

Onbalansreductie door energy pooling e-boilers

--

Eindrapport

Projectnummer:

TEID215051

Projecttitel:

Onbalansreductie door energy pooling e-boilers

Deelnemers:

Peeeks B.V. (Penvoerder)
Eneco Installatiebedrijven Groep B.V.
Eneco Energy Trade B.V.

Projectperiode:

1/01/2016 - 25/10/2017

Samenvatting

Dit document vormt het eindrapport van het project “Onbalansreductie door energy pooling e-boilers”, uitgevoerd in samenwerking tussen Peeeks B.V. (penvoerder), Eneco Energy Trade B.V. en Eneco Installatiebedrijven Groep B.V. met steun van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Binnen dit project hebben de deelnemende partijen, in samenwerking met een boilerfabrikant, een module ontwikkeld waarmee conventionele elektrische boilers tot ‘Slimme Boiler’ kunnen worden omgebouwd. De Slimme Boiler beschikt over een internetconnectie en kan door een centraal platform worden gemonitord en aangestuurd. Door een groot aantal Slimme Boilers aan te sluiten op het centrale platform kan de bestuurder van het platform een significante hoeveelheid vermogen beheren, waarmee kan worden ingespeeld op tekorten of overschotten in het Nederlandse elektriciteitsnet. De vrijheid om vermogen in of uit te kunnen schakelen wordt ‘flexibiliteit’ genoemd en biedt commerciële kansen op de (inter)nationale energiemarkt(en).

Het doel van het project is de bovengenoemde module te ontwikkelen en het resultaat middels een pilot van 3 maanden zowel technisch, praktisch als commercieel te toetsen door plaatsing van minimaal 100 stuks bij diverse gebruikers van ‘ouderwetse’ elektrische boilers met een gezamenlijk vermogen van zo’n 275 kW.

De ontwikkelde module wordt in de boiler geïnstalleerd en schakelt de verwarmingselementen in en uit. De module is tevens voorzien van een radiofrequentie (RF) zender en ontvanger en temperatuursensoren. De data uit deze sensoren wordt via de RF-verbinding met een lokale gateway gedeeld, die deze vervolgens via UTP met het internet en het centrale platform verbindt. In omgekeerde richting verzendt het centrale platform stuursignalen, welke door de gateways worden ontvangen en middels de RF-verbinding met de boilers gecommuniceerd.

Tegelijkertijd is middels klantinterviews een propositie richting boilergebruikers ontwikkeld, waarmee vervolgens telefonisch pilotklanten zijn geworven. De gemiddelde conversie van deze gesprekken lag op 40%, hetgeen bijzonder hoog is voor een innovatief product.

De modules en klanten zijn in 5 rondes bijeengebracht. Na elke nieuwe ronde installaties is uitvoerig getest en zijn er aanpassingen geweest aan de gebruikte soft- en hardware. Het eindproduct is een robuust systeem dat al enkele maanden bij zo’n 100 gebruikers hangt en automatisch gestuurd wordt op basis van de toestand van het Nederlandse elektriciteitsnet.

De pilot heeft veel inzicht gegeven in zowel de consumenten als de markt en de techniek. Uit de vergaarde data hebben we kunnen afleiden dat er tussen de €7.50 en de €184 per boiler per jaar kan worden verdiend met het handelen van flexibiliteit op verschillende markten.

Het project heeft de technische en praktische haalbaarheid van de Slimme Boiler aangetoond, alsmede een commercieel perspectief geschetst waar de deelnemende partijen graag op inspelen. Het project is dan ook ruim binnen de gestelde deadlines afgerond en biedt een vruchtbare bodem voor een grootschalig vervolgtraject.

Introductie

Met het toenemen van decentrale/duurzame elektriciteitsproductie neemt ook de onbalans toe op het net. Dat zorgt voor een grote maatschappelijke kostenpost: netbeheerders moeten jaarlijks miljarden euro's investeren om de infrastructuur hierop voor te bereiden.

Wanneer vraag en aanbod beter op elkaar afgestemd zijn, kan dat een deel van die investeringsnoodzaak wegnemen. Om hieraan te voldoen hebben Peeeks en Eneco een hard- en softwareplatform ontwikkeld om de elektriciteitsvraag van kleine assets te bundelen en centraal aan te sturen zodat het als buffercapaciteit gebruikt kan worden om onbalans te reduceren.

In het project hebben Peeeks en Eneco een low-cost device ontwikkeld om in huishoudens of kleine bedrijven assets op afstand te kunnen schakelen. Hiervoor is de elektrische boiler geselecteerd als geschikte asset. De boilers worden in een online platform gebundeld tot een flexibel in te zetten energy pool die aansluit op de handelsactiviteiten van energy trading afdelingen van energiebedrijven die deze flexibele vraag kunnen inzetten op de onbalansmarkt van TenneT. Naast het bundelen van de energievraag van de boilers creëert men tevens een buffercapaciteit: bij lage energieprijzen kan men het boilerwater sterk verwarmen zodat de energiebehoefte in daaropvolgende uren minimaal is.

Het doel van het project is het realiseren van een pilot waarin de werking van de energie-pool in een operationele setting van ± 100 huishoudens/bedrijven aangetoond is. Om dit te bereiken is Peeeks verantwoordelijk geweest voor de ontwikkeling van de benodigde hard en software, heeft Eneco Energy Trade verantwoordelijkheid gedragen voor de business case en afstemming met de energiemarkt(en) en heeft Eneco Installatie Bedrijven de verantwoordelijkheid voor het plaatsen van de pilotboilers op zich genomen.

Het project is opgedeeld in diverse *work packages*, welke in dit eindverslag per onderdeel zullen worden behandeld onder het onderdeel Werkwijze.

Doelstelling

In het projectplan is een doelstelling opgenomen. Deze luidt:

Doel [...] is de ontwikkeling van een op korte termijn (ongeveer 3 jaar) uit te rollen en op te schalen systeem voor het reduceren van de onbalans op het net. Dit doel wil men bereiken door de elektriciteitsvraag van opgestelde elektrische boilers te bundelen en te flexibiliseren en deze flexibele vraag aan te kunnen bieden aan energy traders.

Naast deze projectoverstijgende doelstelling is nog een projectspecifieke doelstelling gedefinieerd:

Doel is de ontwikkeling van een proof of concept voor het bundelen en flexibiliseren van de energievraag van elektrische boilers, alsmede de inzet van de resulterende flexibiliteit op de Nederlandse energiemarkt(en). Dit proof of concept bewijst op zijn minst zowel de technische haalbaarheid, als de praktische uitvoerbaarheid én de commerciële potentie van de geflexibiliseerde elektrische boiler.

Werkwijze & Resultaten

De werkwijze van het project is op voorhand vastgelegd in het projectplan. Om zo overzichtelijk mogelijk te werk te gaan, is in deze eindrapportage vastgehouden aan dezelfde inrichting op basis van work packages. De werkwijze, resultaten en geleerde lessen van iedere work package (en diens subactiviteiten) staan hieronder beschreven.

Work package 1: Boiler upgrade

Om de pilot zo snel mogelijk op schaal te kunnen brengen, is ervoor gekozen bestaande e-boilers om te bouwen tot Slimme Boilers en daarbij gebruik te maken van een refit module. Binnen dit work package valt de gehele ontwikkeling van deze module, welke geïntegreerd wordt met conventionele elektrische boilers, waarna deze op afstand bestuurbaar zijn. Dergelijke bestuurbare e-boilers worden ook wel 'Slimme Boiler' genoemd. Binnen het eerste subonderdeel van dit work package is deze refit module ontwikkeld, waarna in subactiviteiten 2,3 en 4 ook de benodigde stuursoftware is ontwikkeld, prototypes zijn gebouwd en de kosten zijn onderzocht. Tot slot zijn de certificeringseisen onderzocht en zijn de benodigde modules gebouwd om de pilot uit te voeren.

Subactiviteit 1: Onderzoek en ontwikkeling hardware componenten

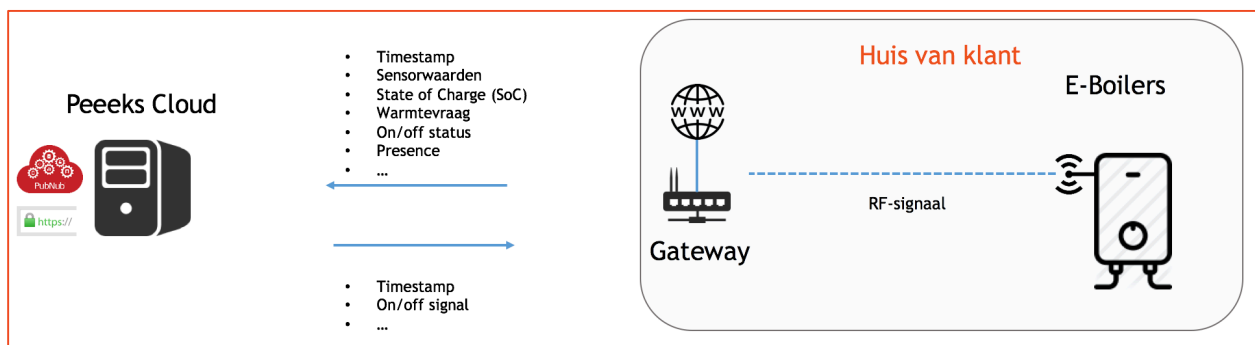
Het ontwikkelen van de refit module bestaat uit drie hoofdonderdelen:

1. Realiseren van refit module die lokaal de boiler kan bemeten en kan aansturen
2. Realiseren van communicatie tussen refit module en internet
3. Combineren van benodigde hardware en verpakken tot handzame refit-module

Om de integratie met bestaande boilers zo soepel mogelijk te laten verlopen is ervoor gekozen samen te werken met een van Nederlands grootste boiler-fabrikanten. Gezamenlijk is hardware ontwikkeld die warmte-elementen in de boiler aan en uit kan schakelen door middel van relais. Dit wordt in de standaardboilers nog altijd op analoge wijze gedaan, met een

bimetaal, en vroeg dus om vernieuwing. De lokale sturing wordt uitgevoerd door een Raspberry Pi, welke in contact staat met de relais. Tevens zijn twee temperatuursensoren aan deze single-board computer (SBC) verbonden. Deze meten de temperatuur van het water in het boilervat en de temperatuur van de uitgaande heet-water buis.

In eerste instantie zou de SBC verbinden met het internet middels het WiFi van de pilotklanten. Echter bleken diverse partijen hier slechte ervaringen mee te hebben vanwege de grote klantafhankelijkheid die dit met zich meebrengt. Om dit te ondervangen werd gedacht aan toevoeging van een LORA chip. Echter blijkt LORA niet goed geschikt voor tweerichtingsverkeer en berichtfrequenties in de orde grootte 1/ minuut. Om toch gebruik te kunnen maken van het, gratis beschikbare, klantinternet is gekozen voor een externe gateway. Deze gateway verbindt per UTP kabel met het modem van de klant en communiceert draadloos via radio-frequent (RF) signalen, met een communicatiemodule op de SBC. Schematisch:



Binnen het huis van de klant verbindt de boiler via een RF-sigitaal met een gateway, die vervolgens toegang tot het internet biedt. Meetdata en metadata kan via deze weg de Peeeks Cloud bereiken en andersom kunnen stuursignalen naar de boiler worden gestuurd.

De benodigde hardware voor het aansturen van en communiceren met een boiler zijn gecombineerd tot een handzame refit module. Deze module is direct verbonden aan de warmte-elementen zodat een installateur de verwarmingsmodule van een conventionele boiler in één handeling kan vervangen en daarmee de boiler slim kan maken.

Geleerde lessen

Zoals aangegeven in de aanvraag is een hardware module ontwikkeld waarmee conventionele boilers kunnen worden omgebouwd tot Slimme Boilers. Tijdens de ontwikkeling van de module hebben enkele leermomenten plaatsgevonden. Deze hebben aanpassingen in het ontwerp teweeggebracht. Ten eerste bleek de voorgestelde combinatie van WiFi en LORA niet haalbaar, zoals in de vorige paragraaf is uitgelegd, en is gekozen voor een alternatieve oplossing. Daarnaast bleek uit een inventarisatie van het portfolio van Eneco Installatie Bedrijven dat de meerderheid van de boilers van hetzelfde merk zijn. Dit merk is onderdeel van de boilerfabrikant die ondersteuning heeft verleend aan de ontwikkeling van de refit module, welke dan ook direct geschikt zijn voor alle boilers. Van verdere inventarisatie en generalisatie van de module is dan ook afgezien.

Subactiviteit 2: Onderzoek en ontwikkeling software

De softwareontwikkeling is tweeledig uitgevoerd. Enerzijds is er lokale software ontwikkeld die op de SBC draait. Deze software verwerkt de temperatuurmetingen en slaat deze samen met metadata op en vertaalt deze naar een RF signaal dat naar de gateway wordt gestuurd. De gateway beschikt over de benodigde software om het bericht door te sturen naar de servers van Peeeks. Voor het doorsturen wordt een Global Data Stream Network protocol gebruikt. Anderzijds is de gatewaysoftware in omgekeerde richting in staat stuurberichten te ontvangen en te vertalen naar een RF signaal. De software op de boiler kan deze berichten uitlezen en de relais naar gelang schakelen. Tevens is de boiler voorzien van een back-up modus, zodat de boiler ook bij het wegvallen van de verbinding door blijft werken. De instellingen voor deze back-up modus kunnen op afstand worden ingeschoten, zodat deze naar wens kunnen worden bijgesteld. De lokale software houdt tevens rekening met de voorkeuren van de klant in deze back-up modus. Deze voorkeur kan kenbaar gemaakt worden middels een draaiknop op het apparaat.

Bij het ontwikkelen van de lokale software, in de gateway en boiler, is wederom samengewerkt met een boilerfabrikant om een naadloze integratie met de boilers te kunnen garanderen.

Geleerde lessen

In de praktijk blijkt autonome sturing van de boiler, zoals onderdeel van het oorspronkelijke plan, alleen wenselijk wanneer de communicatie met het centrale back-end wegvalt. Daarnaast blijkt de mate van diversiteit in type e-boilers minimaal, zoals in de vorige subactiviteit al gemeld. De ontwikkelde software was dus al geschikt voor algemeen gebruik met apparaten van andere leveranciers en hiervoor waren geen extra aanpassingen nodig.

Subactiviteit 3: Prototype bouw en testen

De boilerfabrikant beschikte over een uitgebreide testomgeving waar elektrische boilers kunnen worden aangesloten op water- en stroomvoorzieningen en blootgesteld worden aan een voorgeprogrammeerd tapprogramma. Na de bouw van het eerste prototype is deze voorziening gebruikt om te testen en softwarebugs te verhelpen.

Geleerde lessen

Tijdens het testen zijn nog diverse technische problemen aan het licht gekomen die aandacht vereisten. Deze zijn allemaal verholpen. Ervaring hieruit heeft bijgedragen aan het voorkomen van dergelijke problemen bij latere series.

Subactiviteit 4: Kostenberekening

De kosten van het prototype zijn significant hoger dan de voorgestelde €21 in de aanvraag. Echter is het beeld dat het prototype schetst niet representatief voor een productiemodel dat op schaal geproduceerd kan worden. In samenwerking met de boilerfabrikant is geschat dat de kosten op dit moment rond de €60 liggen, maar dat deze naar beneden kunnen tot €23.

Verdere kosten zijn de verkoopkostprijs, installatiekosten en operationele kosten. In de pilot zijn ruim 100 installaties uitgevoerd, waar een veelvoud aan telefoongesprekken met potentiële klanten aan vooraf zijn gegaan. Hieruit is een goed beeld ontstaan van de hierbij gemoeide kosten per boiler. De operationele kosten zijn grotendeels afhankelijk van de

toegepaste communicatiemethode per boiler. RF is gratis en leidt dan ook enkel tot kosten voor klantenservice, administratie en flexsturing. Wanneer er bij voorbeeld gebruik wordt gemaakt van communicatie via GSM zijn hier kosten voor het af te sluiten data-abonnement aan verbonden. Hierover is contact geweest met diverse telecomproviders om een gedegen inzicht in de competitieve kostprijs te krijgen. De operationele kosten per boiler per jaar worden op maximaal €41 geschat.

Geleerde lessen

De in de aanvraag gestelde maximale productiekosten van €21 worden op €2 na niet gehaald. Dit betekent dat de gestelde prijsstelling uitdagend is, maar met verdere ontwikkeling van de module in de toekomst niet onhaalbaar. Verder heeft de pilot een duidelijk inzicht in operationele kosten geboden. Naast de kosten zijn, in een ander werkpakket, ook de baten bekend geworden door onderzoek en ervaringen uit de pilot. Deze blijken de licht gestegen kostprijs te compenseren, waardoor de toegang tot commercieel succes niet geblokkeerd wordt.

Subactiviteit 5: Certificering

De benodigde certificering van e-boilers is te onderscheiden in twee delen. Ten eerste zijn er wettelijke eisen gesteld aan huishoudelijke apparaten, waartoe e-boilers behoren. Ervaren boilerbouwers hebben veel ervaring met deze wettelijke eisen en zijn dan ook bij uitstek geschikt om de wettelijke eisen te vertalen. Ten tweede heeft ook de industrie een verwachting van de kwaliteitstoetsen die worden uitgevoerd. Voor de boilers zijn de belangrijkste certificaten de CE-markering en het KEMA-keur.

In tegenstelling tot gasboilers stelt de Europese Commissie voor elektrische boilers het CE keur niet als eis. Een CE markering is echter toch vereist vanwege het toepassen van systemen die een laag voltage gebruiken voor de aansturing van de boiler en de aanwezigheid van radiocommunicatie apparatuur.

Voor deze categorieën zijn de richtlijnen 2014/35/EU en 2014/53/EU van het Europees Parlement en de Raad vastgesteld. De boilers dienen aan deze normen te conformeren en tegen de normen getest te worden. Deze tests mogen door de producent zelf uitgevoerd worden, maar dit kan ook worden uitbesteed aan keuringsinstituten. Wanneer het product voldoet aan de normen zal men door middel van de CE markering aangeven dat dit het geval is.

De CE markering verschaft nadrukkelijk geen garantie en is ook geen kwaliteitskeurmerk. De markering toont alleen dat het product voldoet aan de Europese richtlijnen.

Anders dan de CE markering is het KEMA keurmerk niet vanuit een overheid opgezet, maar berust de waarde op zijn eigen reputatie als kwaliteitskeurmerk. Het behalen van een KEMA-KEUR is een manier om de marktacceptatie van een product te vergroten aangezien de onafhankelijke test vertrouwen schept bij klanten, distributeurs en installateurs. Het behalen van het keurmerk verschaft tevens een vorm van risicobeperking en mogelijk kostenbeheersing.

De KEMA-KEUR wordt uitgevoerd door Dekra en test het product op basis van voor het

specifieke product relevante EN normen. Het kiezen van de productspecifieke normen waarop het product getest wordt is onderdeel van de keuring. De testen worden doorlopend uitgevoerd tijdens productie en daarbij worden ook de productielocaties gecontroleerd. Dekra geeft aan dat KEMA-KEUR zowel in Europa als wereldwijd erkend is.

Geleerde lessen

Inhoudelijke kennis van keurmerken was beperkt aanwezig bij Peeeks. Onderzoek heeft dan ook kennis opgeleverd die voor dit project toepasbaar is.

Subactiviteit 6: 0-serie

Het geverifieerde prototype is in meerdere kleine batches geproduceerd en doorontwikkeld. Na productie is iedere batch zo snel mogelijk in het veld geplaatst om de ervaringen van de eerste batches mee te nemen in de ontwikkeling van de 0-serie. Uiteindelijk zijn er 117 modules geproduceerd in 5 batches, waarbij met name de software op de modules is verbeterd.

Onderstaand twee afbeeldingen van de printplaat die is ontwikkeld en geïnstalleerd:



Geleerde lessen

Na ontwikkeling van de prototypes bestond de verwachting nog enkele iteraties nodig te hebben alvorens de module foutloos te kunnen produceren. Hieruit is de conclusie getrokken om de 0-serie niet op voorhand te produceren. In plaats daarvan zijn de modules in batches geproduceerd en tijdens het opzetten van de pilot blijvend verbeterd. Deze verbeteringen omhelsde softwarematige aanpassingen gericht op het minimaliseren van de faalkans. Tevens is de kleur van de LEDs op de printplaat aangepast naar wens van de eerste pilotdeelnemers.

Resultaten en mijlpalen Work Package 1

Het beoogde resultaat van Work Package 1 was een retrofitbare hardware module met een software cliënt voor communicatie met het centrale platform en voor aansturing en monitoring van de elektrische boiler. Zoals beschreven is er succesvol een hard- en softwareontwerp gemaakt en is er een prototype geproduceerd. Hiervan zijn de testresultaten continu meegenomen in het ontwikkelen van de module. Verder is de korstenraming gemaakt en zijn de benodigde certificeringen uitgezocht. De laatste stap in Work Package 1 was het produceren en installeren van een 0-serie. Om zoveel mogelijk

verbeteringen door te kunnen voeren is deze serie opgesplitst in meerdere kleinere batches. Het aantal boilers voor de pilot is wel op 100 stuks gehouden.

Work Package 2: Netwerk en centraal platform

In het tweede werkpakket is het netwerk ontwikkeld waarmee de lokale assets verbonden zijn en is tevens het stuurplatform ontwikkeld waarop alle e-boilers zijn aangesloten.

Subactiviteit 1: Onderzoek en ontwikkeling netwerk en two-way communicatie

Diverse netwerkoplossingen zijn onderzocht, zowel voor de pilot als voor in het geval van grootschalige uitrol van de slimme e-boiler. De eerdergenoemde restrictieve maatregelen waarmee LORA gepaard gaan zijn niet te vereenzelvigen met de vereiste hoogfrequente bi-directionele verbinding tussen de Slimme Boilers en Peeeks' platform. Deze incompatibiliteit, in combinatie met de aanwezigheid van zeer stabiel bekabeld internet in de overgrote meerderheid van de huizen van de klantgroepen, heeft ons doen besluiten niet langer te investeren in een LORA netwerk, maar in plaats daarvan het lokale internet te gebruiken.

Het thuisnetwerk van de klant wordt via een UTP-kabel met een lokale gateway verbonden, die vervolgens een RF-verbinding met de Slimme Boiler onderhoudt. Deze oplossing is zeer goed geschikt voor two-way communicatie. Uit de pilot is gebleken dat een externe gateway kwetsbaar is: consumenten kunnen deze (per ongeluk) verwijderen of het internet afsluiten. Ook bleek bij sommige consumenten het thuisnetwerk afgeschermd voor bedrade connecties van buitenaf. Bij een grootschalige introductie van de e-boiler is het dan ook wenselijk om de communicatiemodule volledig te integreren in de boiler, hetgeen mogelijk wordt door de boiler te voorzien van een SIM-kaart en een modem dat met het mobiele netwerk kan verbinden.

Naast de kwestie van het verbinden is er ook gewerkt aan het daadwerkelijke communiceren met de boiler. Hiervoor is een API ontwikkeld waarin een nauwkeurige berichtdefinitie is vastgelegd. Tot slot is een Global Data Stream Network geïmplementeerd om de berichten te verzenden tussen het centrale platform en de boilers. Privacy wordt bewaakt door middel van security van de data die wordt gewaarborgd door gebruik te maken van services die voldoen aan ISO 27001.

Geleerde lessen

Een RF verbinding met externe gateway blijkt geen sterke combinatie gezien de gegeven consumentinteractie. Zoals eerder genoemd is ook LoRA niet geschikt als communicatiemethode in de huidige toepassing: de pricingstructuur en gebruiksregels zijn ongunstig voor hoogfrequente data-uitwisseling. Bij opschaling zal, zoals in de aanvraag al aangekaart werd, 2G/3G connectiviteit worden geïmplementeerd. Hier is ook in de business-case overweging rekening mee gehouden.

Subactiviteit 2: Onderzoek en ontwikkeling centraal platform

Er is een stuurstrategie ontwikkeld die bepaalt op welke momenten van de dag het wenselijk is om de e-boilers in te schakelen. Deze strategie is geïmplementeerd op een centraal

platform. Dit platform ontvangt alle berichten van alle e-boilers en houdt de toestanden van alle e-boilers in de gaten. Het platform stuurt automatisch opwarmverzoeken naar e-boilers die te koud zijn en stopt met het versturen van opwarmverzoeken bij boilers die te warm worden. De maximale temperatuur is onderwerp van persoonlijke klantvoorkeur en kan dan ook op afstand aangepast worden. Breekt een van de aangegeven momenten aan waarop is aangegeven de boilers in te willen schakelen, dan worden alle e-boilers die daar ruimte voor bieden ingeschakeld. Het platform werkt volledig autonoom en kan dan ook zonder problemen worden opgeschaald om te werken met grote aantallen apparaten. Tot slot wordt er dagelijks automatisch een rapport gedraaid van het verbruik in de boilerpool per minuut, de daaruit volgende elektriciteitskosten en de resulterende winst.

Geleerde lessen

Na onderzoek van de markt is gebleken dat sturen op basis van statische, vooraf geselecteerde tijdsramen in plaats van real-time sturing leidt tot voldoende potentiële baten uit de e-boilers. Om deze reden is de activatie van de boilers volgens dit schema aan de onbalansprijs gekoppeld en alhoewel het systeem ook real-time verbinding kan leggen met een tradecentrum.

De verbruiksallocatie blijkt in de praktijk relatief simpel te zijn: bij lage prijzen dient een zo groot mogelijk vermogen te worden ingeschakeld. Ergo, het zwermoptimalisatie-algoritme schakelt alle boilers tegelijk in en houdt daarbij de toestand in de boilers in de gaten. Boilers met beperkte ruimte (waar de temperatuur al hoog is) worden niet ingeschakeld of eerder afgeschakeld, in de betreffende tijdsramen.

Tot slot is een business model gekozen waarbij wordt geoptimaliseerd op de vrijwillige onbalansmarkt. Deze markt is, zoals de naam verklapt, vrijwillig en vereist dan ook geen communicatie met de netbeheerder, maar met de programmaverantwoordelijke. Het was dan ook niet nodig om een afrekenmodule die communiceert met TenneT te ontwikkelen, maar is er een afrekening met de programmaverantwoordelijke.

Interoperabiliteit van het platform wordt gewaarborgd door een universele API aan de kant van de energieleveranciers.

Resultaten en mijlpalen Work Package 2

In werkpakket 2 is het netwerk waarmee de lokale assets verbonden zijn ontwikkeld. De beoogde LoRA-netwerk infrastructuur is hierbij vervangen door een RF-verbinding en lokale gateway op UTP. De inrichting van dit netwerk is geschikt gemaakt voor de two-way communicatie die nodig is voor het aansturen van de boilers.

Middels zwermintelligentie is een optimalisatieslag uitgevoerd in de sturing van de e-boilers. Het ontwikkelde platform gebruikt deze intelligentie om als gecentraliseerde orchestrator alle individuele e-boilers aan te sturen.

Tevens zijn er patentaanvragen uitgevoerd naar aanleiding van de werkzaamheden in dit werkpakket, waarover meer in het hoofdstuk 'Bescherming IP' vermeld staat.

Tot slot is er geen separate afrekenmodule ontwikkelt, gezien afrekening op de onbalansmarkt middels de programmaverantwoordelijkheid geschiedt.

Work package 3: Business modellering en trading integratie

In dit derde werkpakket is het businessmodel achter de e-boiler ontwikkeld en gevalideerd, gebruikmakend van de data uit de pilot.

Subactiviteit 1: Afstemming TenneT op interfacing en impact op onbalansmarkt

In de gesprekken met TenneT bleek de e-boiler een geschikte reserve voor drie markten: de R1 markt, R2 markt en vrijwillige onbalansmarkt.

Echter is de R1 markt afgefallen, omdat deze enkel betreedbaar is voor apparaten die op ieder moment binnen enkele seconden activering kunnen laten zien. Daarnaast is R1 alleen betreedbaar voor symmetrische flexibiliteit: flexibele assets die zowel op als af kunnen regelen in een gelijke hoeveelheid vermogen. Aangezien e-boilers goed geschikt zijn als bron van afregelflexibiliteit, maar zeer beperkt inzetbaar zijn als opregelvermogen, is de e-boiler ineffectief op deze markt. Deslaniettemin zou met een pool van 1800 boilers idealiter R1 aangeboden moeten kunnen worden.

Voor de R2 markt bestaat een ondergrens in de orde grootte megawatts, waardoor deelname in die markt met de pilot onmogelijk was. Om deze reden is de performance van de e-boiler als flexibiliteitsasset alleen getest op de vrijwillige onbalansmarkt. De reactietijd van de boilers is relatief kort vergeleken met de gemiddelde duur van een balansverstoring op het net. Hierdoor verminderen e-boilers op deze markt de netto onbalans en hebben ze een positieve impact op de netstabiliteit.

Geleerde lessen

Na informatieve gesprekken met TenneT zijn de meest voordelige markten voor Slimme Boilers geïdentificeerd en zijn enkele markten voor de pilot uitgesloten. Dit omdat de pools nog niet groot genoeg zijn om daadwerkelijk impact op het net te maken. Om dezelfde redenen is ook nog niet overgegaan tot gesprekken omtrent een speciaal verrekenmodel voor de boilers. In geval van een grotere uitrol is het dan ook raadzaam een dergelijk gesprek alsnog te voeren.

Subactiviteit 2: Inventariseren en doorrekenen van verschillende handelsstrategieën

Om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de potentiële verdiensten op de diverse flexibiliteitsmarkten met e-boilers is er voor de drie aangeboden markten een onder- en bovengrens berekend. De ondergrens is hierbij de verwachte opbrengst bij het volgen van een zeer simpel model (de poor man's forecast). De bovengrens is de verwachte opbrengst in het geval van perfecte voorspellingen (utopische forecast). Voor de pilot van start ging heeft Peeeks een virtuele simulatie van enkele duizenden boilers uitgevoerd om de on-time van de apparaten te bepalen, tezamen met de spreiding over huishoudens en tijd. De resultaten hiervan zijn gebruikt om de opbrengsten te bepalen, gegeven de boven- en ondergrensstrategieën en historische marktomstandigheden.

Halverwege de uitrol van de pilot is deze analyse herhaald, echter nu met de daadwerkelijke meetdata uit de boilers in plaats van de gesimuleerde data. Tot slot is deze aan het eind van de pilot wederom herhaald met een groter aantal boilers in het veld.

Op basis van deze gegevens zijn de verwachte opbrengsten naar beneden bijgesteld. Dit is hoofdzakelijk omdat de boilers in het veld een kortere on-time blijken te hebben dan aangenomen in de eerste simulaties.

Tot slot is tevens met regionaal netbeheerder Stedin gepraat over toepassingen van de slimme e-boiler om congestie in het laagspanningsnetwerk te voorkomen. In deze gesprekken is een duidelijke interesse naar voren gekomen, alsmede een concrete geldelijke waarde van de congestiebescherming die slimme e-boilers kunnen bieden. Om de complexiteit van de pilot te beperken is besloten geen combinatiepilot uit te voeren met Stedin. Wellicht kan hier in de toekomst een vervolg uit voortkomen.

Geleerde lessen

Het doorrekenen van handelsstrategieën op diverse markten heeft een helder beeld geschetst van de potentiële baten die uit flexsturing van dergelijke assets kunnen worden verwacht.

Subactiviteit 3: Opstellen en doorrekenen van verdienmodellen

Naast de opbrengsten uit handelsstrategieën biedt de slimme e-boiler waarde in de vorm van andere added services. Dit kunnen diensten zijn richting de consument, zoals het verzekeren van warm water of het besparen van energie, of diensten gericht op bedrijven, zoals predictive maintenance voor installateurs of duurzaamheidsdiensten voor woningcorporaties.

Er zijn diverse proposities ontwikkeld die allen focussen op andere added-services. Deze proposities zijn uitgewerkt naar business-modellen en worden gebruikt voor beeldvorming omtrent een grootschalige introductie van de slimme e-boiler. Deze modellen zijn tevens gedifferentieerd naar de partners in de waardeketen en de onderlinge rolverdeling(en) tussen kopers en verkopers in de markt zijn onderzocht.

De basis is gelegd voor een samenwerking waarin een van de partijen de propositie zal neerzetten. De flex-sturing wordt daarbij uitbesteed aan de flex-service-provider en de handelsstrategie aan service-provider. De boilerfabrikant kan, in geval van grootschalige uitrol, de hardwareproductie uitvoeren. De installatiepartij zal de slimme e-boilers blijven installeren en zou daarbij een predictive maintenance service af kunnen nemen van de flex-service-provider.

Buiten de marktmodellen zijn er nog mogelijkheden tot added services. Deze services zijn middels klantinterviews getest bij consumenten. Daaruit bleek dat consumenten bereid zijn bij te betalen voor bepaalde services.

Er is in deze context ook gekeken naar de GDPR (European General Data Protection Regulation), de privacy wetgeving die op 25 mei 2018 van kracht gaat. Het blijkt dat

consumenten eenvoudig hier toestemming op kunnen geven bij gebruik van deze service. Ook blijkt dat ze een dergelijke clause goed begrijpen.

Geleerde lessen

De zoektocht naar diverse business modellen heeft de deelnemende bedrijven doen inzien dat het huidige project kansen biedt op allerlei vlakken. Het meenemen van consumentenvoorkeuren in de marketingwaarde van de boiler biedt een nieuw perspectief op de totaalpropositie van de Slimme Boiler.

Subactiviteit 4: Uitrolstrategie en marktintroductieaanpak

De partners in het project hebben een goed gevoel over de resultaten en verkennen dan ook actief de mogelijkheden tot grootschalige uitrol. Hiervoor is al een stappenplan gemaakt en zijn de tijdslijnen op hoog niveau al uitgezet. Om uit te kunnen rollen zijn nog technische stappen nodig die in nauwe samenwerking met een boilerfabrikant kunnen worden opgepakt. Het belangrijkste onderdeel in deze stap is de ontwikkeling van een geschikt 2G/3G modem voor de Slimme Boilers.

Daarnaast zijn diverse strategieën ontwikkeld voor de marktintroductie van de slimme e-boiler. Het onderscheid tussen deze strategieën komt vooral voort uit de respectievelijke focus in het verdienmodel van iedere strategie. Dit kan flexibiliteit zijn, maar zou ook een van de added-services kunnen zijn.

Om zo snel mogelijk tot significante aantallen Slimme Boilers te komen, zal moeten worden samengewerkt met installatiebedrijven. Eneco Installatiebedrijven is er hier maar een van, dus voor snelle marktpenetratie zal de samenwerking zich niet tot Eneco's eigen installatiebedrijf kunnen beperken. Daarnaast wordt een groot aantal elektrische boilers direct verkocht aan woningcorporaties. Groei kan dus ook gerealiseerd worden door deals met dergelijke corporaties te sluiten.

Tot slot is er gekeken naar de internationale groeimogelijkheden van de Slimme Boiler: in welke mate worden elektrische boilers in het buitenland toegepast, hoe zien de buitenlandse energiemarkten eruit en hoe ziet een uitrol naar het buitenland eruit? Een rapportage van de bevindingen is terug te vinden in Bijlage A: Slimme Boilers in het buitenland.

Geleerde lessen

Het vaststellen van de juiste samenwerkingsvorm is cruciaal voor het slagen van een grootschalige uitrol van het huidige project. Om tot beslissingen te komen is het echter nodig de strategieën, resultaten en conclusies uit het huidige project nogmaals kritisch onder de loep te nemen, alvorens grootschalig in te zetten op de Slimme Boilers. De geleerde lessen van deze subactiviteit zijn dan ook nog 'under construction'.

Resultaten en mijlpalen Work Package 3

In Work Package 3 is het businessplan voor de Slimme Boiler succesvol uitgewerkt en gevalideerd. Hiervoor zijn verschillende strategieën, met elk hun eigen focus, geïnventariseerd en doorgerekend. Aan de strategieën zijn diverse business-modellen gekoppeld, geïnventariseerd, doorgerekend en in detail uitgewerkt zoals in subactiviteit 3 beschreven. Na gesprekken met TenneT bleek aanpassing van de verrekenstructuur op deze

schaal niet mogelijk, hoewel dit bij grootschalige uitrol wel bespreekbaar is. Peeeks heeft samen met Eneco een voorstel aan TenneT gedaan, middels een presentatie, over een alternatieve verrekeningsstructuur in geval van grootschalige uitrol van de Slimme Boiler. TenneT heeft hier positief op gereageerd en aangegeven hierin mee te willen werken, maar heeft ook gewezen op haar gebondenheid aan Europese regelgeving in deze kwestie.

Voor het resultaat ‘Aanpassingen verrekeningsstructuren’ is dus wel al het voorwerk verricht. De daadwerkelijke aangepaste verrekening is echter nog niet formeel goedgekeurd en doorgevoerd.

Verder is er middels gebruikersinterviews onderzoek gedaan naar de potentie van added-services en is gekeken naar de impact die privacywetgeving kan hebben. Compliance met deze wet- en regelgeving blijkt gemakkelijk bereikt te kunnen worden middels schriftelijke toestemming van de consument.

Work Package 4: Pilot

Het laatste werkpakket bestaat uit het uitvoeren van een pilot waarin elektrische boilers bij mensen thuis worden aangesloten op een flexibele energy pool en real-time worden geschakeld op basis van een door de onbalansmarkt ingegeven handelsstrategie.

Deze work package is in het projectplan op seriële wijze gepland, maar in de praktijk in parallel uitgevoerd. Dit heeft tot een significante tijdswinst geleid waarvan melding is gemaakt middels een wijzigingsformulier.

Subactiviteit 1: Opstellen van pilot

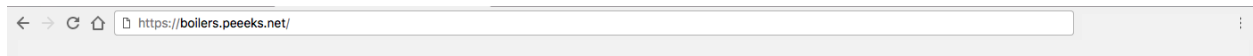
Voor de pilot zijn meer dan 200 consumenten gebeld door de consumententak van Eneco. Ter voorbereiding hiervan is onderzoek gedaan naar de klantperceptie van de e-boiler middels diverse interviews. De daaruit volgende propositie werd door ongeveer 40% van de gebelde consumenten geaccepteerd. In vergelijking met andere pilots en nieuwe producten is dit een hoge conversie. Hieruit blijkt de propositie goed aan te slaan.

De productie en installatie van modules is in verschillende batches uitgevoerd, dit om tussendoor te kunnen leren van de resultaten. Uiteindelijk zijn meer dan 115 modules gebouwd en geïnstalleerd. Uiteindelijk zijn er 100 modules actief gebleven, waarvan 1 een testboiler in een gecontroleerde omgeving.

Geleerde lessen

Zoals eerder vermeld is geen gebruik gemaakt van LoRA. Het was hierdoor ook niet nodig de klantenkring te beperken tot een specifieke wijk. Uiteindelijk zijn modules zowel in Rotterdam als, in enkele gevallen, in Utrecht geplaatst. Bij het benaderen van consumenten is geen rekening gehouden met hun locatie binnen deze twee steden. Daarnaast bleek de animo bij consumenten dusdanig dat alle pilotplaatsen aan deze groep zijn vergeven en er niet is getest bij bedrijven, waar e-boilers een zeer klein marktaandeel hebben.

Tot slot is er extra werk verricht in het inrichten van bedrijfsprocessen om de consumenten zo vloeïend mogelijk te kunnen bedienen. Een Customer Expert Team (CET) is ingezet om de deelnemende klanten direct telefonisch te kunnen ondersteunen bij eventuele problemen. Bovendien is er uitgebreid contact geweest met de consumentenafdeling van Eneco om gezamenlijk afspraken te plannen en eventuele reparaties uit te voeren. Daarnaast heeft Peeeks een extra portaal beschikbaar gemaakt voor installateurs, zodat zij na installatie van de module zelfstandig de werking van het apparaat kunnen testen. Een screenshot uit de handleiding van monteurs is hieronder opgenomen.



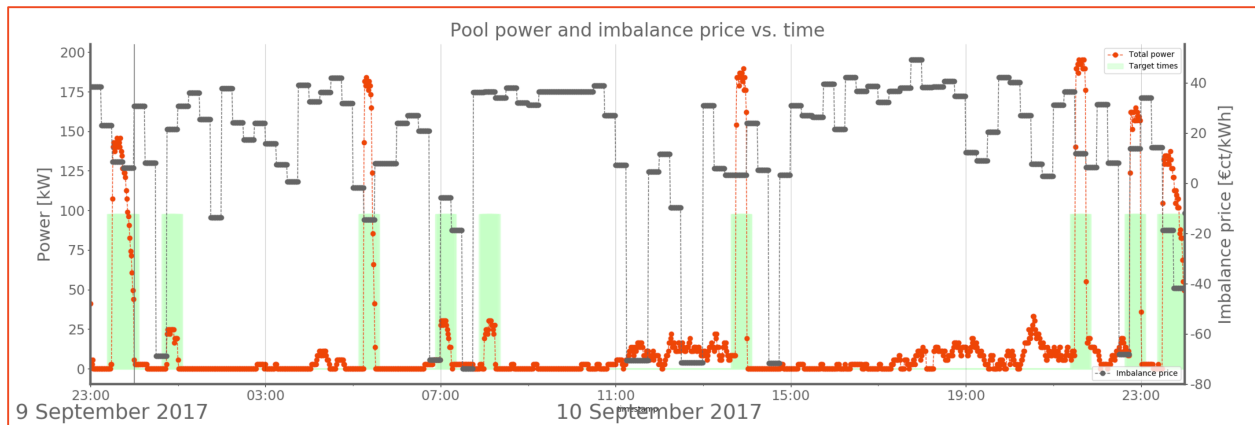
Welcome! Please type in boiler ID to check its status.

Boiler 1131394359 has been installed correctly and everything works as expected!

Subactiviteit 2: Uitvoering pilot

Door de gefaseerde installatie van de modules, zoals eerder uitgelegd, hebben de eerste installaties al in Januari '17 plaatsgevonden. Ten tijde van dit schrijven (september '17) draait de pilot voor deze klanten dan ook al ruim een half jaar. Begin Juli zijn de laatste installaties uitgevoerd en ook bij deze klanten draait de apparatuur ten tijde van dit schrijven al tweeënhalve maand. De consumenten zijn tevreden en hebben dan ook niet geprotesteerd in geval van lange pilotduur.

Tussen de eerste en laatste installaties zijn diverse softwarematige updates uitgevoerd aan de gateway, de boilers en het centrale platform. De toestand van de boilers is 24/7 automatisch gemonitord, waarbij gebruik gemaakt is van berichtendienst Telegram om bij gedetecteerde problemen alarm te slaan. Zo kon er snel worden ingegrepen, vaak nog voor de consument hier wat van merkte. Daarnaast genereert Peeeks geautomatiseerde end-of-day files waarin overzichtelijk de prestaties op de onbalansmarkt te zien zijn. Onderdeel van dit bestand zijn het dag-overzicht zoals hieronder weergegeven:



Het overzicht laat op de x-as de tijd zien: van zaterdagavond 23:00 uur tot zondagavond 23:59. In de grafiek staat het gevraagd vermogen van de boilerpool tegen de tijd geplot in rood. Op de linker y-as staan de hierbij horende getalswaarden in kW. Tevens zijn de onbalansprijzen zoals afgegeven door TenneT weergegeven, deze in het grijs. De getalswaarden hiervan zijn op de rechter y-as weergegeven, in eurocent per kWh of euro per MWh. Tot slot zijn in groen de momenten weergegeven waarop de gebruikte stuurstrategie vermogen inzet. De reactie van de boilers op de stuurstrategie is duidelijk zichtbaar: het verbruik is vele malen hoger ten tijde van de groene balken dan daarbuiten. Dit betekent dat de apparaten goed reageren op sturing en een hoge beschikbaarheid vertonen.

Dagelijks worden de kosten van het verbruik tegen onbalansprijzen vergeleken met diverse benchmarks om een beeld te krijgen van de verdiensten van de boilers. De resultaten laten winst zien, welke significant kan groeien door de stuurstrategie verder te optimaliseren.

Tot slot is er mondeling geëvalueerd met alle ketenpartners. Uit evaluatie met de samenwerkende bedrijven is bovenal gebleken dat de wens bestaat door te gaan met de ontwikkeling van de Slimme Boiler. Daarnaast zijn er op detailniveau diverse verbeteringen opgesomd die in een eventueel vervolgtraject kunnen worden meegenomen. Deze verbeteringen variëren van technische verbeterpunten tot procesmatige verbeteringen.

De evaluatie met de consument heeft halverwege de pilot plaatsgevonden middels telefonische vragenlijsten, zodat verbeteringen doorgevoerd konden worden voordat de pilot zou zijn afgelopen. Uit de vraaggesprekken kwam onder andere naar voren dat men de kleur van de LED op de module als vervelend ervaarde. De modules die hierna zijn ontwikkeld zijn dan ook allen met anderskleurige LEDs uitgevoerd. Daarnaast gaven alle consumenten aan ofwel niks te merken van de upgrade, ofwel minder koud water te ervaren: een goede uitkomst.

Geleerde lessen

De daadwerkelijke pilot en de daaruit volgende rapportage heeft een positief bevestigend beeld geschetst. We hebben hier dan ook van geleerd dat onze initiële aannamen grotendeels juist waren. Daarnaast heeft de uitvoer van de pilot ons nog op enkele uitdagingen gewezen in de interactie met de consument. Iedere consument en iedere installatie is uniek en als gevolg hebben al deze consumenten en installaties bijgedragen aan de collectieve ervaring van Eneco en Peeeks op het gebied van Slimme Boilers.

Resultaten en mijlpalen Work Package 4

Tijdens de pilot zijn gedurende minimaal 3 maanden 100 e-boilers, verbonden in een energy pool, succesvol aan- en uitgeschakeld op basis van de handelsstrategie. Uit deze pilot is veel waardevolle informatie naar voren gekomen, zowel over het gebruik van de elektrische boilers als flexibele assets, als over het installeren van de modules bij consumenten thuis en de waardepropositie van het project in zijn geheel. De resultaten van de pilot zijn gemonitord en worden volledig geautomatiseerd gerapporteerd in dag-overzichten, zoals het voorbeeld in de figuur op de vorige bladzijde laat zien. Deze dag-overzichten dienen als dagelijks pilotverslag. Aan de hand van ervaringen en de dag-overzichten is het project uitgebreid mondeling geëvalueerd met alle ketenpartners. Deelnemende consumenten hebben gedurende de pilot middels telefonische vragenlijsten input kunnen geven. Een samenvattend evaluatierapport is bijgevoegd in bijlage B: Samenvatting Evaluatierapport.

Bescherming IP

Om technologie rond het slim aansturen van (o.a.) boilers te beschermen zijn er 3 patenten aangevraagd gedurende het project. Voor het ontwikkelen en aanvragen van patenten was een bedrag van €50.000 begroot, te besteden aan patentadvocaten. Echter is er deels afgezien van deze uitgave, een hoop werkzaamheden rond patenten in-house uitgevoerd. Het onderzoek rond deze patenten vormde een bijzonder waardevol onderdeel van het project. Door dit onderzoek zelf uit te voeren zijn de kosten van octrooibureau gehalveerd, hoewel een deel van deze meevaller is gebruikt om de arbeidsuren te dekken die benodigd zijn geweest voor het schrijven. Deze wijzigingen in de begroting zijn middels een wijzigingsformulier aangegeven.

Kosten en begroting

De gemaakte kosten van penvoerder Peeeks B.V. zijn overeenkomstig de ingediende begroting, voorbehoudens het ingevoerde wijzigingsformulier. In dit wijzigingsformulier is zowel de versnelde afronding van het project aan bod gekomen, als het aanpassen van enkele kostenposten. De belangrijke kostenwijzigingen komen voort uit het verplaatsen van een groot deel van de patentkosten naar interne loonkosten (door het schrijfwerk grotendeels in-house uit te voeren) en het schrappen van een deel van de elektronica- en hardwarekosten (kosteloos geleverd door de boilerfabrikant).

PR en media-uitingen

Middels een persbericht hebben Eneco en Peeeks uiting gegeven aan het project. Dit persbericht, tevens onderschreven door de meewerkende boilerfabrikant, is in het Engels en Nederlands verschenen en bij diverse media onder de aandacht gebracht. Het persbericht heeft tot artikelen geleid in uiteenlopende media zoals onder andere Energieia, DuurzaamBedrijfsleven, Domotica.nl, Installatienet en Solar Magazine. Voor de grote landelijke nieuwsmedia past het project goed in een langer achtergrondartikel, hetgeen nog diverse PR-mogelijkheden biedt. In het persbericht wordt melding gemaakt van de steun van Topsector Energie van het ministerie van EZ.

Economisch perspectief

Het succes van de pilot heeft geleid tot een vruchtbare discussie omtrent de toekomst van de slimme e-boiler. Eneco is intensief bezig met het verder in kaart brengen van de diverse proposities omtrent de Slimme Boiler en voert onder andere gesprekken met woningcorporaties om de Slimme Boiler ook buiten de Eneco klantenkring in te kunnen gaan zetten. De samenwerkende boilerfabrikant is tevens een ontwikkelingstraject gestart om de kennis uit de pilot toe te passen op haar producten en een integrale Slimme Boiler te ontwikkelen die direct 'slim' geplaatst kan worden bij consumenten. Dit zijn allen tijdrovende en kostbare trajecten die beide partijen niet zouden ondernemen zonder duidelijk toekomstperspectief. De versnelde afronding van het project is hier tevens een kenmerk van.

Over de exacte vorm van dit toekomstige traject wordt nog gediscussieerd, maar de doelstelling is om binnen enkele jaren vooral Slimme Boilers in het veld te krijgen.

Discussie

Terugblikkend op de afgelopen periode hebben we een bijzonder waardevolle tijd achter de rug. Binnen dit tijdsbestek hebben zich diverse ontwikkelingen voltrokken, variërend van technische ontwikkelingen tot consumentenonderzoek. Ieder van deze ontwikkelingen vroeg om beslissingen en het is van belang om daar aan het eind van de rit nogmaals kritisch naar te kijken.

De eerste belangrijke keuze had betrekking op de projectsamenstelling. Binnen deze samenstelling (Peeeks, EET en EIB) was de expertise op het gebied van consumenten beperkt, terwijl de e-boiler bij uitstek een consumentenproduct is. Om deze reden is dan ook vroeg besloten om het innovatieteam van Eneco Consumenten (EC) aan te haken bij het project. EC heeft een sterk positief effect teweeggebracht door de consumentenwaarde van de Slimme Boiler te valideren middels interviews met klanten, en door haar salesforce in te zetten om deelnemers voor de pilot te vinden. Het niet betrekken van een consumentgerichte partij was achteraf onverstandig en is op deze wijze goed aangepakt.

Op technisch vlak was de keuze voor de communicatieoplossing een belangrijk moment. In de aanvraag werd gesproken over LoRA, maar na dieper onderzoek bleek dit toch niet zo gunstig als gedacht. In de discussie die daaruit volgde kwam gebruik van een gateway naar voren als beste oplossing. Echter bleek, na plaatsing van de eerste pilotboilers, dat de gatewayverbinding erg gevoelig was voor straling uit omgevingsinvloeden. Gegeven het feit dat deze invloeden lastig na te bootsen zijn in een ontwikkelomgeving werd dit te laat ontdekt, toen het product al bij de klant hing. Dit is zowel voor de consument als de ontwikkelaar niet prettig. Ook nadat de verbinding stabiel was gekregen bleef de gateway problematisch en een doorn in het oog van diverse consumenten. De consument had beter betrokken moeten worden bij deze technische overweging, zodat we problemen hadden voorkomen. De problemen bleven uiteindelijk beperkt en acceptabel voor een pilot, maar op grote schaal zal een andere oplossing moeten worden gebruikt.

We zien dat controle over de boilers de mogelijkheid geeft om de watertemperatuur in de boilers te verlagen, waardoor verliezen afnemen. Hiermee kan een significante energiebesparing optreden. We adviseren om een grotere pilot uit te voeren om dit te demonstreren.

Conclusie en aanbevelingen

Het project kent diverse aspecten, welke ieder tot andere inzichten hebben geleid. Deze inzichten komen voort uit de succesvolle opzet van een energie-pool uit 100 assets en een gecombineerd vermogen van ongeveer 0,275 MW. De assets worden continu gemonitord en kunnen door middel van een zwermalgoritme als zijnde 1 asset worden aangestuurd door het ontwikkelde centrale platform. De hierbij behorende kosten zijn duidelijk in kaart gebracht en een werkwijze om deze kosten te optimaliseren bepaald. Uit de inzichten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

De eerste conclusie is dat de consument twee belangrijke redenen heeft om interesse in de Slimme Boiler te hebben. Ten eerste is dit de duurzaamheidsoverweging: de Slimme Boiler kan opwarmen op basis van onbalansprijzen en ondersteunt daarmee indirect de zaak voor duurzame opwekking, zoals zonne- en windenergie. Eigenaren van elektrische boilers zien het project als een kans hun steentje bij te dragen. De tweede reden is comfort: de Slimme Boiler monitort de watertemperatuur en kan dus gaan verwarmen wanneer nodig. Dit voorkomt dat mensen onder een koude douche terecht komen. De interesse van consumenten heeft geresulteerd in een conversie van 40% op telefonisch contact.

Wat betreft de techniek zijn er wederom duidelijke conclusies te trekken. Ten eerste heeft het huidige project aangetoond dat de slimme e-boiler technisch haalbaar is. Tevens heeft de pilot de praktische uitvoerbaarheid van het product succesvol gedemonstreerd.

Tot slot laten de meetresultaten uit de pilot zien dat het vermogen van de elektrische boiler bijzonder goed aan te sturen is, snel reageert, en nauwelijks ongewenste activiteit vertoont. De pool van boilers vormt daarmee een bijzonder effectieve bron van flexibel afregelvermogen en een commercieel bijzonder interessant product.

Uiteraard zijn er ook kanttekeningen te plaatsen, met name bij de huidige technische invulling van de connectiviteit: het gebruik van een losse gateway wekt weerstand bij consumenten en is vatbaar voor interferentie met andere apparaten.

De belangrijkste doelstelling binnen het project was het verminderen van onbalans door in te spelen op onbalansprijzen. Het huidige project heeft de technische en praktische haalbaarheid alsmede het commercieel potentieel van de Slimme Boiler aangetoond, waarmee de deuren wagenwijd zijn opgezet voor grootschalige onbalansreductie door energy pooling met de elektrisch boiler.

Bijlage A: Slimme Boilers in het buitenland

Na de succesvolle afronding van de pilot zou een logisch vervolg een grootschalige implementatie van de Slimme Boiler zijn. Als na een dergelijke implementatie de positieve verwachtingen nogmaals worden bekrachtigd is wederom groei gewenst. Dit document biedt inzicht in de vraag of dergelijke groei kan worden bereikt door geografisch uit te breiden naar landen anders dan Nederland. Uit diverse bronnen is geput om een inschatting van de marktafmetingen van diverse landen te komen, waarna een voorselectie is gemaakt van markten met lage ingangsbarrières. Van de hieruit voortkomende twee landen wordt de energiemarkt kort besproken, waarna conclusies worden getrokken over de potentie van het buitenland als potentiële afzetmarkt voor de Slimme Boiler en het voorgestelde uitbreidingsplan.

Afmeting internationale markt

De hoeveelheid vaste elektrische boilers in Nederland (50L en groter) wordt geschat op 500.000, met een sterke groei¹. Op internationaal niveau echter bestaat de huidige 'install-base', alle geïnstalleerde apparaten samen, uit vele miljoenen stuks. Hieronder volgen enkele voorbeelden waaruit de gigantische afmetingen van deze markt kan worden afgeleid.

USA

Het Amerikaanse keurmerk ENERGY STAR² meldt een totale verkoop van 8 miljoen waterverwarmers in 2009, waarvan zo'n 4 miljoen elektrisch. De totale install-base van dergelijke verwarmers wordt op 100 miljoen geschat, waarvan zo'n 39 miljoen elektrisch is. Met name in het Noordwesten en Zuiden van het land bevinden zich veel elektrische verwarmers. Gemiddeld worden de apparaten na 13 jaar vervangen.

Australië en Nieuw-Zeeland³

De elektrische boilers vormen 52% van het verwarmingsaanbod in Australië, goed voor zo'n 4.200.000 stuks met jaarlijkse sales van 280.000 stuks. Verkoop en installatiebasis neemt echter af. In Nieuw-Zeeland bestaat zelfs meer dan 70% van het verwarmingsaanbod uit elektrische boilers, wat gelijk staat aan ongeveer 1.240.000 stuks.

¹ Bron: Gebaseerd op inzichten uit industrie van boilerfabrikanten.

² Bron: ENERGY STAR Water Heater Market Profile, 2010.

³ Bron: Product Profile: Electric Storage Water Heaters – E3, a joint initiative of Australian, State and Territory and New Zealand Governments, July 2012.

Europa

Onderstaande gegevens komen voort uit de *Study on water heating*, gepubliceerd door de universiteit van Oxford⁴ in 2001.

Land	Elektrische waterverwarming	Jaarlijkse verkoop	Geschatte install-base
Oostenrijk	42.8%	78.000	1.170.000
België	30%	117.000	1.755.000
Denemarken	12%	-	-
Frankrijk	45%	1.050.000	15.750.000
Duitsland	45%	2.351	35.000
Spanje	16%	775.000	11.625.000
UK	19%	136.000	2.040.000

In Duitsland worden nog altijd veel doorstroomboilers gebruikt, die douche- en tapwater direct verwarmen en niet opslaan. Dergelijke boilers zien niet te gebruiken op de energiemarkt, gezien de instantane warmwaterbehoefte waarin deze apparaten voorzien.

Voorselectie boilermarkten

De bovenstaande getallen laten zien dat er ruimschootse groeimogelijkheden zijn, zowel dichtbij huis als op andere continenten. Echter zullen de eerste stappen richting internationale uitbreiding zich, omwille van praktische overwegingen, beperken tot grote markten op kleine afstand: Frankrijk, België, Duitsland en Scandinavië. Echter is er geen marktdata beschikbaar voor Scandinavië en blijkt de Duitse markt zeer beperkt vanwege de dominante aanwezigheid van doorstroomboilers. Het totale spectrum aan initiële boilermarkten wordt dan ook voor de rest van dit rapport beperkt tot Frankrijk en België.

Toegang energiemarkt

Naast de beschikbaarheid van elektrische boilers dient te moeten worden gekeken naar de buitenlandse energiemarkten. Enkel wanneer op deze markten kan worden ingespeeld kan een positief oordeel worden geveld over toetreding tot deze markten.

België

Elektriciteitsprijzen worden in België sinds 2007 bepaald op de EPEX spotmarkt, welke is gekoppeld met de elektriciteitsmarkten in Nederland (APX) en Frankrijk (Powernext). Deze spotmarkt biedt day-ahead en intraday handel aan met onderstaande eigenschappen:

⁴ Bron: Study on water heating – labelling / standards - Appliance MarketStudy, May 2001.

Market Segment	Day Ahead Market (“DAM”)	Continuous Intraday Market (“CIM”)
Tijdsinterval	Blokken van 1 uur	Blokken van 1 uur
Aanmelding	Maximal 14 handelsdagen vantevoren	Vanaf 14:00 op de vorige handelsdag tot 5 min voor levering
Handelsdagen	Elke dag	Elke dag
Prijsstelling	€/MWh	€/MWh
Vaststellingen	Veiling	Continu
Handelsuren	Sluit om 12:00	24/7

De Belgische onbalansmarkt wordt beheerd door netbeheerder Elia. Elia biedt real-time onbalansdata op 1 minuut resolutie met 2-3 minuten delay. Dit is vergelijkbaar met Nederland, ergo de structuur van de onbalansmarkt in België levert geen conflicten op voor onbalanssturing met de Slimme Boiler.

België beschikt, net als Nederland, over een secundaire reserve. Toegang tot deze dienst wordt maandelijks geveld. Voor Slimme Boilers zouden, net als in Nederland, speciale afspraken gemaakt moeten worden. Elia bekijkt de mogelijkheid tot toetreding van dit soort ‘speciale’ apparaten op individuele basis, en staat daarbij open voor vernieuwing.

Frankrijk

Ook Frankrijk is sinds 2007 aangesloten op de EPEX spotmarkt. Op de spotmarkt kan zowel day-ahead als intraday gehandeld worden, onder dezelfde voorwaarden als bovenstaand in de tabel voor België weergegeven. De Franse markt wordt aan de opwekzijde gedomineerd door Electricité de France (EDF), het Franse staatsbedrijf en Frankrijks grootste leverancier.

In Frankrijk de balansverantwoordelijke partijen (BVPs) zijn verantwoordelijk voor de netbalans, net als in Nederland. Wanneer BVPs afwijken van het door hun opgestelde verbruiks- en generatieprogramma betalen zij daarvoor een financiële compensatie: de onbalansprijs. De geaggregeerde onbalansprijs wordt per 30 minuten vastgesteld, in tegenstelling tot de Nederlandse 15 minuten. De volatiliteit van de onbalansmarkt is dan ook lager in Frankrijk. Publicatie van de onbalansprijs wordt nogmaals 30 minuten vertraagd alvorens te publiceren.

Secundaire reserve in Frankrijk dient binnen 30 minuten te reageren en minimaal 1 uur beschikbaar te zijn. Slimme Boilers zouden deze dienst dan ook alleen in een grote pool kunnen aanbieden om deze beschikbaarheid te garanderen. Tevens zouden de Slimme Boilers als ‘Rapid Reserve’ kunnen dienen: een dienst voor relatief snelle en kleinere (orde 10MW) assets. Helaas geldt ook hier de minimumduur van 1 uur.

Beoogde aanpak buitenland

Bovenstaande gegevens bieden twee invalshoeken voor een uitbreiding naar het buitenland: de aanwezigheid van elektrische boilers en de aanwezigheid van een kansrijke energiemarkt. Enkel landen die vanuit beiden invalshoeken potentieel bieden kunnen worden overwogen. Er kan verder onderscheid gemaakt worden tussen de korte- en langetermijnsoverwegingen. Op korte termijn zal een eerste buitenlandse introductie worden uitgevoerd. Deze stap heeft naast een commerciële ook een educatieve aard: we zullen als bedrijven moeten ontdekken wat de buitenlandse markt te bieden heeft. Om de overstap naar het buitenland zo soepel mogelijk te laten gaan, dient het eerste uitbreidingsland zo veel mogelijk overeenkomsten te vertonen met de huidige situatie in Nederland. Dit betekent overeenkomstig in zowel geografische, sociale en economische aard.

Het is om deze reden dat België een bijzonder geschikte keus is. In België bestaat een grote install-base van elektrische boilers en worden nog altijd veel nieuwe apparaten verkocht. Daarnaast zien we dat de energiemarkt vergelijkbaar is met de Nederlandse markt. De Belgische onbalansmarkt, die op een eenzelfde wijze werkt als de Nederlandse variant, biedt dan ook de mogelijkheid dezelfde winstgevende handelsstrategie toe te passen als in de pilot gebruikt is.

Frankrijk, eveneens een land met sterke vertegenwoordiging van de Slimme Boiler, biedt helaas niet dezelfde marktkansen, gezien de minder volatiele onbalansmarkt.

Uiteraard kan op lange termijn naar een breder uitbreidingspallet worden gekeken. In landen als de VS, Australië en Nieuw-Zeeland zijn nog enorme hoeveelheden elektrische boilers te *verslimmen*. Uiteraard zal ook hier eerst naar de energiemarkt gekeken moeten worden en de business naar gelang aangepast. Daarnaast kan concurrentie een rol spelen in het buitenland. Voor zover bekend is de concurrentie op het gebied van Slimme Boilers en Flexibiliteit beperkt in West-Europa, maar zijn er in de VS enkele grote spelers die zich al een deel van de markt hebben toegeëigend.

Praktische uitvoering

Op praktisch gebied zouden we de sterkte van de huidige samenwerking graag kopiëren naar het buitenland. Peeeks kan haar cloud-based solution gemakkelijk in een ander land uitvoeren, maar de markttoegang (EET) en installatietoegang (EIB) van de huidige samenwerking zal moeten worden herzien. EET en EIB kunnen hier de leiding in nemen en een geschikte lokale partij verkiezen om mee samen te werken. Zo kan de kracht van deze vorm van samenwerken behouden blijven, zonder een van de drie partijen buiten te sluiten.

Bijlage B: Samenvatting evaluatierapport

Aan de hand van de ervaring in de pilot is uitvoerig geëvalueerd met alle ketenpartners: EIB, EET, Peeeks en de consument. Tijdens deze evaluatie is de pilot vanuit verschillende invalshoeken beoordeeld zijnde techniek, onbalansreductie, consument en proces. Hieronder een samenvatting van bevindingen.

Techniek

De pilot heeft de technische haalbaarheid van het op afstand aansturen van groepen Slimme Boilers bewezen. Middels een iteratief ontwerpproces is de robuustheid van de module in enkele slagen naar een acceptabel niveau gebracht. Verbeterslagen in robuustheid zijn telkens gemaakt in de communicatie tussen gateway en boiler. De kwaliteit van de hiervoor verantwoordelijke RF-verbinding wordt sterk beïnvloed door lokale factoren, en kan dan ook maar beperkt worden getest in een lab-omgeving, hetgeen de ontwikkelslagen heeft bemoeilijkt. Door afwisselend te ontwikkelen en te testen bij diverse consumenten is een duidelijk beeld van de betrouwbaarheid van RF onder veranderlijke omstandigheden.

De uiteindelijk tot stand gekomen hardware biedt voldoende zekerheid van werking aan zowel de consument als de deelnemende partijen.

Onbalansreductie

Om de Slimme Boilers in te zetten ten behoeve van reductie van onbalans zijn er twee benodigde eigenschappen:

1. Slimme Boilers moeten snel en duidelijk reageren op stuursignalen.
2. Slimme Boilers moeten een hoge beschikbaarheid voor sturing vertonen.

De pilot laat zien dat de groep van boilers binnen enkele seconden reageert op stuursignalen, waardoor een significante toename in vermogen tot stand komt. Deze reactie is goed zichtbaar in het dag-overzicht op blz. 15. De beschikbaarheid van de Slimme Boilers kan worden onderzocht door te kijken naar de hoeveelheid Slimme Boilers die gemiddeld uit zichzelf zijn ingeschakeld. Deze Slimme Boilers zijn namelijk niet meer beschikbaar om ingeschakeld te worden. De dag-overzichten laten zien dat dit gemiddeld om enkele stuks gaat. De beschikbaarheid (100 minus deze enkele stuks) is dan ook zeer hoog.

Beide eigenschappen zijn aanwezig in de Slimme Boilers, zoals de pilot heeft aangetoond. Op het gebied van Onbalansreductie scoren de Slimme Boilers dan ook zeer goed.

Consument

Voor de pilot zijn uiteindelijk ruim 100 consumenten bereid gevonden hun boiler gratis te laten upgraden tot een Slimme Boiler. Hiervoor zijn meer dan 200 telefoongesprekken gevoerd met consumenten. Na plaatsing zijn de deelnemers telefonisch ondervraagd over de upgrade. Hieruit zijn een aantal inzichten voortgekomen:

1. Consumenten willen graag een steentje bijdragen aan een duurzame wereld. Als inwoner van een flatappartement of rijtjeshuis zijn opties als zonnepanelen of elektrische auto's geen mogelijkheid. De Slimme Boiler biedt deze consumenten de mogelijkheid bij te dragen zonder merkbare impact in hun woon- en leefsituatie.
2. Consumenten hebben merkbaar minder last van 'koud water', aangezien de Slimme Boiler op tijd ingrijpt en extra verwarmd.
3. De Slimme Boiler hangt vaak in het zicht. De kleur van LEDs is dan ook een belangrijke keuze, aangezien de consument hier de hele dag tegenaan kijkt. Het knipperen van LEDs, in het bijzonder in de kleur rood, leidt tot irritaties en commotie bij de consument.

Proces

Het aanbieden, installeren, onderhouden en monitoren van Slimme Boilers wordt uitgevoerd door diverse partijen. Deze samenwerking vereist geregisseerde processen om de juiste informatie tijdig te communiceren. Deze processen zijn gedurende de plaatsing van de eerste Slimme Boilers duidelijk geworden en kort daarna formeel ingevuld. Voor deze eerste plaatsingen betekende dit echter dat informatie niet altijd tijdig gedeeld werd. Ook hier is een iteratieve operatie ingericht om de processen stap-voor-stap te verbeteren. In de laatste uitbreidingsronde van de pilot, met enkele tientallen installaties, verliep dergelijke communicatie dan ook een stuk vlotter en volgens protocol dan bij de eerste groep Slimme Boilers. Een voorbeeld van procesontwikkeling is de introductie van de Boiler Portal voor Eneco's klantenservice en installateurs. Deze portal biedt inzicht in de status van individuele Slimme Boilers en vermindert daarmee het aantal benodigde contactmomenten tussen Peeeks en Eneco.