30 uur wordt gebruikt. De laadperiode is daarom ingesteld op 23:00 uur tot 12:30 uur (lichtgroen). Binnen deze periode kan het laden gestuurd worden. De periode van 14:00 uur tot 23:00 uur is de aansluitperiode (rood). Wanneer de truck na gebruik weer aan de lader wordt aangesloten, wordt *niet* geladen. Tussen beide periodes is een korte tussen periode van 12:30-14:00 uur waarin de truck vol wordt verondersteld en alleen druppelladen plaatsvindt totdat de truck wordt losgenomen voor gebruik.

Unit 37: wordt gebruikt 13:00 – 22:30



Figuur 8.23 Voorbeeld dagschema ordertruck 37

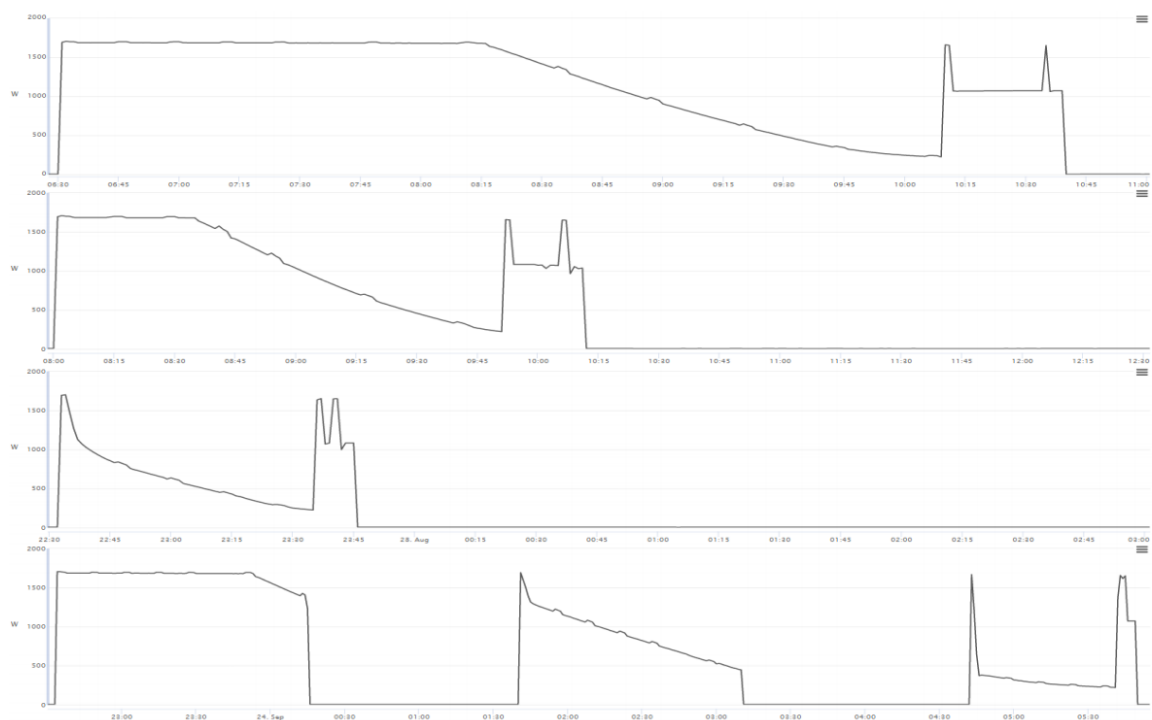
Laadblokken

De leverancier had als eisen:

- Minimale laadblok duur: 1 uur.
- Minimale onderbrekingsduur: 10 minuten. Gekozen is om ook de onderbrekingsduur op 1 uur in te stellen.

Bevindingen

Laadpatroon en onderbreking



Figuur 8.24 Laadpatronen van ordertruck 37

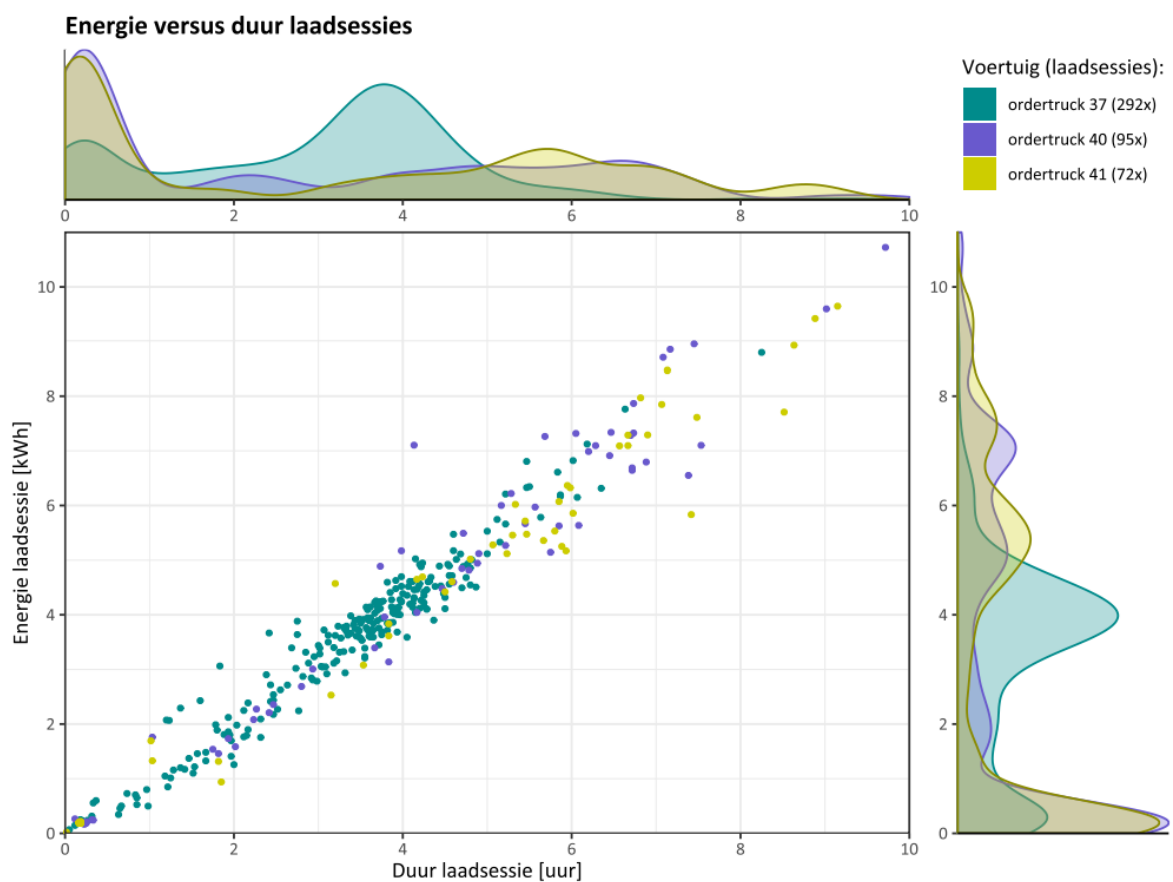
Figuur 8. 8.24 toont een aantal laadpatronen van ordertruck 37, waarbij de vermogensvraag is uitgezet tegen de tijd. De bovenste drie patronen betreffen laadsessies van verschillende duur, het onderste patroon toont een laadsessie waarbij de sessie onderbroken is.

De laadsessie kent drie fasen:

1. Laden met maximaal vermogen (~1,6 kW)
2. Afnemend laden
3. Afsluitende pieken

De laatste fase is nodig om de batterij 'op te schudden', wat de levensduur van de batterij bevordert. We zien dat onderbreken weinig effect heeft op de vorm van de laadcurve: de curve wordt netjes 'opgedeeld'.

Laadduur en energie per laadsessie



Figuur 8.25 Energie versus duur van de laadsessies

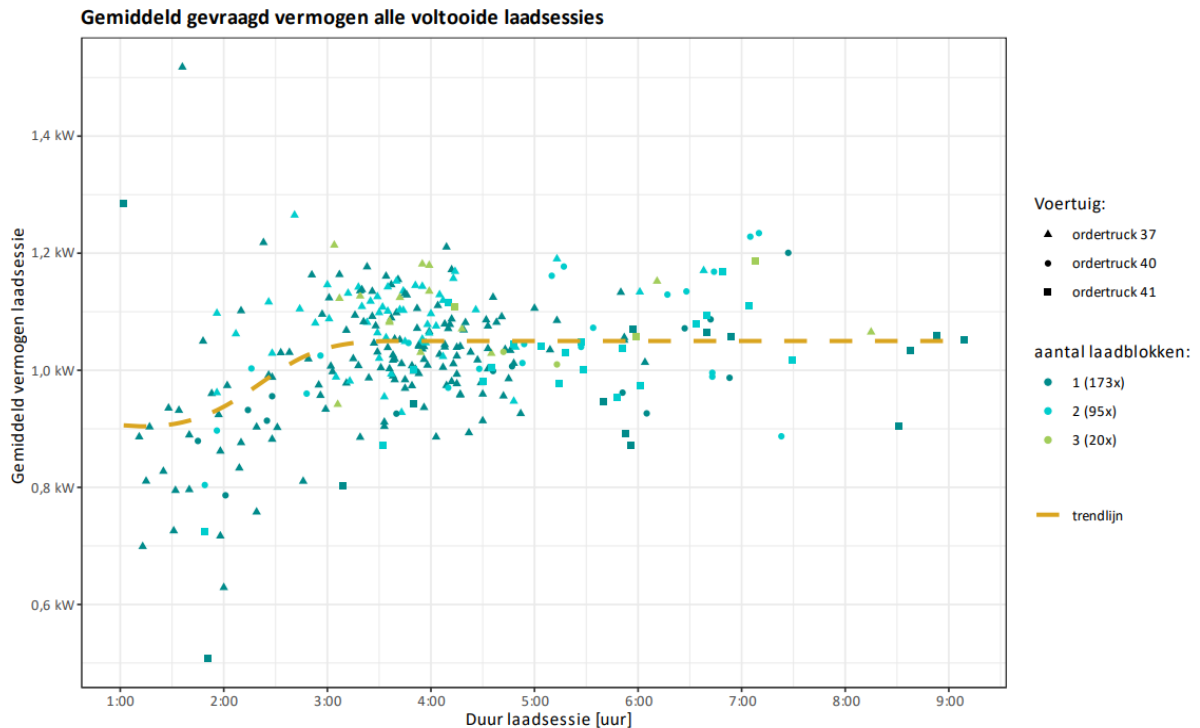
Figuur 8.25 toont de energie per laadsessie uitgezet tegen de duur van de laadsessie. Langs de assen staat de kansdichtheid. Alle laadsessies zijn in de grafiek opgenomen:

- Onderbroken en ononderbroken laadsessies.
- Afgemaakte laadsessies en laadsessies die vroegtijdig zijn beëindigd.

Er zijn met name voor ordertruck 40 en 41 veel korte laadsessies met een duur van ca. 15 minuten. Dit wijst erop dat dat deze trucks vaak ongebruikt aan de lader zijn blijven staan. Ordertruck 37 is intensiever gebruikt met relatief vaak laadsessies van ca. 3,8 uur/4 kWh.

Effect van onderbreken van de laadsessies op het energieverbruik

De vraag is natuurlijk of het onderbreken van de laadsessie een negatief effect heeft op het totaal energiegebruik voor een laadsessie. Om een indicatie te verkrijgen is het gemiddeld gevraagd vermogen per laadsessie uitgezet tegen de laadduur voor ononderbroken sessies en sessies die opgedeeld zijn in twee en drie laadblokken. Het gemiddelde is als een gefitte lijn weergegeven.

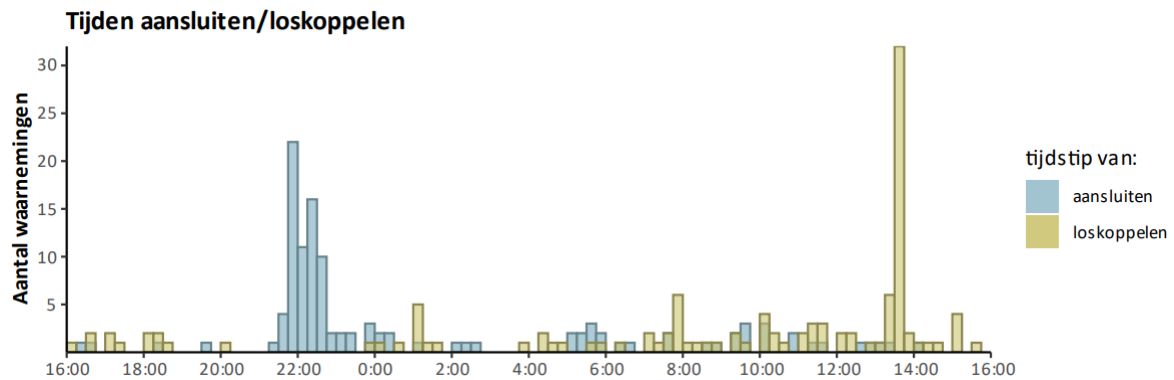


Figuur 8.26 Gemiddeld gevraagd vermogen per laadsessie als functie van de laadduur

We zien een toename van het gemiddeld gevraagd laadvermogen als we de laadsessie opdelen. In Figuur 8.26 is te zien dat het gevraagde vermogen gedurende een laadblok lager wordt, maar bij het hervatten weer hoog begint. Dat is een verklaring voor de hogere waarde bij opgedeelde laadsessies. Op basis van de beschikbare data is géén (negatief) effect gevonden op de totale benodigde energie.

Aansluiten en loskoppelen

Er is gekeken naar het tijdstip van aansluiten en loskoppelen. In een periode dat gemeten is maar niet gestuurd, is dit voor ordertruck 37 gelukt om tijdstippen te registreren uit de meetwaarden.

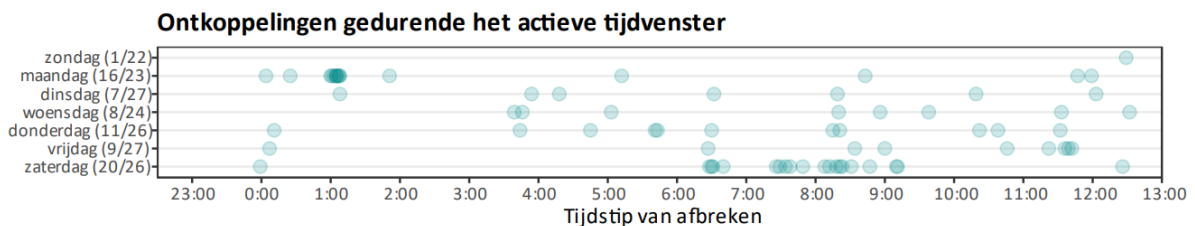


Figuur 8.27 Histogram van de tijdstippen van aansluiten en loskoppelen van de truck

Hoewel we zien dat de meeste aan- en ontkoppelingen plaatsvinden conform de afspraak met Bidfood (ontkoppelen vanaf 13:00 uur, aankoppeling voor 22:30 uur), zijn er in het laadvenster van 23:00 uur tot 12:30 uur de nodige aan- en afkoppelingen.

Wanneer in het laadvenster ontkoppeld of aangekoppeld wordt, dan is dit laadvenster verloren voor het gestuurd laden. Daar de status van de truck niet meer bekend is, was het gedrag van het systeem om continu te laden, zodat de truck aan het eind van het laadvenster zo vol mogelijk was.

Gesplitst naar weekday:



Figuur 8.28 Ontkoppelingen naar weekday

Dit leidt tot het advies om de laadvensters adequater te kiezen of strikter om te gaan met aan- en afkoppelen om de winstgevendheid te verbeteren. Nader onderzoek omtrent de redenen van gebruik buiten de reguliere uren is dan wellicht gewenst.

Waarde van de flexibiliteit voor passieve onbalans correctie

De onbalansprijspublicatie van TenneT (balansdelta) is gebruikt om te bepalen wanneer geladen moet worden en wanneer het laden onderbroken moet worden. Door het afschakelen is de kWh-prijs van ordertrucks 37, 40 en 41 gemiddeld over deze periode respectievelijk naar 36,6 €/MWh, 29,7 €/MWh en 33,9 €/MWh gedaald, waar de gemiddelde prijs over deze periode 43,5 €/MWh was. **Dit is een kostenbesparing van 15%, 32% en resp. 22%.** Het te besparen bedrag is klein, omdat het over kleine hoeveelheden stroom gaat, namelijk 864 kWh over de gehele periode met alle drie de trucks. De financiële optimalisatie in de periode van september 2019 t/m februari 2020 in totaal over de drie laadwagens is €5,- ofwel € 15,- per jaar. Door verdere optimalisatie zou dit kunnen stijgen naar € 19,- over deze periode en €38,- per jaar (€1,- per laadwagen per jaar). Er zijn ook nog eenmalige kosten voor het ontsluiten van de slim-ladenoplossing. Hoppecke – de leverancier van het e-transport bij Bidfood – werkt zelf aan een slim-ladenoplossing die op grote schaal uitgerold kan worden. In samenwerking met een dergelijk bedrijf kunnen de extra kosten voor de ontsluiting geschat worden op ruwweg €50,- per laadstation.

8.3.5 Resultaten sturing Bidfood Vrieshuis

Inleiding

Vrieshuis

Bij Bidfood is het vrieshuis gebruikt als bron van flexibele energie. Het vrieshuis van Bidfood bestaat uit drie vriescellen voor opslag van voedingsmiddelen met voorgeschakelde koelcellen. Product wordt via de koelcellen in en uit de vriescellen gebracht. Elke vriescel heeft z'n eigen compressorsysteem en eigen controller.



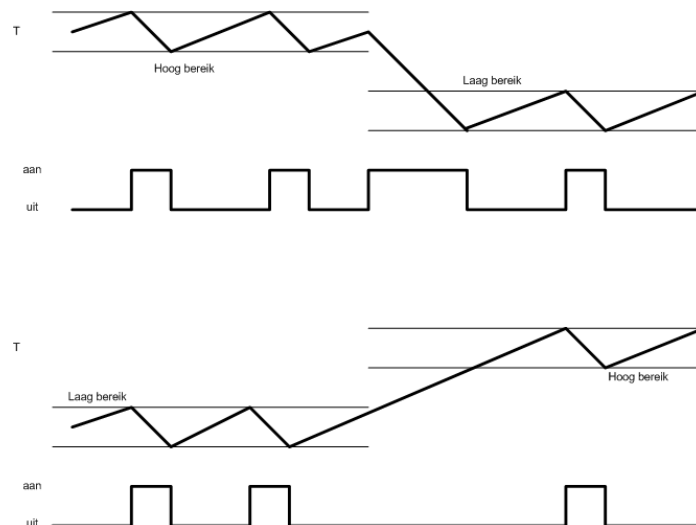
Figuur 8.295 Plattegrond machinekamer (links) en koel/vriescellen (rechts)

Waren de vriescellen oorspronkelijk ontworpen als onafhankelijke vriescellen, op dit moment staan de vriescellen met elkaar in verbinding doordat de deuren ertussen weggenomen zijn. Dit betekent dat ze als één grote vriescel moeten worden beschouwd en dat de controllers ingesteld moeten zijn op hetzelfde setpoint.

Flexibiliteit

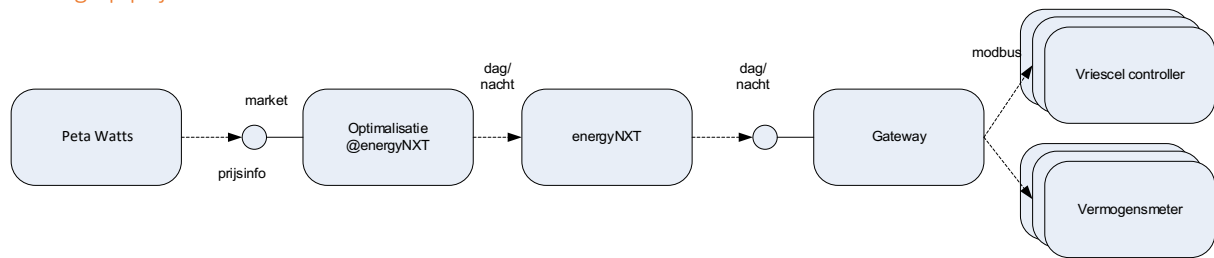
De flexibiliteit is ontsloten door de controllers van de vriescellen remote te kunnen schakelen tussen *dagstand* (setpoint -22°C) en *nachtstand* (setpoint -25°C). Schakelen naar nachtstand betekent dat de compressoren allen gedurende een periode aan gaan. Schakelen naar dagstand betekent dat de compressoren allen gedurende een periode uit gaan. Het aan-uitgedrag van één compressor tijdens overschakelen is geschetst in Figuur 8. 8.30.

Het voordeel van deze aanpak was dat de controllers lokaal verantwoordelijk blijven voor de aansturing van de compressoren. Ongeacht storing in de aansturing of wegval van verbinding, de vriescellen blijven altijd gekoeld.



Figuur 8.30 Effect van schakelen tussen dagstand (hoog bereik) en nachtstand (laag bereik)

Sturing op prijs



Figuur 8.31 Aansturing op prijsvoorspelling

Net als de andere assets is de flexibiliteit van het vrieshuis ingezet als passieve onbalanscorrectie. Er is een optimalisatie-algoritme geschreven die de voorspelling van de TenneT afrekenprijs voor onbalans omzet in een schakeling naar dag- of nachtmode. Is de prijs laag, dan overschakelen naar nachtmode, zodat de compressoren aanschakelen. Is de prijs hoog, dan naar de dagstand, zodat de compressoren uitschakelen.

Het schakelsignaal wordt via het energyNXT-platform gestuurd naar een gateway in de machinekamer (via GPRS/UMTS). De gateway schakelt binnen het schakeltijdvenster op basis van het signaal de controllers allen naar dag- resp. nachtmode.

Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor sturing waren:

1. Tegelijk

De dag/nachtmode-instelling moet te allen tijde gelijk zijn voor alle controllers. De reden is dat de drie vriescellen met elkaar in verbinding staan en één grote ruimte vormen. Daarom moeten de controllers hetzelfde setpunt hebben.

2. Schakel-tijdvenster

Er mag alleen geschakeld worden naar nachtstand tussen 23:00 – 4:30 uur. Daarbuiten is personeel in de vriescellen aanwezig en is schakelen naar nachtstand ongewenst, omdat dit leidt tot langdurig aanschakelen van de compressoren. In de vriescellen is dit oncomfortabel voor het personeel, omdat kou geleverd wordt door verdampers met ventilatoren. Dit leidt tot wind chill. Buiten het venster worden lokaal de controllers naar dagmode geschakeld, wat mogelijk het comfort verbetert (omdat de compressoren uitblijven).

3. Minimale aantijd/uittijd

De minimale aantijd en minimale uittijd van de compressor was ingesteld op 15 minuten. Een compressor mag niet onbepert aan- en uitgeschakeld worden, omdat dit de levensduur verkort. Het maximale aantal schakelingen naar nachtmode tijdens het schakel-tijdvenster stond ingesteld op 15. Note: vanuit de leverancier is gesteld dat de minimale aantijd van de compressoren 10 minuten is. In principe is er geen minimale uittijd.

Op drie niveaus is beveiliging geïmplementeerd:

1. Optimalisatie-algoritme

Hier worden de randvoorwaarden geïmplementeerd.

2. Gateway

Hier worden de randvoorwaarden gecheckt. Signalen die niet voldoen aan de randvoorwaarden worden genegeerd.

3. Controller

Hier zijn b.v. hard maximale aan- en uittijden geconfigureerd. Mocht de gateway via modbus verkeerde incentives geven, dan heeft de controller de eindregie.

Naast deze voorzieningen is er gebruik gemaakt van separate alarmmeldingen bij te hoge temperatuur in de vriescellen via een meldkamer.

Vermogensmeting

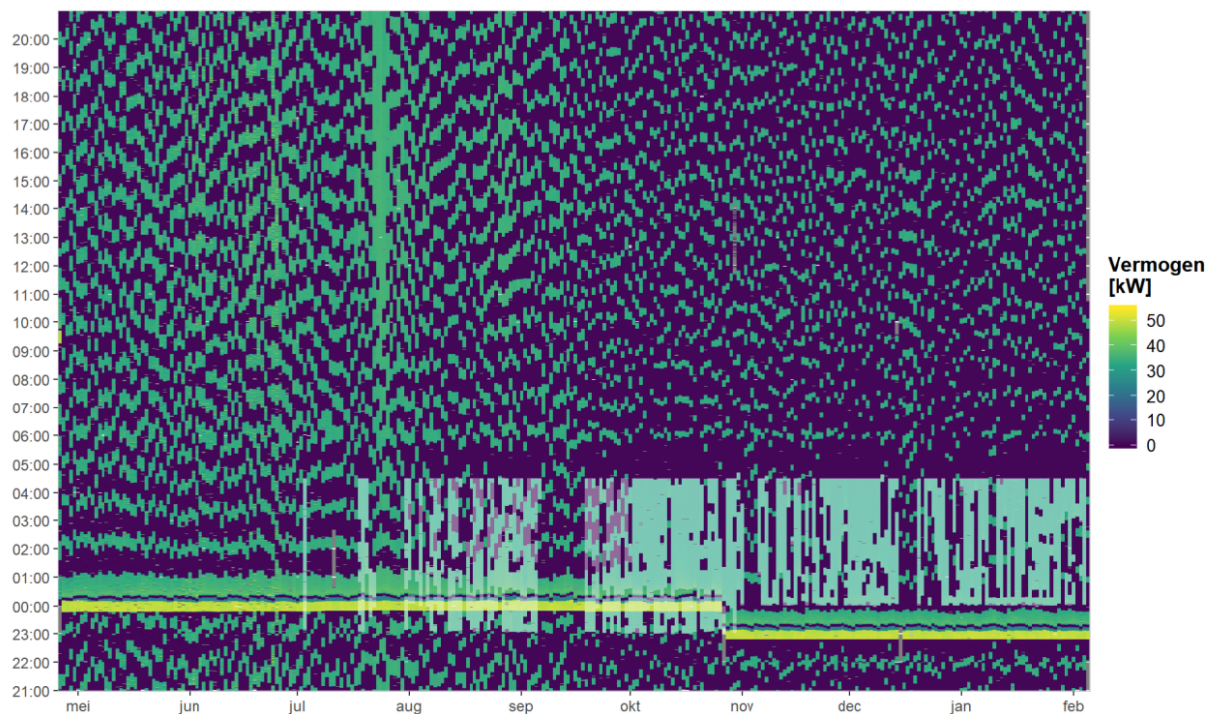
Het vermogen van de vriescelcompressoren is gemeten. Het bleek alleen mogelijk om het vermogen te meten van vriescellen, koelcellen en ventilatoren gecombineerd. In de resultaten is het vermogen van de koelcellen en ventilatoren softwarematig uitgefilterd.

Ontdooien

Dagelijks worden de verdampers (in de vriescellen) ontdooit om rijpvorming tegen te gaan. Op die momenten worden de compressoren gestopt en worden de verdampers verwarmd.

Bevindingen

Gedrag van de regeling



Figuur 8.32 Tapijplot van het vermogen van Vriescel 2

Het effect van sturing is zichtbaar in de 'tapijplot' van Figuur 8. 8.32. Hierin is het vermogen van één van de vriescellen getoond. Op de x-as staat de dag, op de y-as het tijdstip van de dag. Met kleur is het vermogen aangegeven. We zien volgende:

1. Aan/uit-regeling

Het aan- en uitschakelen van de compressoren is zichtbaar als een periodiek wisselen tussen blauw en groen in verticale richting.

2. Duty cycle

De duty cycle (verticale lengte van de aanperiodes) is in het zomerseizoen groter dan in de winter. Eind juli was een warme periode waarin overdag de compressoren continu aan zijn (duty cycle 100%).

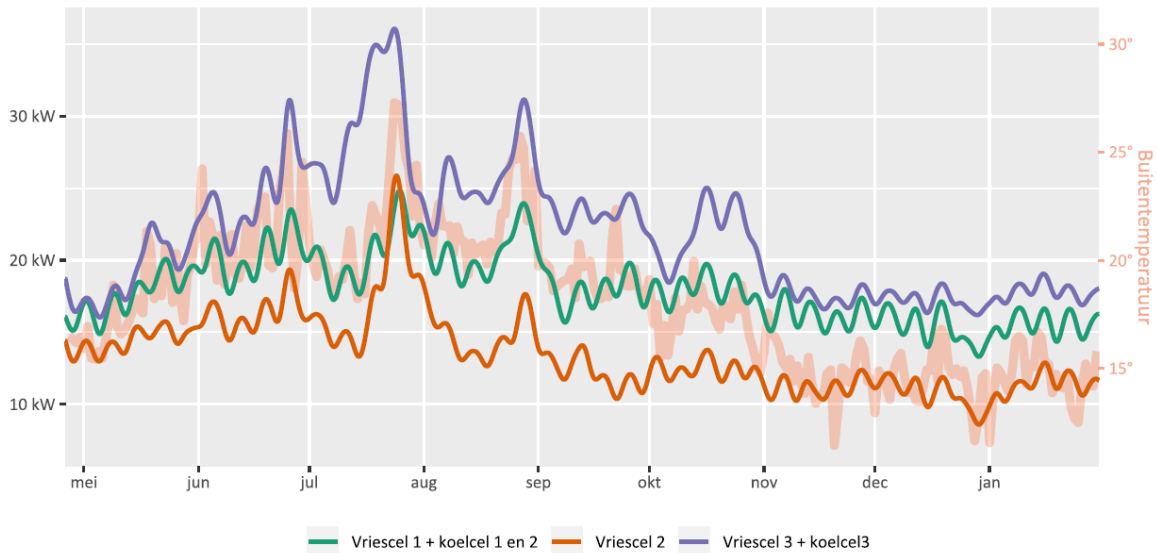
3. Sturing

De lichte arcering geeft aan wanneer geschakeld is geweest naar nachtmode.

4. Ontdooien

Het ontdooien van verdamper is zichtbaar als de gele horizontale lijn. De sprong in de lijn is ten gevolge van de overgang van zomer- naar wintertijd. De ontdooiperiode wordt gevolgd door een periode waarin de compressoren aan zijn om het systeem weer te koelen. Bij deze cel ligt het ontdooien dus binnen het schakeltijdvenster, hetgeen jammer is, omdat sturing tijdens en na ontdooien geen zin effect heeft.

Effect van buitentemperatuur op het verbruik



Figuur 8.33 Correlatie tussen buitentemperatuur en gemeten vermogen

Figuur 8.33 toont zowel de buitentemperatuur (maximum dagtemperatuur) en de gemeten vermogens (gewogen gemiddeld over vier dagen). Correlatie is duidelijk zichtbaar. De correlatie is het sterkst voor Vriescel 3/Koelcel 3 en het minst sterk voor Vriescel 1/Koelcel 1+2. Vriescel3/Koelcel 3 wordt gebruikt voor het in- en uitbrengen van goederen, wat invloed zal hebben op het energiegebruik.

Karakteristiek flexibiliteit

- Als alle drie de compressors uit staan, is het totale verbruik 5,0 kW.
- Als alle drie de compressors aan staan, is het totale verbruik 110 kW.
- Een typisch verbruik van de compressors is in mei 40 kW. Dat is een duty cycle van 38%. Het systeem kan dan gemiddeld **70 kW extra vermogen** of **35 kW minder vermogen opnemen** op aanvraag.

Let wel: om vermogen af te laten nemen (schakelen naar dagmode) moet gedurende langere tijd extra zijn gekoeld (dus in nachtmode). Gezien de omvang van de vriescellen en het relatief korte schakeltijdvenster is de mogelijkheid voor afname van het vermogen beperkt *).

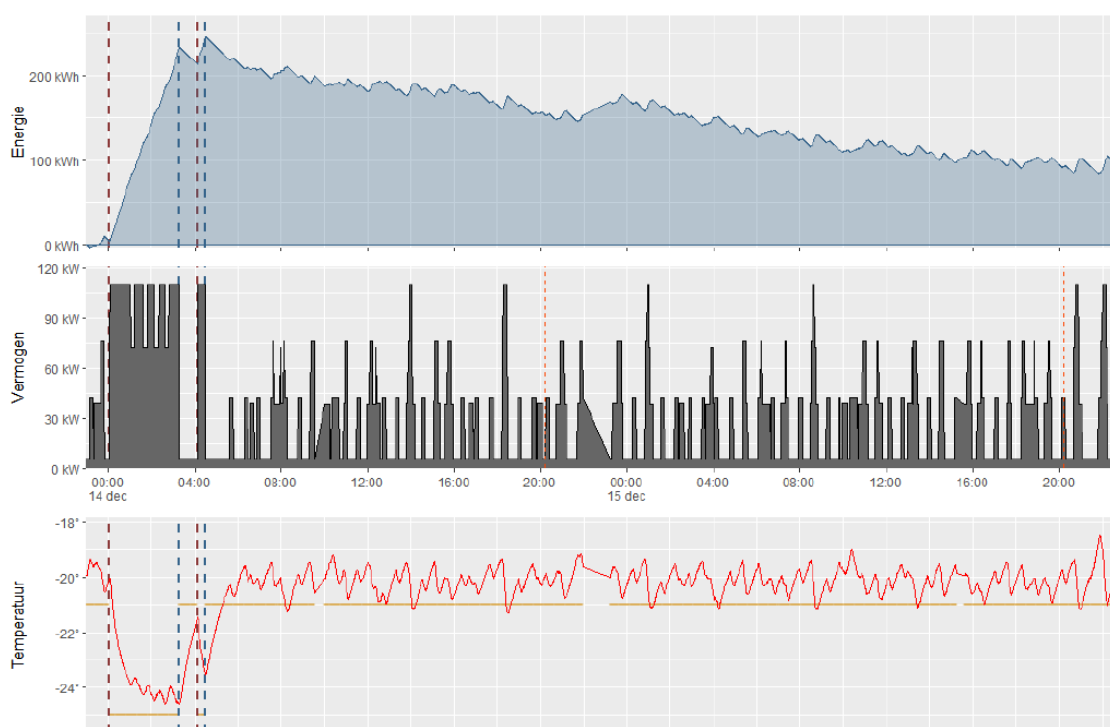
- De buitentemperatuur heeft hier invloed op. Op hete zomerdagen gaat het gemiddelde verbruik mogelijk naar **75 kW**, wat de flexibiliteit aanzienlijk verkleint. Ook hangt het af van werkzaamheden.
- Op een weekenddag is het verbruik gemiddeld ruwweg 7 kW lager. Het verbruik is bovendien heel variabel. Het is moeilijk te voorspellen wat het verbruik op een dag gaat worden.

*) Opschakelen (van dag- naar nachtmodus) zorgt ervoor dat de compressors ongeveer een uur lang op vol vermogen koelen en daarna een hoge duty cycle houden totdat er wordt afgeschakeld. Na **4 uur opschakelen** is er ongeveer **250 kWh** meer energie verbruikt dan wanneer er niet zou zijn opgeschakeld. De extra kou die hiermee wordt gegenereerd, wordt opgenomen in de lucht en het product in de

vriescellen. Doordat de omgeving nu dieper is gekoeld, zouden de compressors op de lange termijn minder energie hoeven te verbruiken. In de praktijk is dit echter zo'n lange termijn vanwege de omvang van de vriescellen, waardoor dit niet meetbaar is gebleken. Bovendien is er een grote variëteit in energieverbruik afhankelijk van de werkzaamheden en buitentemperatuur, waardoor het verschil in energieverbruik moeilijk te correleren is tussen geschakelde en niet geschakelde periodes.

Energieverliezen

De vraag is hoeveel extra energieverlies sturing met zich meebrengt. Dit bleek erg moeilijk te bepalen gezien de traagheid (van opwarmen/afkoelen) van het systeem. Door de traagheid zou er erg lang (meerdere dagen/weeken) gemeten moeten worden onder geconditioneerde omstandigheden (geen belading/ontlading van de vriescellen, constante buitentemperatuur, etc.). Dit wordt geïllustreerd middels onderstaande meting over een weekend.



Figuur 8.34 Gedrag van het systeem

De middelste grafiek toont het toegevoerd vermogen (compressoren aan/uit). In het begin van het weekend is gedurende vier uur geschakeld naar nachtmode, waardoor de compressoren continu aan zijn geweest. De bovenste grafiek toont de cumulatieve energie ten opzichte van gemiddeld verbruik zonder sturing. Zichtbaar is dat door de schakeling naar nachtmode 250 kWh extra is verbruikt. We verwachten dat hierdoor energie wordt 'teruggeleverd' als we weer naar dagmode schakelen. Dit is inderdaad zichtbaar. Echter na twee dagen is nog maar 150 kWh 'teruggewonnen'. De onderste grafiek toont de temperatuur van de lucht (waarop de controller regelt) in nabijheid van de verdamper.

Opbrengst bij sturing

Op basis van de meetperiode is een inschatting gemaakt van het jaarverbruik en de besparing. De meetperiode was:

- Meetperiode (5 april - 22 sept): 499.383 kWh
- Meet- en regelperiode (22 sept - 31 jan): verbruik 338.748 kWh

Extrapolerend levert dit een jaarverbruik van 1.005.000 kWh.

De kostenbesparing per jaar wordt ingeschat op **€1.750,- per jaar**, ervan uitgaand dat de stroom tegen APX-tarieven wordt betrokken. Dit is een kostenbesparing van ca. **5%**. Zouden we de volledige dag sturen in plaats van alleen in het schakeltijdvenster, dan zou de besparing ca. **20%** zijn.

Mogelijke verbeteringen

Het huidige onderzoek was gericht op gebruik voor de (passieve) onbalanscorrectie. De effectiviteit neemt toe naarmate snel geschakeld kan worden: de mate flexibiliteit in de komende minuten is het meest relevant. De randvoorwaarden staan direct schakelen niet altijd toe. Daarom zijn volgende verbetering mogelijk:

- Bestuur elke compressor individueel en neem het huidige verbruik en temperatuur mee in het stuuralgoritme. Op die manier kan de cyclus aangepast worden. Laat bijvoorbeeld een compressor iets langer koelen, zodat ze niet tegelijk uitschakelen en tegelijk 10 minuten niet meer aan kunnen. Op die manier spreid je het verbruik van de drie compressors en spreid je de afroepbaarheid van de flexibiliteit. Bovendien: door langer te koelen, wordt het überhaupt mogelijk gemaakt om af te schakelen.
- Op dit moment kan het verbruik effectief alleen opgeregeld worden: bij lage prijsspieken wordt het setpoint van -21°C op -25°C gezet. Laat met bovenstaande mechanisme het temperatuursetpoint schommelen tussen -22°C en -23°C . Op die manier kan er ook afgeregeld worden: bij hoge prijsspieken kan het setpoint op -21°C worden gezet.
- Pas dit 24 uur per dag toe. Op dit moment is er een tijdvenster in de nacht wanneer er niet gewerkt wordt. In plaats daarvan kan een randvoorwaarde ingesteld worden dat de compressors bijvoorbeeld overdag niet langer dan 45 minuten continu mogen opregelen (lees: dieper koelen dan noodzakelijk) in het belang van het welzijn van de werknemers.
- Maak het tijdstip waarop de verdamper ontdooit moet worden variabel. Bijvoorbeeld: dagelijks ergens tussen 22:00 en 4:00 de volgende dag. In plaats van opregelen kan er dan worden gekozen om de verdamper te ontdooien. Daarnaast kan er rekening gehouden worden dat er bijvoorbeeld gekoeld wordt voorafgaand aan het ontdooien, of dat er niet meer dan één verdamper tegelijk wordt ontdooit.

8.3.6 Resultaten Noorderpoortcollege

Op het Noorderpoortcollege zijn twee verschillende activiteiten uitgevoerd:

- Analyse van de hoofdmeterdata.
- Koppeling van het gebouwbeheersysteem om de flexibiliteit van de aanwezige warmtepompen te onderzoeken.

Het Noorderpoortcollege heeft diverse locaties in de stad Groningen. Twee locaties zijn meegenomen in ons onderzoek: Boumaboulevard en Bornholmstraat. De Boumaboulevard is onderdeel van het Euroborgcomplex. Hierin zit de afdeling Gastvrijheid & Toerisme: een dynamische school met een breed aanbod aan opleidingen in de horeca, bakkerij, toerisme, leisure & events en uiterlijke verzorging. Ze zijn gehuisvest in een modern gebouw, voorzien van prachtig uitgeruste praktijkruimtes. De verwarming is met een warme/koude opslag, warmtepomp met een watergedragen afgiftesysteem.

De Bornholmstraat is de automotive locatie, met o.a. een auto- en vrachtwagenwerkplaats. Ook dit is een modern gebouw met warmtepomp, luchtgedragen afgifte, LED-verlichting, zonnepanelen. Beide gebouwen worden gemonitord door een gebouwbeheersysteem van Priva.



Figuur 8.35 Noorderpoort locatie Boumaboulevard



Figuur 8.36 Noorderpoort locatie Bornholmstraat

Gedurende een jaar is de hoofdmeterdata ingewonnen en geanalyseerd, zowel elektra als gas. Hieruit zijn de analyses uitgevoerd die overeenkomen met de informatieplicht die sinds 1 juli 2019 onderdeel is van de wet milieubeheer, een zgn. Energijregistratie- en Bewakingssysteem (EBS), zie Figuur 8. 8.37.

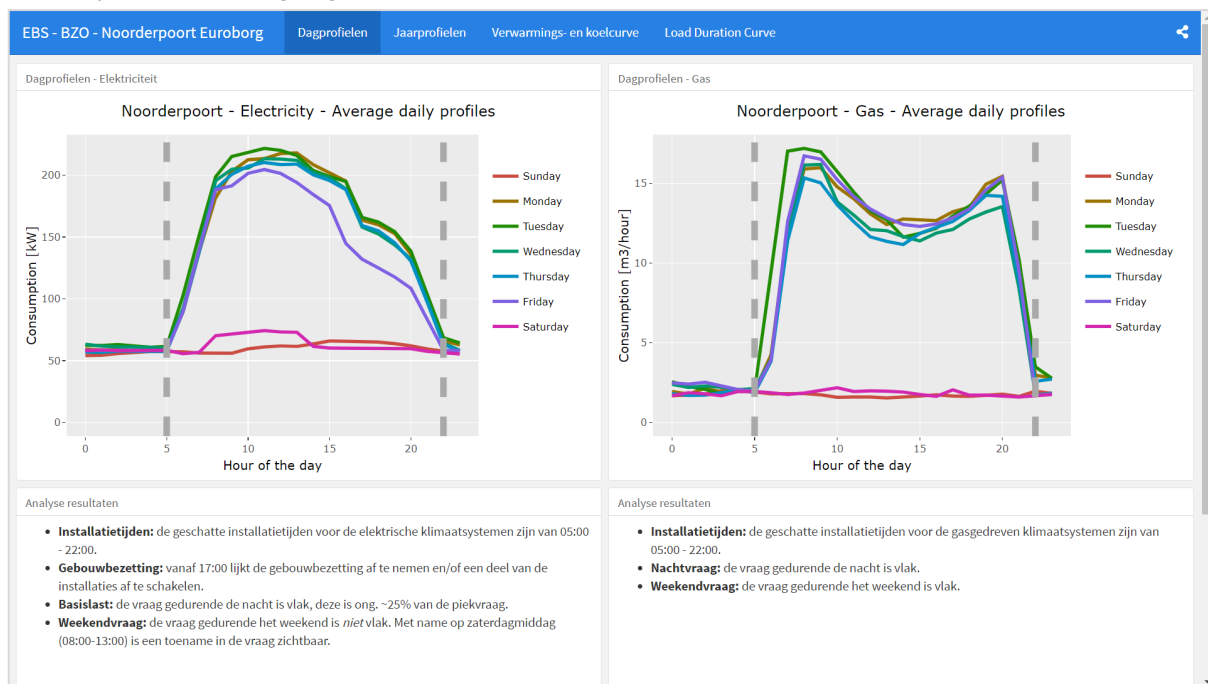


Figuur 8.37 Wet milieubeheer, informatieplicht en erkende maatregelen

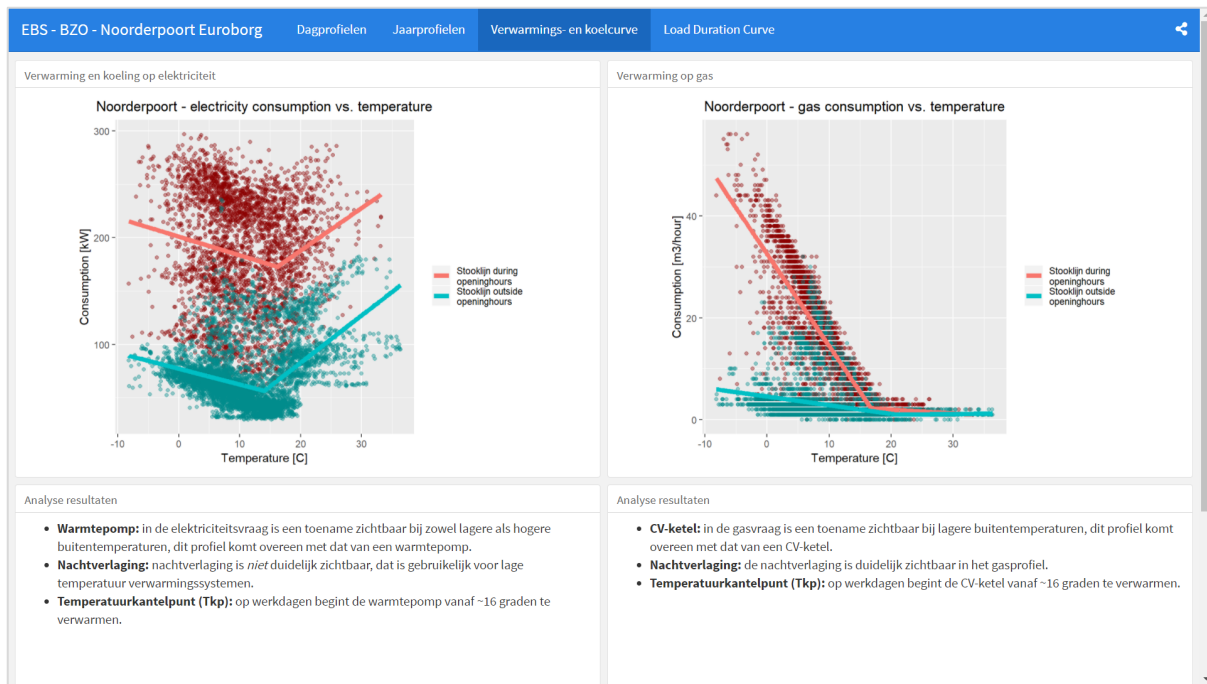
Specifiek is er gekeken naar:

- Dagprofielen.
- Stooklijnen.
- Verwarmings- en koelcurve.

De resultaten zijn verwerkt in een aparte online rapportage, waarvan onderstaande figuren een uittreksel zijn. Figuur 8.38 geeft de dagprofielen inclusief een aantal analyses betreffende stooktijden in relatie tot openingstijden. Figuur 8. 8.39 geeft de verwarmings- en koelcurves weer waarbij duidelijk te zien is dat er een gecombineerde verwarming is van de warmtepomp en gasgestookte cv-ketel. Op grond van deze curves lijken de instellingen goed.



Figuur 8.38 EBS-rapportage Noorderpoort: dagprofielen



Figuur 8.39 EBS-rapportage Noorderpoort: verwarmings- en koelcurves

De resultaten zijn teruggekoppeld aan de energiecoördinator en gebouwbeheerder van het Noorderpoortcollege.

In de volgende stap is nadere analyse gedaan naar de warmtepomp. Hiertoe is een onderzoek gedaan naar de gegevens uit het Priva-gebouwbeheersysteem om op basis van elektriciteitsmeters en warmtemeters de flexibiliteit van de warmtepomp in kaart te brengen. Helaas viel de kwaliteit van deze gegevens tegen en was het daarom niet mogelijk een uitspraak te doen over de flexibiliteit.

We kunnen het volgende concluderen:

- Flexibiliteit in energiegebruik wordt gevormd door de warmtepomp in combinatie met een opslagbuffer. Het lijkt erop dat de Bornholmstraat een warmtepomp heeft die veel groter gedimensioneerd is dan de Boumaboulevard (250 kW tegen 15 kW). De Boumaboulevard biedt dus een veel hoger flexibel vermogen.
Een factor daarnaast is de capaciteit van de buffer die de hoeveelheid flexibele energie bepaalt. Op basis van de metingen is dit niet vast te stellen.
- Kwaliteit van de meetdata was onvoldoende om een goede analyse te kunnen doen:
 - Meetdata is ontbroken.
 - Meetdata is deels per uur, deels per kwartier.
 - Meetdata is in te grove eenheden (warmte per GJ, elektriciteitsverbruik per 15 kWh).
- Afhankelijk van het bufferend vermogen zal er comfortverlies optreden. De verwachting is dat dit op de Bornholmstraat met luchtgedragen warmteafgifte beduidend eerder zal zijn dan op de Boumaboulevard, waarin grotendeels watergedragen warmteafgifte is.

8.3.7 Resultaten Gemeente Groningen

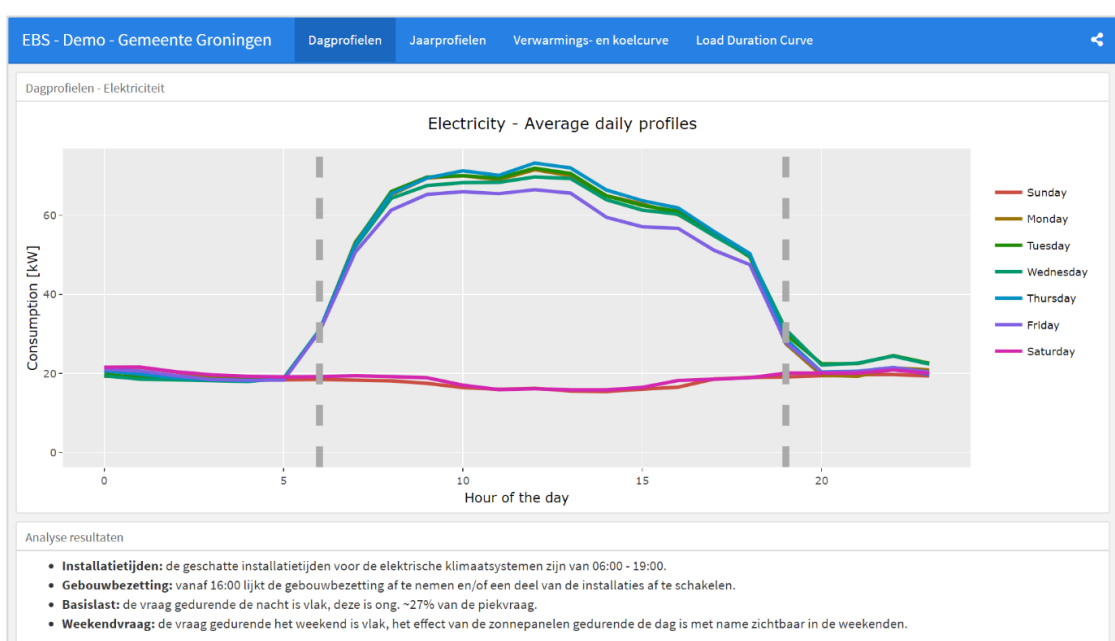
Gemeente Groningen heeft haar nieuwbouwlocatie “Harm Buitenplein” beschikbaar gesteld voor onze analyse. Het pand dateert uit 2013, heeft een oppervlak van 17.000 m² en wordt gebruikt door de dienst Sociale Zaken en Werk als loket en kantoorruimte voor ongeveer 700 medewerkers.

Door o.a. goede isolatie, zonnepanelen en energiezuinige verlichting heeft het gebouw energielabel A++. Goede ventilatie en veel groen zorgen voor een aangenaam binnenklimaat voor bezoekers en medewerkers. Om efficiënt met de beschikbare ruimte om te gaan, kunnen medewerkers gebruik maken van ‘flexibele werkplekken’. Het gebouw wordt verwarmd via een WKO in combinatie met betonkernactivering.

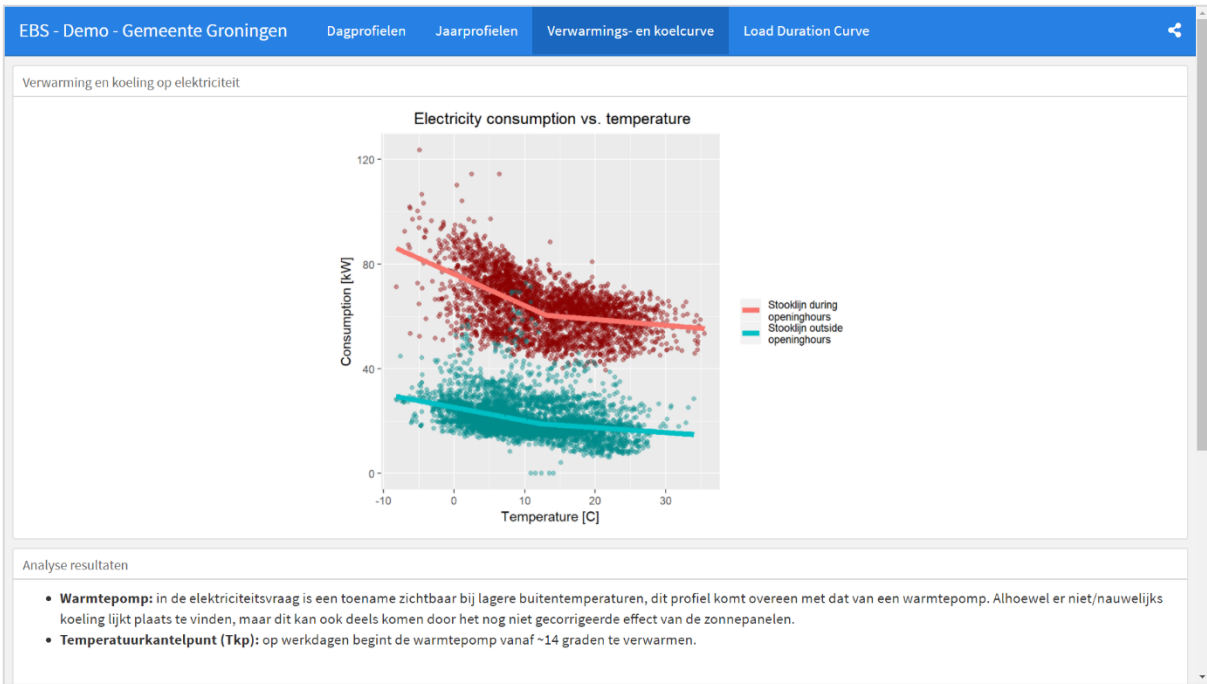


Figuur 8.60 Gemeente Groningen, locatie Harm Buitenplein [foto: Gerard van Beek Fotografie]

Net als bij Noorderpoort is hier een analyse uitgevoerd op de hoofdmeterdata die we voor dit onderzoek ontvangen hebben. De resultaten zijn verwerkt in een aparte online rapportage, waarvan onderstaande figuren een uittreksel zijn.



Figuur 8.417 EBS-rapportage gemeente Groningen locatie Harm Buitenplein: dagprofielen



Figuur 8.42 EBS-rapportage gemeente Groningen locatie Harm Buitenplein: verwarmings- en koelcurves

9 Praktijkexperiment energy community (Wasaweg)

9.1 Inleiding

Doelstelling van dit deelonderzoek om in een cluster bedrijven aan te tonen dat het collectief en onderling beschikbaar stellen van aanwezige flexibiliteit leidt een betere afstemming van vraag en aanbod in elektriciteit en daarmee een geldelijk voordeel oplevert voor verschillende ketenpartijen.

Er is hier specifiek gekeken naar netkosten en verhoging van het zelfverbruik. Voor de categorie kleinverbruikers heeft dit laatste nog geen financieel voordeel, maar als de salderingsregeling wordt versoerd, ligt dit anders.

Dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van tijdens het project gemeten energieprofielen. De bedrijven zijn voorzien van virtuele zonnepanelen en een virtuele batterij achter de meter. Verder is er gekeken naar de impact op zelfconsumptie en piekreductie, zowel voor de elk van bedrijven als voor het collectief. De bedrijven hebben maandelijks een energierapport ontvangen met daarin het verbruik en de toegevoegde waarde van hun virtuele panelen en batterij. Aan het eind van het jaar is voor elk een jaarrapport opgemaakt. Appendix A geeft een voorbeeld van zo'n rapport. Dit hoofdstuk geeft de samenvatting van de analyse en belangrijkste uitkomsten.

9.2 Individuele profielen

Van de volgende bedrijfspanden is het energieverbruik gemonitord:

Bedrijfsnaam	Jaarverbruik	Periode van	Tot en met
[A]	≈447.7 MWh	1-jun-19	16-mrt-20
[B]	≈310.0 MWh	4-mei-18	30-apr-19
[C]	114.6 MWh	1-jan-19	31-dec-19
[D]	53.1 MWh	1-jan-19	31-dec-19
[E]	≈22.7 MWh	1-jan-19	31-dec-19
[F]	26.9 MWh	1-jan-19	31-dec-19
[G]	13.2 MWh	1-jan-19	31-dec-19

Tabel 9.1 Resultaten monitoring bedrijfspanden

De bovenste drie bedrijven zijn grootverbruikers: ze verbruiken meer dan 100 MWh per jaar. [D] komt hier niet aan, maar heeft de grootst mogelijke aansluiting voor een kleinzakelijke afnemer (3x80A).

Uit de gegevens werd voor elk bedrijf het verbruiksprofiel zichtbaar: wat de kantooruren ongeveer zijn en tot op zekere hoogte of er een airco, warmtepomp, zonne-opwek of nachtverlichting aanwezig zijn.

Per bedrijf zijn drie scenario's gesimuleerd: het effect van de aanwezigheid van een batterij, zonnepanelen en de combinatie van die twee.

9.2.1 Scenario 1: een batterij

Een batterij kan gebruikt worden voor piekreductie. De kosten van de aansluiting hangen af van de hoogste verbruikspiek. Door middel van een batterij kan deze verlaagd worden om zo een goedkopere aansluiting mogelijk te maken.

Voor de grootverbruikers is dit scenario niet uitgewerkt. Zij hebben namelijk een andere manier hoe hun aansluitkosten berekend worden en dat is buiten de scope van dit onderzoek. Ook voor [E] en [G] is dit scenario niet uitgewerkt. Vanwege het lage verbruik hebben ze al een kleine aansluiting en ze hebben binnen die aansluiting nog veel speelruimte.

[F] heeft een airco die zorgt voor een hoge verbruikspiek in de zomer. Een batterij kan deze verbruikspiek reduceren zodat een kleinere aansluiting nodig is. Met de besparing van deze aansluiting zijn de aanschafkosten van de batterij na **8 jaar** gedekt.

Ook voor [D] kan een batterij een goedkopere aansluiting mogelijk maken, maar de terugverdientijd is veel langer: ongeveer **18 jaar**. Dat is langer dan de garantietermijn van de batterij van 10 jaar.

9.2.2 Scenario 2: zonnepanelen

[F] en [B] hebben al zonnepanelen. De opbrengst hiervan is onbekend en daarom is er een inschatting gedaan.

Doordat de opwek van de zonnepanelen overlappen met het verbruik, dragen ze ook bij aan piekreductie waardoor bedrijven ook vaak een kleinere aansluiting kunnen nemen. Dat zorgt dus voor extra kostenbesparing. Op een zonnige dag waarop niet wordt gewerkt, kan er echter een exportpiek ontstaan. In de simulatie wordt uitgegaan dat de opwek beperkt kan worden, zodat de limiet van de aansluiting niet overschreden wordt. Dat levert natuurlijk wel minder opwek op.

De vier kleinverbruikers krijgen het aantal zonnepanelen dat ongeveer even veel opwek in een jaar heeft als hun eigenverbruik. De drie grootverbruikers krijgen het aantal zonnepanelen dat mogelijk is qua dakoppervlakte, en zodanig dat de opwekpiek niet hoger komt te liggen dan de verbruikspiek.

Bedrijfsnaam	Aantal virtuele panelen
[A]	-
[B]	600
[C]	150
[D]	149
[E]	61 (heeft ook eigen panelen)
[F]	90
[G]	45

Tabel 9.2 Virtuele panden per bedrijfspand

Bij de kleinverbruikers duurt het **7 tot 9 jaar** voordat de investering in zonnepanelen terugverdiend zijn. Bij de grootverbruikers duurt dit **15 tot 16 jaar**. De verschillen zijn te vinden in twee belangrijke factoren:

Energieprijs

Een kleinverbruiker betaalt ongeveer €0,22 per kWh in een jaar. Voor elke kWh boven de 10.000 kWh wordt het echter ongeveer €0.17 per kWh. Dit verschil komt door de lagere belastingschaal en maakt dat de besparing door eigen opwek dus ook kleiner wordt. Voor [D] is de terugverdientijd dus langer dan voor [G].

Voor de grootverbruikers is dit nog extremer: de prijs boven de 50.000 kWh per jaar is nog maar ongeveer €0,10 per kWh. Daardoor is de terugverdientijd voor [A] meer dan twee keer zo lang als voor [G].

Salderingsregeling

Op dit moment wordt export gesaldeerd. Dat betekent dat het wordt afgetrokken van de import en bedrijven effectief hetzelfde bedrag voor hun export krijgen als wat ze betalen voor de import, inclusief belasting. Verwacht wordt dat er vanaf 2023 elk jaar 11% minder gesaldeerd wordt. In 2031 wordt niets meer gesaldeerd en krijgt men bijvoorbeeld €0,06 per kWh export. Dat maakt dat het zelfverbruik – het gelijktijdig verbruiken van energie met het opwekken van energie – een grotere besparing oplevert dan het exporteren bij een energie-overschot. Een bedrijf met zonne-opwek kan pakweg de helft daarvan direct zelf verbruiken. Voor grootverbruikers die een kleine opwek hebben ten opzichte van verbruik, wordt dit een stuk meer. Hun besparing is echter kleiner vanwege de lage energieprijs.

9.2.3 Scenario 3: zonnepanelen en batterij

De combinatie van zonnepanelen en een batterij kan mogelijk zorgen voor een goedkopere aansluiting door piekreductie en voor het vergroten van het zelfverbruik door deel van het energie-overschot van de zonnepanelen op te slaan en te benutten op momenten dat de productie lager is dan het verbruik. Zolang de salderingsregeling van kracht is, levert het extra zelfverbruik alleen maar verlies op. In het meest lucratieve geval had de batterij een terugverdientijd van 11,5 jaar – dat is langer dan de garantietermijn van de batterij van 10 jaar. Voor elk bedrijf gold dus de conclusie dat het gebruiken van een batterij voor het vergroten van zelfconsumptie nog niet uit kan, zeker niet zolang de salderingsregeling van kracht is.

De toegevoegde waarde van de batterij voor piekreductie in dit scenario is echter nog wel aanwezig, zij het alleen voor één bedrijf: [C]. De toevoeging van de batterij maakt het mogelijk om een kleinzakelijke aansluiting te krijgen en aansluitkosten te besparen. Naar inschatting heeft de batterij zijn aanschafkosten in **10 jaar** terugverdiend.

9.2.4 Eindconclusie

Voor kleinverbruikers is de aanschaf van zonnepanelen veruit de beste investering, met name nu de salderingsregeling nog van kracht is. Helaas geldt dit niet voor grootverbruikers, omdat zij al weinig betalen voor hun energie. De toegevoegde waarde van een batterij zit vooral in de piekreductie, die het voor sommige bedrijven mogelijk maakt om een goedkopere aansluiting te nemen.

Het laatste is hierover nog niet gezegd. In de toekomst zullen batterijen goedkoper worden en zal de salderingsregeling versoerd zijn, waardoor het wel rendabel wordt om een batterij – althans voor een deel – te gebruiken ten behoeve van het vergroten van het zelfverbruik. Daarnaast zal er in de toekomst waarschijnlijk, vanwege de transitie naar duurzame energiebronnen en de toename van elektrisch rijdende auto's, des te meer behoefte zijn aan flexibiliteit. Ook zou het samenwerken tussen bedrijven door middel van bijvoorbeeld een buurtbatterij een interessante schakel kunnen vormen.

9.3 Collectieve profielen

Dit deel geeft inzicht in de gelijktijdigheid van energiegebruik en de energieproductie uit de virtuele zonnepanelen van de vier bedrijven met een kleinzakelijke aansluiting. Vervolgens is onderzocht in hoeverre batterijen een verbetering gaven in gelijktijdigheid van opwek en verlaging van de pieken.

De grootte van de individuele PV-installaties is bepaald op een zo kort mogelijke terugverdientijd, zie Sectie 9.2.2. Vervolgens is het gebruik van een batterij gesimuleerd om het eigenverbruik uit de opgewekte energie te verhogen. Met deze simulatie is de opslagcapaciteit en het vermogen van de batterij bepaald.

Door de hogere mate van (collectief) zelfverbruik en het verlagen van de piekcapaciteit wordt de belasting op het distributienet verlaagd. Hiermee kan het uitbreiden van het net uitgesteld kunnen worden en wordt de levensduur verlengd. Dit creëert waarde voor de netbeheerder.

9.3.1 Export naar burenen

Deze analyse is uitgegaan vanuit het perspectief van één van de bedrijven: [F]. [F] heeft 90 virtuele zonnepanelen gekregen. Voor [F] zelf geeft dit al directe voordeel. Als gekeken wordt naar het aansluitvermogen, heeft [F] momenteel een verbruikspiek van 22,3 kW. De hiervoor benodigde aansluiting (3x35A) kost jaarlijks €699,57. Wanneer zonnepanelen geplaatst worden bij [F], zal deze aansluiting naar beneden bijgesteld kunnen worden naar 17,2 kW (3x25A) met een prijs van €192,-. Terugverdientijd van de investering is ingeschat op 7 jaar. Zie ook Appendix A.

Om te onderzoeken wat het voordeel is van een gecombineerd verbruik met de naastgelegen kantoren, wordt het gelijktijdig verbruik van de burenen met de opwekking van PV van elkaar aftrokken. De hoeveelheid teruggeleverde energie aan het middenspanningsnetwerk wordt hierdoor gereduceerd evenals het teruggeleverde vermogen. Het aan de burenen geleverde vermogen zal van het totaal teruggeleverde vermogen van bedrijf [F] worden afgetrokken.

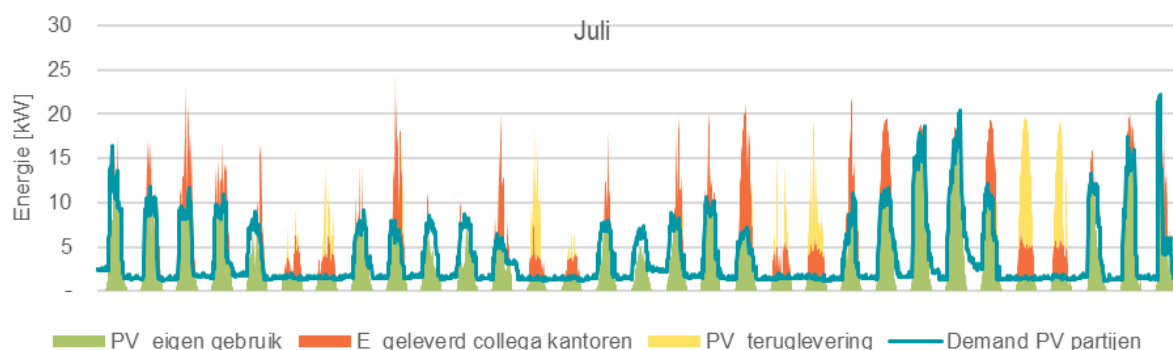
De gelijktijdigheid van de opbrengst van de PV-installatie zal van het eigen gebruik afgehaald worden evenals het gelijktijdig gebruik van de naastgelegen bedrijven. Vervolgens wordt de overige geproduceerde energie geëxporteerd naar het energienet. De PV-installatie wordt hierbij gelimiteerd op 17,2 kW. Wanneer het exportvermogen boven de 17,2 kW komt, wordt de installatie afgeschakeld. In Tabel 9.3 zijn in de energiekolom de totalen van het energieverbruik en de energieproductie weergegeven. In de vermogen kolom zijn de piekvermogens gedurende het jaar opgenomen. Deze waarden zijn van verschillende momenten in het jaar en zijn hierdoor niet bij elkaar op te tellen tot totalen. De waarden komen uit de energieprofielen van de bedrijven.

	Energie [MWh]	Vermogen [kW]
Energievraag	26,9	22,3
PV-opbrengst	26,9	24,4
Netto vraag (net import)	13,7	14,9
Eigen gebruik PV	13,2	17,8
PV na eigen gebruik	13,7	22,9
Energievraag burenen	89,1	62,5
PV-levering burenen	9,4	18,2
PV-export	4,2	19,9

Tabel 9.3 Energiegegevens bedrijf [F] (2019)

Uit het jaarrapport voor bedrijf [F] is geconcludeerd dat het pand gebruik maakt van een airconditioning. Mede hierdoor is de gelijktijdigheid van opwekking uit zonnepanelen en het eigen energieverbruik hoog.

In Figuur 9.1 is het energieverbruik en de PV-productie van bedrijf [F] weergegeven voor de maand juli, onderverdeeld in het eigen verbruik uit de opgewekte PV (groen), de aan de naastgelegen kantoren geleverde energie uit PV (oranje) en de aan het net geleverde energie (geel). De som van groene oranje en gele deel is de totaal opgewekte energie van de PV-installatie. De blauwe lijn geeft verbruik van bedrijf [F] aan. Alles boven de blauwe lijn is de teruglevering gezien vanuit het perspectief van [F]. Het gele vlak is wat teruggeleverd zou worden aan het energienet na aftrek van het verbruik van de naastgelegen bedrijven.



Figuur 9.1 Energieverbruik en -productie van bedrijf [F] en levering aan de andere bedrijven

9.3.2 Combinatie [F] en [D]

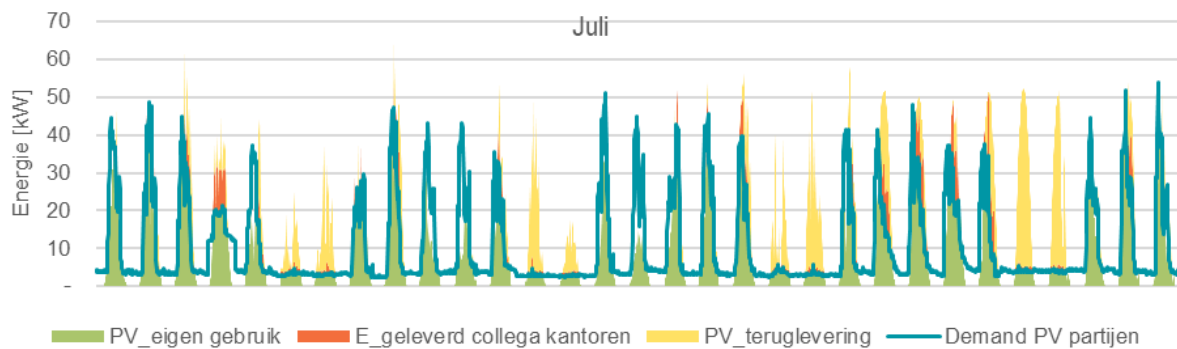
In dit deel wordt een combinatie gemaakt tussen bedrijf [F] en bedrijf [D]. Hierbij wordt eerst het onderlinge zelfverbruik bekeken, daarna worden de andere bedrijven meegenomen. Bij bedrijf [F] worden 90 panelen gesimuleerd en bij bedrijf [D] 149 panelen. De hoeveelheid zon bij [D] is gelimiteerd door het dakoppervlak van het gebouw. Hierdoor wordt niet de totale vraag van [D] opgewekt door zonnepanelen.

In Figuur 9.2 is het gecombineerde verbruik en productie weergegeven. In vergelijking met het profiel van [F] is te zien dat het collectieve zelfverbruik ([F] en [D] gezamenlijk) groter is. Hierdoor is ook de levering naar de andere twee partijen lager geworden. Een samenwerking tussen deze twee bedrijven laat zien dat hierdoor meer zonne-energie direct gebruikt kan worden, waardoor het middenspanningsnetwerk minder belast wordt. Van het totale jaarlijkse energieverbruik wordt 89% opgewekt door zonnepanelen. 54% van de opgewekte energie wordt direct door de twee partijen gesimuleerd en 13% wordt gelijktijdig door de burens geconsumeerd. 33% van de zonne-energie wordt geëxporteerd naar het distributienet wat een hoger percentage is dan wanneer alleen [F] panelen heeft.

Het geëxporteerde vermogen is nu groter dan het netto geïmporteerde vermogen door de productie van zonne-energie. Hierdoor is een grotere netaansluiting nodig. Dit kan voorkomen worden door de zonnepaneleninstallatie uit te schakelen op het moment dat de export hoger wordt dan 55,2 kW.

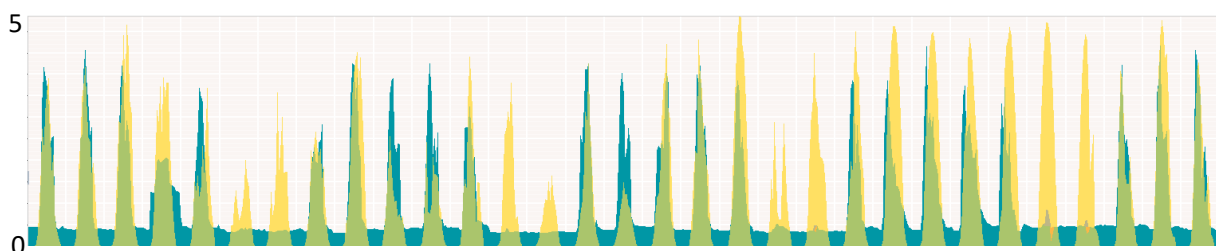
	Energie [MWh]	Vermogen [kW]
Energievraag	80,1	55,9
PV-opbrengst	71,6	64,8
Netto vraag (net import)	41,5	48,3
Eigen gebruik PV	38,6	53,5
PV na eigen gebruik	33,0	61,4
Energievraag burens	35,9	18,6
PV-levering burens	9,1	18,6
PV-export	23,8	60,2

Tabel 9.4 Energiegegevens van de combinatie [F] en [D] (2019)



Figuur 9.2 Energieverbruik en -productie van bedrijf [F] en [D] met levering aan de twee naastgelegen kantoren.

Aan het bovengenoemde scenario is een gezamenlijke batterij voor [F] en [D] toegevoegd waarmee de pieken, voor zowel vraag als productie, opgevangen kunnen worden. De maximale import uit het net (48,3 kW) ligt dicht bij de limiet van de eerstvolgende kleinere aansluiting van 47,3 kW. Met de accu wordt ook de uitgaande piek teruggebracht naar 43,7 kW. Voor de combinatie van deze twee bedrijven, met elk de gewenste zonnepaneleninstallatie, is de 'HYP 40'-batterij nodig. In de batterij zal 10% van de capaciteit gereserveerd worden voor de vraagpieken en 90% voor de opwekkingspieken en zal de batterij niet gebruikt worden voor het verhogen van het eigen verbruik. Dit is bepaald door middel van de simulatie. Hierin is geoptimaliseerd op het verlagen van de aansluitcapaciteit.



Figuur 9.3 Energieverbruik en -productie van 4 bedrijven in juli

9.3.3 Vier partijen gecombineerd

Wanneer alle partijen een eigen aansluiting hebben, is de totale capaciteit van de aansluiting 133,7 kW. Hiervoor wordt een gezamenlijk bedrag van €3.295,- betaald. Wanneer gekeken wordt naar het gecombineerde gebruik van de vier partijen is slechts een aansluiting van 69 kW nodig. Wanneer dit gecombineerd wordt met de beoogde panelen voor [F] (90) en [D] (149), is de hoogste piek nog 61 kW. Met dit aansluitvermogen zit deze combinatie in de grootverbruikerscategorie.

Aansluitingen	Jaarverbruik		Capaciteit		Netkosten
[F]	26,9	MWh	3x35	A	€ 848
[D]	53,1	MWh	3x80	A	€ 1.979
[E]	22,7	MWh	3x25	A	€ 234
[G]	13,2	MWh	3x25	A	€ 234
Totaal	115,9	MWh			€ 3.295

Tabel 9.5 Overzicht verbruik, capaciteit en netkosten per aansluiting

Wanneer de vier bedrijven met de zonnepalen gecombineerd worden met een batterij kan de maximaal benodigde aansluiting verlaagd worden door gebruik te maken van een relatief kleine batterij, BYD HSV 5.1. Door het verlagen van dit aansluitvermogen zal deze combinatie binnen de kleinverbruikers blijven. Door deze toevoeging is de netbelasting voor de netbeheerder lager geworden. Daarnaast is het zo dat wanneer een partij op een grootverbruik aansluiting komt, deze zijn energie niet meer kan salderen. Om

dat het volume energie van deze bedrijven dermate klein is, geeft deze teruglevering voor de programmaverantwoordelijke geen extra onbalansrisico in de energieportefeuille. In de huidige markt levert het vermogen van het eigen verbruik voor kleine partijen geen voordelen op.

Kengetallen totaal	
Jaarconsumptie	116 MWh
PV-productie	72 MWh
Verbruik alle 4 partijen	48 MWh
Piek in	55.2 kW (zonder batterij 60,1 kW)
Piek uit	55.2 kW (zonder batterij 56,9 kW)

Tabel 9.6 Totale kengetallen

De batterij heeft een levensduur van 10 jaar in de huidige opstelling met een investering van €3.600,-. Voor de 239 zonnepanelen (71,7 kWp) is een investering van een ton nodig. De gehele installatie in deze situatie zal in 7 jaar terugverdiend worden. Wanneer er geen batterij aan dit systeem toegevoegd wordt, is de terugverdientijd vrijwel gelijk. Vanuit het de netbeheerder zouden incentives gecreëerd kunnen worden voor de partij die deze peakshaving uitvoert, door een korting te geven op de aansluitkosten zodat de toevoeging van een batterij sneller terugverdiend wordt.

9.3.4 Uitkomsten

In het huidige systeem kunnen bedrijven kosten besparen door middel van peakshaving. De kostenbesparing heeft dan betrekking op de gerekende kosten door de netbeheerder. Mede door het salderen zijn er geen incentives in de huidige markt om de zelfverbruik te verhogen voor bedrijven en consumenten. Door het niet aanwezig zijn van deze incentives blijft het laagspanningsnetwerk maximaal belast met de opwek van zonne-energie. Het gebruik maken van een batterij heeft op dit moment geen toegevoegde waarde voor de consument aangezien energieleveranciers en/of netbeheerders geen incentives koppelen aan deze dienst.

Hoewel het sterk situatie-afhankelijk is, is in de onderzochte situatie de levering naar de omliggende partijen aanzienlijk. Rond de 50% van de initiële export wordt geconsumeerd door de naastgelegen bedrijven. De lokaal opgewekte energie wordt lokaal gebruikt waardoor de piek import en export gereduceerd wordt. Het middenspanningsnetwerk van de netbeheerder wordt hierdoor minder belast. Dit kan een grote invloed kunnen hebben op de veelal daar heersende capaciteitsproblemen.

In de huidige markt is het voor kleinverbruikers belangrijk om in de kleinverbruikersschaal te blijven, aangezien dan gebruik gemaakt kan worden van de salderingsregeling. Grootverbruikers krijgen een vast terugleveringsstarief voor opgewekte energie. Daarnaast liggen de kosten voor een grootverbruikers-aansluiting substantieel hoger dan bij een kleinverbruikersaansluiting waardoor het voor bedrijven voordelig is om de piekbelasting te verlagen/laag te houden.

Netbeheerders zouden een incentive kunnen creëren voor het lokaal gebruiken van energie en voor de peakshaving in verbruik en productie. Bovendien wordt het middenspanningsnetwerk ontlast. Een logische termijn voor het opbouwen van een dergelijke regeling zou het moment zijn dat de salderingsregeling afgebouwd wordt.

DEEL III

10 Bevindingen van drie jaar flex-experimenteren

Tijdens de looptijd van het project zijn we volop bezig geweest met het flexibiliteitsdossier. Onder andere in de techniek, marktkoppeling, businesscases, werving van deelnemers, community vorming etc. Dit heeft ons een aantal inzichten verschaft die we in dit hoofdstuk delen. Deze inzichten zijn een mix van ‘harde’ conclusies uit het onderzoeksgedeelte en meer ‘zachtere’ ervaringen die we hebben opgedaan tijdens de uitvoering van het traject.

10.1 Geschiktheid van de onderzochte assets

Tijdens het praktijkonderzoek voor de n=6 is ervaring opgedaan met sturing van verschillende typen assets: vrieshuizen, EVs, E-transport-voertuigen en batterijen. In het algemeen kan gesteld worden dat deze apparaten zich goed lieten sturen en dat de resulterende flexibiliteit voordelen gaf voor de stakeholders.

Wel zijn er een aantal observaties:

- Vooral **vries- en koelhuizen** zijn ideale bedrijven om flexibiliteit te ontsluiten. In de periodes dat de vraag naar elektriciteit laag/lager of bij veel duurzaam aanbod kunnen koel en vrieshuizen (worden gevraagd) de temperatuur verder naar beneden zetten. Op deze manier wordt extra energie verbruikt. In tijdsblokken dat de vraag naar elektriciteit groter is/wordt, kan de temperatuur juist wat hoger worden ingesteld, waardoor de energievraag vermindert. Aangezien koel- en vrieshuizen zeer goed geïsoleerd zijn, maakt dat voor de opgeslagen goederen geen verschil. De temperatuur stijgt haast niet/heel langzaam in deze koel- en vrieshuizen.

In de praktijk zijn er wel degelijk een aantal beperkingen: voedselveiligheid is essentieel voor bedrijven als Bidfood, daarom is er met name bij de koeling een smalle marge. Dit maakte dat Bidfood onder geen beding toestond om het koelhuis te gebruiken in onze experimenten. Bij de vrieshuizen is er veel meer tolerantie in temperatuur, maar daar lag de beperking in ARBO-omstandigheden: ventilatoren aan tijdens de werkzaamheden in de vriescel is extra belastend, dus tijdens die momenten liever geen temperatuurverlaging. Ook kan condensvorming bij hogere temperaturen leiden tot ijsvorming op de vloer en kan er bij sommige condities zgn. vriesbrand ontstaan. Dus ook hier is zorgvuldigheid bij de sturing van belang.

- Ook elektrische auto's (EV) zijn een belangrijke bron van flexibiliteit. Via de laadpaal laten ze zich makkelijk sturen, de daarvoor benodigde technologie zit in elke EV. Echter in de setting bij Macro was de waarde beperkt. Het gedrag van de bezoekers daar is dat deze hun auto koppelen aan een laadpaal om dan na 30 minuten tot maximaal 1 à 1,5 uur met een (iets) vollere batterij het terrein weer af te rijden. Dit tijdsbestek is te kort om flexibiliteit te kunnen ontsluiten. Eén laadpaal werd gebruikt door een medewerker van Macro. Deze auto is minimaal 8 à 9 uur aangesloten. Dit geeft aanzienlijk meer flexibiliteit aangezien de auto vaak na 3 à 4 uur volledig is opgeladen. Dus is het juist de *laadpaalklever* die flexibiliteit kan ontsluiten. Dit introduceert wel weer een sociaal probleem: de laadpaal wordt voor langere tijd bezet. Vanuit ontsluiten van flexibiliteit willen we de laadpaalklever, maar vanuit eigenaarschap juist weer niet. We verwachten dat bij een kantoorsetting (waar grotere hoeveelheden auto's gedurende een langere periode staan) er aanzienlijk meer mogelijkheden zijn.

- E-Transport (ordertrucks, etc.) is evenals EV goed bruikbaar, maar de energievolumes zijn klein en daarmee is ook het extra voordeel door sturing beperkt. Eigenlijk is dit alleen zinvol als er via de fabrikant makkelijk grotere hoeveelheden trucks aangestuurd kunnen worden. Daarnaast worden hier nog veelal loodzuur-accu's toegepast, waardoor er meer randvoorwaarden worden gesteld aan een laadsessie.

We zien verdere elektrificatie van het wagenpark. Beleving van binnensteden geschiedt steeds vaker elektrisch (dit i.v.m. laad- en losvenstertijden die door gemeenten dan gunstiger worden aangeboden). Beschikbaarheid van elektrische vrachtwagens is daarbij een belangrijke voorwaarde: een auto moet ready-2-go zijn. Geen ontlading van de batterij (V2G) gewenst, maar smart charging is wel mogelijk. Deze voertuigen zijn niet onderzocht in ons project, nader onderzoek is raadzaam.

- Batterijen zijn verreweg de meest ideale flexbron. Ze laten zich makkelijk sturen en leveren direct een vermogenstoename of -reductie, i.t.t. bijvoorbeeld pendelgedrag bij een vrieshuis of onbekende bezetting bij laadpalen. Dit maakt dat ze breed toepasbaar zijn voor veel flexibiliteitstoepassingen. Hierbij moet wel gerealiseerd worden dat de batterij juist aangeschaft wordt om flexibiliteit te creëren in het energieprofiel. De meerwaarde van die flexibiliteit moet dus opwegen tegen de extra investering. We hebben geconstateerd dat inzet op alleen passief onbalans onvoldoende rendeert. Bij batterijen moet gezocht worden naar een combinatie met andere inzet, bijvoorbeeld peak shaving, UPS. Dit staat bekend als value stacking.
- Vanuit het theoretische onderzoek van Enexis en TU/e blijkt dat een warmtepomp ook een apparaat is waar flexibiliteit aan te onttrekken is. Je kunt namelijk het vermogen van een warmtepomp sturen. Warmtepompen voor woonhuizen zijn daar grotendeels al geschikt voor gemaakt. Probleem bij woonhuizen is wel dat je weliswaar beperkt kunt schuiven: een half uur tot een uur maximaal. Dit is ook nog sterk afhankelijk van "het inleveren van comfort". Bij bedrijven is er meer speelruimte door grotere warmtebuffers. De hoeveelheid flexibiliteit was niet te bepalen uit onze analyses. Daarom is ons advies om hier vervolgonderzoek naar uit te voeren.

Bij de twee onderzochte kantoorpanden met warmtepompen troffen we een verregaande systeemintegratie aan in de ruimteverwarming. De warmtepomp was niet als los onderdeel aan te sturen. De flexibiliteit kan alleen ontsloten worden indien dit via het gebouwbeheersysteem wordt aangeboden. Daarnaast troffen we terughoudendheid aan bij de gebouweigenaar en de installateur. Om een warmtepomp flexibel te gebruiken, is in het pand een groter bufferend vermogen nodig. Warmte- en elektriciteitsvraag zijn nu gekoppeld door gebrek aan buffercapaciteit. Voorbeeld van samenwerking; rekening mee houden bij ontwerp van pand. Let op: hier komen verschillende belangen om de hoek. De gebouweigenaar wil goedkoop, de bewoner van pand wil duurzaam (en goedkoop).

10.2 Technische sturing

- Het is belangrijk te realiseren dat de energiesturing geen vervanging is van de aanwezige regeltechniek in een apparaat of proces. Het moet erbovenop worden gebouwd zodat de primaire regeling niet wordt verstoord. Dit is belangrijk voor de veiligheid (die geborgd is door de primaire regeling), de betrouwbaarheid (primaire regeling gaat door als internetverbinding wegvalt) en de

aansprakelijkheid (waarde van flexibiliteit is relatief klein t.o.v. de evt. gevolgschade bij uitval van de sturing). Bij de sturing voor de n=6-bedrijven is dit als ontwerpcriterium gehanteerd waardoor in sommige gevallen extra veiligheidsvoorzieningen zijn getroffen in de primaire regeling (o.a. vrieshuis Bidfood).

- Door bovengenoemde reden ontstaat er een afhankelijkheid/betrokkenheid van de fabrikant (Hamilton/Pool Koude Techniek/Hoppeke). Opschaling is eigenlijk alleen mogelijk als de fabrikant voorzieningen treft voor flexibiliteitssturing, waarbij standaardisatie van het protocol zeer gewenst is. We zien inmiddels bij apparatuur in woonhuizen hoopvolle ontwikkelingen (bijvoorbeeld Smartgrid ready apparatuur), maar bij batterijen, koelinstallaties en ruimteverwarmingsinstallaties is er nog nauwelijks standaardisatie. Nogmaals: dit is belemmerend voor verdere opschaling.
- In het EV-segment is standaardisatie een stuk beter geregeld. Er is een goed marktmodel waarin ook nagedacht is over ontsluiten van flexibiliteit. Het protocol tussen laadpaal en voertuig (OCPP) biedt standaard mogelijkheden voor het sturen van het laadproces. In ons experiment hebben we gebruikt gemaakt van het OSCP-protocol om een groep palen aan te sturen. Dit protocol bleek minder geschikt voor de passieve onbalanssturing die we hebben toegepast. Alternatieve protocollen (o.a. OCPI) zijn in ontwikkeling.
- Centrale sturing van een groep apparaten vereist een Internet-of-Things-implementatie die weer gebruik maakt van een onderliggende internetverbinding. Dit introduceert kwetsbaarheid (uitvallend internet) en internet-security-risico's. Bij het ontwerp van de IoT-oplossing moet hier rekening mee worden gehouden.

10.3 Marktontsluiting

- Technisch zijn er weinig belemmeringen, afgezien van gebrek aan standaardisatie. Inzet van flexibiliteit en het aanbieden daarvan aan andere partijen is de afgelopen jaren in diverse settings uitgetest. Inzet op passief onbalans is staande praktijk in de (glas)tuinbouwsector en is in opmars bij grotere industrie. Verschillende leveranciers hebben zich gespecialiseerd in het uitnutten van flexibiliteit in hun portfolio. Echter het profiteren van de onbalansmarkt kan alleen als de leverancier dit aanbiedt in haar dienstverlening. Op deze manier is er sprake van vendor lock-in.
- Inzet van flexibiliteit voor balanceringsdiensten is in opmars. TenneT heeft zijn FCR- en aFRR-producten gereed gemaakt voor nieuwe bronnen en ook de platformen worden aangepast. De zgn. 'balance service provider (BSP)'-rol is geïntroduceerd en in de wetgeving geborgd¹². Hiermee kunnen markspelers hun flexibiliteit aanbieden aan TenneT, zonder medewerking van de BRP. Dit verhoogt de toegang tot de markt. Recent heeft TenneT het Equigy¹³-platform gelanceerd waarin kleinere assets makkelijk mee kunnen doen. Er lopen momenteel pilots met dit platform. Na evaluatie zal het worden uitgerold in Nederland, Duitsland, Zwitserland en Italië.

¹² <https://www.acm.nl/nl/publicaties/besluit-codewijziging-door-elektriciteitsbalancering>

¹³ <https://www.tennet.eu/nl/nieuws/nieuws/euigy-platform-biedt-europese-consumenten-toegang-tot-de-duurzame-energiemarkt-van-morgen/>

- Ook voor congestiemanagement zijn er vorderingen. In de nieuwe energiewet, waarvan de contouren momenteel ter consultatie liggen bij de stakeholders¹⁴, zijn voorschriften opgenomen voor DSO's en TSO's om inkoop van flexibiliteit als alternatief voor netverzwaring. Vanuit de DSO-zijde zijn er diverse pilots uitgevoerd op basis van het USEF-framework¹⁵ en vanuit TSO-zijde is het GOPACS¹⁶-platform aangewezen als marktplatform voor congestiemanagement. Het ligt in de verwachting dat het nieuwe USEF-protocol (UFTP) opgenomen wordt in GOPACS om zodoende een compleet palet te hebben voor congestiemanagement.
- Aggregators zijn in de nieuwe energiewet aangemerkt als nieuwe marktspeeler. Ze krijgen volledige marktoegang voor energiehandel en aanbieden van 'vraagresponsdiensten' en toegang tot het berichtenverkeer. Wanneer ze energie leveren, nemen ze de rol aan van leverancier met ditto verplichtingen, o.a. het hebben van een leveringsvergunning bij levering aan kleinverbruikers. Dit zal bijdragen aan de marktontsluiting. Echter ontstaat er dan een situatie van meerdere leveranciers op één aansluiting¹⁷ (zgn. MLOEA). De nieuwe wet vereist wel dat er een duidelijke scheiding moet liggen tussen de hoofdleverancier en de eventuele andere leverende partijen. De oplossing wordt gezien in het aanleggen van een tweede allocatiepunt achter de aansluiting. Wij verwachten dat dit drempelverhogend werkt in het MKB-segment, omdat dit zowel eenmalige kosten meebrengt als verhoging van de maandelijkse kosten.
- Bedrijven met meerdere vestigingen hebben veelal een centraal contract (landelijk). Het lokaal schakelen met een andere energieleverancier is daardoor niet altijd mogelijk.

10.4 Marktwaaarde flexibiliteit

- Uit het praktijkonderzoek met sturing op onbalans is gebleken dat hier zeker waarde in zit. Procentueel grootte orde 20% van de energieprijzen. Zeker als een installatie zich makkelijk laat sturen, de impact op het primaire proces beperkt is en de gebruikers er weinig hinder van ondervinden, is dit de moeite waard. Vrieshuizen vallen zeker in deze categorie. Ook met EV is veel te bereiken, onder voorwaarde dat er een goede paalbezetting is.
- Flexibiliteit voor de DSO heeft ook zeker een waarde. In het TU/e-onderzoek is geconstateerd dat de toenemende penetratie van duurzame technieken (PV, WP, EV) tot congestieproblematiek kan leiden, maar dat de aanwezige flexibiliteit ook weer kan helpen om dit (deels) op te lossen. Dit is niet altijd een alternatief voor verzwaren, maar kan helpen om investeringen te voorkomen of op z'n minst uit te stellen. Vanuit het alternatief verzwaren is het mogelijk een waarde te bepalen voor flexibiliteit. Door Enexis gehanteerde vuistregel is 100k€/MW. Hierbij moet gerealiseerd worden dat bij structurele congestieflexibiliteit langjarig moet worden ingekocht. Bij congestie met een tijdelijk karakter is inkoop van flexibiliteit vaker een beter alternatief. Momenteel zijn de meeste DSO's aan het experimenteren met flexibiliteitsmarkten en is nog niet duidelijk hoe die prijsvorming er in de praktijk uit gaat zien.

¹⁴ <https://www.hieropgewekt.nl/nieuws/contouren-van-nieuwe-energiewet>

¹⁵ <https://www.usef.energy/>

¹⁶ <https://gopacs.eu/>

¹⁷ <https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/17467/Codebesluit-faciliteren-meerdere-leveranciers-op-een-aansluiting>

- Flexibiliteit kan ook gebruikt worden voor aanbieden van balanceringsdiensten (FCR, aFRR, mFRR). De prijzen hiervan zijn bekend. Het wordt alom verwacht dat er vanwege toenemende penetratie van zon en wind in de energievoorziening meer behoefte komt aan flexibiliteit voor dit doel, maar dat blijkt nog niet uit prijsontwikkelingen in Duitsland. Recent¹⁸ is TenneT gestart met 4-uurs veilingen. Nog steeds zien we een waarde van ruwweg 100k€/MW op jaarbasis met flinke uitschieters naar boven en naar beneden. Dit biedt op dit moment zeker kansen voor batterijen. Het is interessant om de prijsontwikkeling in de gaten te houden.
- Prijsvariaties op de day-ahead-markt zijn duidelijk groter dan een aantal jaren geleden. Op zondag 29 maart 2020 was de APX-prijs voor het eerst in de geschiedenis gedurende een aaneengesloten periode van meer dan zes uur negatief. Dat is natuurlijk een ideaal moment voor het extra koelen van vriescellen of laden van auto's. De trend lijkt structureel en hooguit enigszins versneld door de COVID-crisis. Het is de moeite waard voor eindafnemers met veel flexibiliteit om hier gebruik van te maken. Ook de onbalansprijs kent perioden met veel schommelingen. Tijdens de periode waarin we het vrieshuis van Bidfood stuurden, was de onbalansprijs structureel lager dan de APX. Extrapolatie van deze situatie voor een heel jaar zou leiden tot een reductie van de stroomprijs van maar liefst 70%. Dus goed inspelen op de variaties die er op de markten zijn, is zeker de moeite waard.
- Voor de eindklant is er voordeel te halen op de netwerkkosten. Flexibiliteit kan helpen om in dezelfde aansluitcategorie bij de hoeveelheid gecontracteerd vermogen te reduceren of zelfs naar een lagere aansluitcategorie zou kunnen gaan. Bijvoorbeeld van MiddenSpanning (=MS) naar MS/LS of zelfs naar het LaagSpanning (=LS) netvlak. In dat geval is er een significante besparing op de netwerkkosten waardoor de businesscase voor een batterij positief kan uitvallen. Zeker met de verwachte prijsdaling van batterijtechnologie zal dit steeds vaker het geval zijn. In het bijzonder bedrijven die door inzet van een batterij net onder de bovengrens van zakelijk kleinverbruik (3x80A) kunnen blijven, zijn er extra voordelen, o.a. doordat opgewekte energie dan wel mag worden gesaldeerd.

10.5 Deelnemers en community

- De belangstelling voor het BZO-project bij het benaderen van bedrijven op het bedrijventerrein Zuidoost is voorafgaand aan het project positiever ingeschat dan achteraf gebleken. De oorzaak van de lagere belangstelling van de bedrijven heeft volgens de samenwerkende partners te maken met:
 - Hoe zorg je ervoor dat de uiteindelijke doelgroep (al dan niet in een community), hier bedrijven op een bedrijventerrein, allemaal in hun hart/portemonnee worden geraakt, zodat alle deelnemers binnen een doelgroep willen mee werken? Hoe bewerkstellig je bij bedrijven een andere mindset? Zijn er wellicht verschillende doelgroepen binnen/op een bedrijventerrein? Hoe verhouden werknemers en werkgevers zich tot elkaar? Spreek je een bedrijf aan of een medewerker?
 - Het niveau van kennis/kunde over energievraag en aanbod en flexibiliteit binnen deze organisaties/bedrijven is er niet of nauwelijks. De boodschap is lastig en eentonig. Alleen

¹⁸ <https://www.tennet.eu/nl/nieuws/nieuws/europese-fcr-samenwerking-bereikt-de-volgende-mijlpaal-in-de-ontwikkeling-van-de-grootste-fcr-markt/>

maar over energie de verbinding zoeken, bindt en boeit bedrijven uiteindelijk in mindere mate is gebleken. Vooraf had bij de planvorming meer rekening moeten worden gehouden met de intensiteit van community-building.

- Deelnemer/klant moet ontzorgd worden. Het bedrijf moet vaak gewoon door kunnen draaien, ook al moet er technisch iets worden aangepast. Het bedrijfsproces mag niet in gevaar komen.
 - Deelnemer/klant moet vertrouwen hebben in de aangeboden oplossing. In dit project was sprake van een zekere onderzoeks- en ontwikkelingscomponent. Dat spreekt bedrijven niet altijd aan. Bedrijfscontinuïteit is zeer belangrijk.
 - Deelnemer/klant wil uiteindelijk ook zien dat het geld oplevert. Feitelijk was in onderhavig project sprake van virtueel geld. We hebben bestaande energiecontracten intact gelaten en hebben schaduw gedraaid. Dit bood de bedrijven wel inzicht in het voordeel dat bereikt kon worden, maar dat was een theoretisch voordeel.
 - Deelnemers/klanten die meedoen, willen graag betrokken zijn. Het betrekken van de deelnemers op een actieve wijze vormde in een omgeving waar veel oog was voor techniek een aandachtspunt. Taal speelt hierin overigens ook een belangrijke factor; de techniek simpel kunnen uitleggen.
- De vorming van een community van bedrijven is lastig gebleken. Anders dan bij particulieren waar nog een zeker idealisme te vinden is in een streven naar een duurzame, collectieve energievoorziening, ligt bij bedrijven de primaire focus op hun onderneming. Tijd en geld zijn belangrijke factoren, die maken dat bedrijven al dan niet aangehaakt blijven. Energie is slechts één van de vele bedrijfsmiddelen, waarbij continuïteit en prijs voorop staan. Dat wil niet zeggen dat er bij ondernemers geen aandacht is voor de energietransitie. Integendeel: we hebben in onze gesprekken veel enthousiasme over dit onderwerp aangetroffen en een paar mooie initiatieven gezien. Ook uit onderzoek van Enexis komen bij bedrijven de volgende behoeften naar voren:
 - De mogelijkheid om te besparen.
 - Bijdragen aan een betere toekomst.
 - Verhogen van hun leveringsbetrouwbaarheid.
 - De behoefte aan onafhankelijkheid.

Energietransitie speelt zeker, maar er is geen reden om dit collectief aan te pakken. Lokale binding is beperkt en gezamenlijk met collega-bedrijven investeren in duurzame technieken levert een wederzijdse afhankelijkheid en daarmee een bedrijfsrisico. Dit moet onderkend worden door beleidsmakers en, indien collectieve voorzieningen onderdeel worden van een regionale energiestrategie, zullen de deelnemende bedrijven hierin gefaciliteerd moeten worden zodanig dat deze risico's afgedekt zijn.

Reflectie van de bedrijvenvereniging Zuidoost op de community-activiteiten:

De bedrijvenvereniging Zuidoost participeert in het project "BZO Community-flex" vanwege de fysieke aanwezigheid op het bedrijventerrein Zuidoost. Ondernemers/bedrijven die lid zijn van onze vereniging hebben verduurzaming van het bedrijventerrein hoog op de agenda staan. Vandaar dat de vereniging ook besloten heeft om actief in dit project te participeren.

De hoeveelheid duurzame opwek van elektriciteit neemt toe; ook bij bedrijven. Het opwekpotentieel op het bedrijventerrein (Zuidoost) is groot. Veel lokale opwek vraagt om een slimme afstemming van vraag en aanbod. Lokale producenten van elektriciteit en netbeheerders hebben belang bij flexibiliteit. Bedrijven hebben deze flexibiliteit onder hun dak, vaak zonder het te weten.

Bij de start van het project had de vereniging hoge verwachtingen. Hoe mooi zou het zijn als het bedrijventerrein in staat zou zijn om zelf energie op te wekken, deze energie flexibel met elkaar te delen en zelfs slim te regelen en monitoren.

Hoewel een aantal ondernemers in de bereidwillige stand stonden, kregen we niet alle bedrijven op dat terrein mee met deze pilot. Sommigen wilden hun data niet delen, sommigen wilden geen vreemde organisaties over de vloer, sommigen zagen niet direct de meerwaarde, geen idee wat het hen zou opleveren. Het niet realiseren en gestalte geven aan een goede community was hier ook debet aan. Dit kwam moeilijk van de grond, mede door de beperkte middelen.

Goede communicatie en binding met (mogelijk) deelnemende bedrijven is cruciaal in het welslagen van een dergelijk project. Er hebben minder bedrijven actief deelgenomen aan de pilot dan wij van tevoren hadden verwacht. Daarentegen heeft het project qua kennis wel veel opgeleverd. De ontwikkelde software, meetinstrumentaria en analyses bieden perspectief voor toepassingen bij het MKB en dat is positief. Voorwaarde is dat deze opgedane kennis en proposities worden gedeeld met onze achterban.

Daarnaast is het van belang dat de specifieke kennis die in een dergelijk project wordt opgedaan in 'begrijpelijke taal' vertaald wordt richting de ondernemers. Het risico is anders dat er gaandeweg het project een kloof ontstaat tussen de beroepsprofessionals en de (meeste) ondernemers op het bedrijventerrein.

10.6 Overheidsbeleid

- We hebben gezien dat de rol van de gemeente belangrijk is. Dit wordt onderschreven door andere onderzoeken, o.a. rapport RVO TESI 117014. Bijvoorbeeld een tegemoetkoming in de kosten van een onderzoek naar de dakconstructie (i.r.t. zon-PV) is zeer gewenst. Zo hadden we een bedrijf die panelen had gekocht en er te laat achter kwam dat de dakconstructie niet of onvoldoende sterk was. Het bedrijf had er nooit aan gedacht om vroegtijdig een constructie-onderzoek te laten uitvoeren. De partijen die het wel in beeld hadden, vonden de kosten echter te hoog en kozen ervoor om geen gebruik te maken van de panelen. Tijdens ons campagne in de Wasaweg hebben we gezien dat het wijzen van de noodzaak van een dakconstructie-onderzoek ertoe leidt dat een veel beter beeld kan worden gekregen van het werkelijke potentieel aan zon-PV dat op de daken kan worden gelegd.

Verder heeft de gemeente partijen die met het project meededen en tevens een energiebesparingsverplichting hadden, beloond door deze bedrijven coulant te benaderen. Dit heeft ons project geholpen en was voor enkele deelnemers belangrijk.

- Meer in het algemeen zouden ontwikkelaars van zonneprojecten meer gestimuleerd moeten worden om zonnepanelen op bedrijfsdaken te leggen, in plaats van op landbouwgrond. Zonnepanelen op bedrijfsdaken zijn in 2020 vanuit maatschappelijk oogpunt namelijk wenselijker

dan panelen op landbouwgrond. Dat blijkt uit een vergelijkend onderzoek van Berenschot en Kalavasta in opdracht van Enpuls, onderdeel van Enexis Groep.

10.7 Ketensamenwerking

- We hebben gezien dat in sommige gebouwen sprake was van een warmtepomp, maar dat deze warmtepomp zich moeilijk (of liever: niet) flexibel liet aansturen. Veelal lijken hier de belangen van huurder en pandeigenaar uiteen te lopen. De pandeigenaar wil een goedkope warmtepomp en de huurder wil een gebruikersvriendelijke (en flexibel in te regelen) warmtepomp. Dit laatste vraagt veelal om een hogere investering, hetgeen niet altijd in het belang is van de pandeigenaar. Soms is het ook onbekendheid van de gebouweigenaar en kiest hij voor een variant die niet flexibel is aan te sturen. Door vroegtijdig in de keten samen te werken kan hier al tijdens de bouw van een pand beter op worden gestuurd.
- Een buurtbatterij, zoals ooit is getest in Etten-Leur, werd door een marktpartij de aggregator als individuele eenheid aangestuurd op basis van het kijken naar vraag en aanbod van energie en het verbruik per deelnemer (actueel en zoals voorspeld de komende uren). Zo werd gezorgd voor een economisch optimale inzet van de buurtbatterij. In dit project is gekeken wat financieel, juridisch en wetmatig nu wel en niet kan. Vanuit een analyse blijkt dat het technisch allemaal mogelijk is, maar dat we financieel, juridisch en wetmatig tegen enkele blokkades oplopen. Een netbeheerder mag alleen een batterij plaatsen in geval van congestie of bij spanningskwaliteitsproblemen. Commerciële marktpartijen vinden het nog veel te duur. Vuistregel is dat een netbeheerder nu ca. €100.000 per 1 MW voor een uitbreiding van het elektriciteitsnetwerk kwijt is en nu voor de batterij als alternatief nu ca. €500.000/600.000 voor 1MW betaalt. Wellicht dat afschaffing van de salderingsregeling ervoor gaat zorgen dat er meer vraag komt naar batterijen, waardoor de prijs ook gaat zakken en de batterij op deze manier door de gehele keten heen een betaalbaar alternatief is/wordt.
- Vanuit huidige wet- en regelgeving kan de netbeheerder “goed gedrag” nog niet/onvoldoende op een individueel bedrijf belonen. Voor Enexis als consortiumpartij levert flexibiliteit in dit project onder huidige wet- en regelgeving niet zoveel op. Voor in de toekomst zal dat pas werken wanneer wet- en regelgeving en de opbouw van de tariefstructuur van een kWh-prijs maar zeker ook aanpassing van het huidige marktmodel mogelijkheden biedt/gaat bieden om “goed bedrag” te kunnen belonen en/of minder belasting te laten betalen en dat daardoor ook bedrijven hun gedrag in vraag en aanbod van energie willen gaan aanpassen. Voor consumenten en bedrijven zijn er natuurlijk afhankelijk van type consument/bedrijf en de “drive” om te veranderen in elektriciteitsgebruik op individueel niveau wel besparingen mogelijk.
- Bij het aanpassen/herinrichten, nieuwe inrichting van bedrijventerreinen zou de keten gebaat zijn in een maximale benutting van het net op basis van een goede balans in vraag en aanbod. Dit voorkomt dat een netbeheerder in de toekomst moet investeren in zijn netwerk. Eventuele netwerkinvesteringen kunnen daardoor worden af- of uitgesteld. Goede ketensamenwerking is hierbij een must. Breng in de keten de belangen bij elkaar, leg uit wat kan en wat niet kan. Niet alleen technisch, maar ook juridisch en sociaalpsychologisch. Dat vereist dus anders denken... niet alleen op individueel niveau, maar juist op ketenniveau. Wanneer kan iedereen vruchten plukken?

Het voordeel van ketensamenwerking is dat vooraf verwachtingen kunnen worden gemanaged bij het aanpassen/herinrichten van een terrein.

Kijkend naar het ketendenken (wat nu gedeeltelijk gebeurt bij het tot stand komen van de regionale energiestrategieën waar de netbeheerders samen met gemeente/provincies plannen maken voor de toekomst rekening houdend met het klimaatakkoord) zoals bij ontwikkeling van nieuwe bedrijfsterreinen, hervorming van bedrijfsterreinen, inrichting van nieuwe woonwijken, aanpassen van nieuwe woonwijken, etc. is nog steeds onvoldoende ingebed. Het betrekken van alle benodigde ketenpartners is daarbij van belang. Dus afhankelijk van wat er ontwikkeld/aangepast moet worden, is het betrekken van niet alleen gemeentes en provincies, maar bijv. ook installateurs, vertegenwoordigers van bedrijven (verenigd in een community) of vertegenwoordigers van bewoners van nieuwe/bestaande woonwijken en woningbouwverenigingen belangrijk... Iedere deelnemer in de totale keten kan dan uitleggen/delen wat wel/niet kan.

- De SBI-codes, zoals deze bij KvK worden gebruikt, heeft men voor de inrichting en/of aanpassingen van gebieden/klantinstallaties niets aan. Alle bedrijven voor op- en overslag hebben dezelfde SBI-codes. In het BZO-project zien we een groot verschil in type bedrijf. Bij een op- of overslagbedrijf van koel- en vriesproducten is veel flexibiliteit te ontsluiten. Dit in tegenstelling tot bijv. een bedrijf met opslag van bijv. WC rollen. Beide bedrijven hebben wel dezelfde SBI-code. Wellicht aanpassen van de SBI-systematiek.
- Gemeentes willen bij het ontwikkelen en/of aanpassen van bedrijventerreinen/woonwijken rekening kunnen houden met wat er komt: welk type bedrijven gaan zich vestigen. Welke vrijheid heb je als gemeente, waar heeft een gemeente behoefte aan, is het verdelen van taken over verschillende afdelingen binnen een gemeente nu nog wel van deze tijd, waarom is bij de gemeente het ketendenken nog niet (goed) ingebed en wanneer moet je als gemeente doorschakelen?

10.8 Slotwoord

Reflecterend op het project mogen we constateren dat er alle reden is om te kijken naar flexibiliteit in het MKB-segment. Bij de zakelijke grootverbruikers met specifieke assets, zoals vrieshuizen en laadpleinen, is er hier en nu geldelijk voordeel te halen en in specifieke gevallen is er te besparen op de kosten voor de aansluiting. Voor de zakelijk kleinverbruikers is nu nog weinig te halen. Maar als zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's grootschalig worden toegepast, zullen congestieproblemen ontstaan die deels met flexibiliteit kunnen worden opgelost.

Een collectieve aanpak op een bedrijventerrein bleek lastig in de praktijk. De bedrijven zijn divers (naar aard en omvang) en niet allemaal even ver in hun energietransitie. We kunnen constateren dat er koplopers zijn vanuit een intrinsieke motivatie en bedrijven die onvoldoende gemotiveerd zijn om enige stappen te zetten. De insteek van het ontsluiten van een heel park als community is daardoor lastig; op zijn minst zeer arbeidsintensief. Een kleinschalige insteek zoals in de Wasaweg is gehanteerd, lijkt kansrijker. Echter daar zien we dat -ook al zijn de bedrijven geografisch dicht bij elkaar gevestigd- het huidige energietariefsstelsel en belastingregime tot nauwelijks financiële prikkels voor het collectief leidt.

Door de uitvoering van het project hebben we een veel beter beeld gekregen van het MKB-segment en hun specifieke uitdagingen. We hopen dat de resultaten zullen bijdragen aan de verdere verduurzaming van dit segment. Specifieke aandachtspunten en aanbevelingen kunnen worden meegenomen in de uitvoering van de regionale energiestrategieën.

APPENDICES

Appendix A. Voorbeeld jaarrapport bedrijf [F]

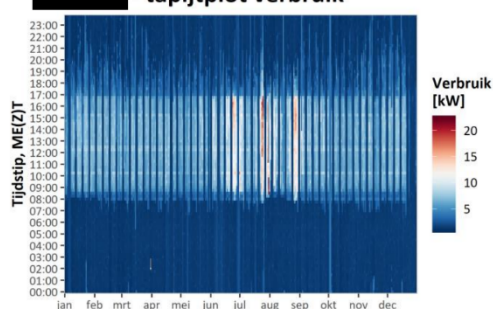
BZO Community Flex

Jaarrapport virtuele zonnepanelen + batterij

Bedrijf: [REDACTED]
Adres: V [REDACTED]
Jaarverbruik: 24.872 kWh

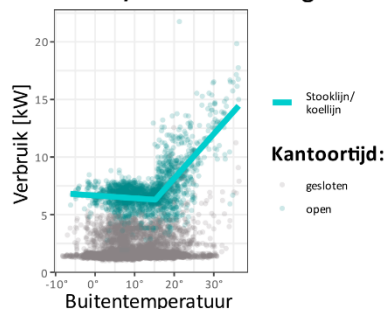
In 2019 hebben wij uw elektriciteitsverbruik mogen monitoren, waarvoor dank!
Uw elektriciteitsverbruik is geanalyseerd en geplot in onderstaande twee afbeeldingen. Links ziet u het verbruikspatroom over het hele jaar in een tapijtploot, rechts ziet u het verbruik uitgezet tegen de buitentemperatuur.

[REDACTED] - tapijtploot verbruik



Tapijtploot: horizontaal per dag, verticaal per kwartier, de kleur weergeeft de hoogte van het verbruik.
Te zien is dat het meeste verbruik tussen 8:30 en 17:00 plaatsvindt, met uitzondering van weekenden en de kerstvakantie. In de zomer neemt het verbruik rond kantoor tijden toe.

Stook-/koelwaarneming



Spreadsingsdiagram: horizontaal de buitentemperatuur en verticaal het verbruik. Elk punt vertegenwoordigt de waarneming van een uur, de kleur impliceert of de waarneming tijdens kantooruren was of niet.
Te zien is dat het verbruik tijdens kantooruren schommelt rond 7 kW, maar oploopt vanaf een buitentemperatuur van 15°. De aanwezigheid van een airconditioning wordt verondersteld.

In totaal hebt u in 2019 **26.928 kWh** verbruikt.

De hoogste verbruikspiek was **22,26 kW** op 31 juli om 09:30. U zou daarmee kunnen volstaan met een aansluiting van 3x35A. Uw energiekosten inclusief aansluiting worden zodoende geschat op **€5.893** per jaar.

U hebt van ICT virtuele zonnepanelen en een virtuele batterij gekregen. Nu het jaar afgelopen is, kunnen we inzichtelijk maken wat dit voor u heeft opgeleverd. We doen dit aan de hand van drie scenario's: één met alleen een batterij, één met alleen zonnepanelen en één met een combinatie daarvan. De drie scenario's zijn op maat gemaakt voor uw verbruikspatroom en het kostenplaatje over de lange termijn wordt vergeleken met de huidige situatie.

Scenario 1: een batterij voor piekreductie

Als kleinverbruiker betaalt u een maandelijks bedrag voor de aansluiting. De aansluiting hangt af van de hoogste piek in het verbruik.

Voor het omlaag brengen naar een goedkopere aansluiting, moet uw verbruikspiek met 5,1 kW omlaag. U krijgt daarvoor een virtueel batterijsysteem van **7,7 kWh** capaciteit, een vermogen van **7,7 kW** en een verbruik van 60 W (**€110 per jaar**). De aanschafkosten zijn: **€4.804**

Met de goedkopere aansluiting van 3x25 A bespaart u **€610,45 per jaar**. Het duurt daarmee 8 jaar voordat de batterij zichzelf terugverdiend heeft. Dit is binnen de garantietermijn van 10 jaar van de batterij.

Scenario 2: zonnepanelen

U krijgt **90** virtuele zonnepanelen: **27 kWp**, een jaaropbrengst van ongeveer 26.950 kWh en aanschafkosten van **€37.800**.

Op de zomerse dagen is de meeste zon en staat de airco het meeste aan. De productie overlapt zodoende met uw hoogste verbruikspieken, wat maakt dat uw hoogste piek van import uit het net 13,6 kW geworden is. De zonnepanelen dragen dus bij aan piekreductie, en uw aansluiting kan omlaag naar 3x25 A.

Op weekenden waarbij weinig elektriciteit geconsumeerd wordt en de productie van de zonnepanelen hoog is, krijgt u echter pieken van export naar het net tot 22,9 kW. Om binnen de aansluitingslimiet van 3x25A te blijven wordt daarom de productie op deze dagen beperkt. De jaaropbrengst wordt daardoor **26.854 kWh** en met de goedkopere aansluiting bespaart u **€610,45 per jaar**. Het duurt nu **7 jaar voordat de investering zichzelf heeft terugverdiend**.

Scenario 3: zonnepanelen en batterij

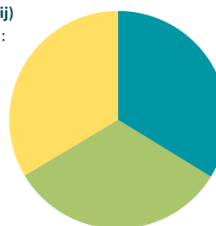
U krijgt **90** virtuele zonnepanelen en een batterij met **8,3 kWh** capaciteit, **7,7 kW** vermogen en een verbruik van 60 W (**€110 per jaar**). De aanschafkosten voor de batterij zijn **€4.838**, voor de zonnepanelen **€37.800** dus totaal: **€42.638**.

De batterij is in staat om een vijfde van het energie-overschot van de zonnepanelen op te slaan en te benutten op momenten dat de productie lager is dan het verbruik. Het zelfverbruik stijgt hierdoor met 8%:

Op dit moment wordt export gesaldeerd. Dat betekent dat het wordt afgetrokken van de import en u effectief hetzelfde bedrag voor uw export krijgt als u betaalt voor de import. Dankzij het verbruik en rendementsverlies van de batterij **kost hij dus meer dan hij oplevert**. Verwacht wordt dat er vanaf 2023 elk jaar 11% minder gesaldeerd wordt. In 2031 wordt niets meer gesaldeerd en krijgt u bijvoorbeeld 6 cent per kWh export. In dat geval levert de batterij een **besparing van €221 per jaar** en heeft hij een terugverdientijd van bijna **22 jaar**. De batterij heeft een geschatte afschrijving van 9% per jaar dus gaat naar verwachting ongeveer **11 jaar mee**. Voor dit doel alleen kan het duidelijk niet uit om nu een batterij voor aan te schaffen. Wellicht gaat dit in de nabije toekomst, met de steeds goedkoper wordende batterijen, nog veranderen.

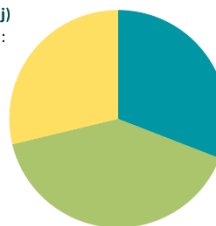
Energiedistributie scenario 2 (exclusief batterij)

Zelfvoorzienend:
49%



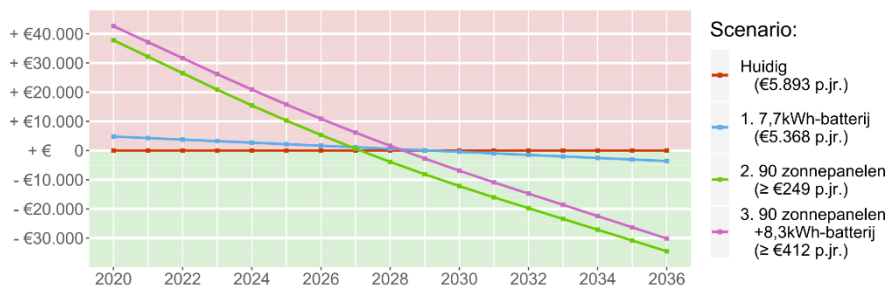
Energiedistributie scenario 3 (inclusief batterij)

Zelfvoorzienend:
57%



Overzicht terugverdientijd scenario's

In de volgende grafiek zijn de uitgaven en terugverdienmodellen van bovenstaande scenario's geplott over een lange termijn. Elk punt van de grafiek representeert de netto uitgaven ten opzichte van wat u momenteel per jaar uitgeeft.



Het aanschaffen van een batterij is de goedkoopste investering die winstgevend kan zijn, maar de aanschaf van zonnepanelen zijn momenteel veruit de beste investering voor uw bedrijf: vanaf 2027 zal het zijn kosten gedeekt hebben en winstgevend beginnen te worden. Een batterij voor het vergroten van zelfconsumptie bij aanwezigheid van zonnepanelen alleen heeft op dit moment geen toegevoegde waarde.

In de toekomst zal dit waarschijnlijk nog gaan veranderen; niet alleen omdat batterijen goedkoper gaan worden maar ook omdat de behoefte aan flexibiliteit zal gaan toenemen. Vanwege de transitie naar duurzame energiebronnen en de toename van elektrisch rijdende auto's, kunnen batterijen bijdragen om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen.

Het BZO-project

Uw deelname aan BZO-project heeft bijgedragen aan het onderzoek omtrent de energietransitie voor middelgrote bedrijven. Gebruikte modellen en prijzen zijn indicatief en er kunnen geen rechten aan worden ontleend.

Appendix B. Overzicht van alle deelrapporten

Veel van het onderzoek in dit project is vastgelegd in deelrapporten. De eerste twee rapporten hebben een wetenschappelijke voetprint en zijn openbaar.

Titel	Auteur(s)	versie	datum
The flexibility potential to reduce the peak load of small and medium-sized enterprises	G. Rouwhorst		03-07-2019
Analyzing the potential of demand side flexibility in smart grid networks	S. Das		2019
Dashboard Noorderpoort	E Klaassen	-	20-08-2019
Dashboard_GemeenteGroningen	E Klaassen	-	09-03-2020
Victron LG Chem-batterij Onderzoeksrapport	T. de Haan	0.2	14-06-2019
Prijssturing algoritme 1.1 Onderzoeksrapport	T. de Haan	0.1_v	24-05-2019
Bidfood E-transport Onderzoeksrapport	T. de Haan, R. van Leeuwen	1.0	15-06-2020
Bidfood Diepvrieshuis Onderzoeksrapport	T. de Haan, R. van Leeuwen	0.1	06-02-2020
Lifystore Freeze Cell Control Experiment	B.J. van der Velde	1.1	20-04-2000
OSCP: laadpalen Elektrische Voertuigen onderzoeksrapport	T. de Haan, R. van Leeuwen	1.0	21-04-2020
Overzicht energiecontracten	N. Numan	-	10-03-2020
Overzicht Kosten aansluiting elektriciteitsnet	T. de Haan	-	23-04-2020
Analyse GBS data Noorderpoort	N. Numan	-	03-03-2020