

Eindrapportage Koempel

21 feb 2016



Eindrapportage Koempel

Vorbereid voor

In het kader van
WBS SID1466

Geschreven door
Didden Marcel

+ 31 6 388 245 70
marcel.didden@laborelec.com

Dit document werd elektronisch ondertekend.

Revisor
Van Lumig Michiel

Selecteer Revisor of Goedkeurder. Als niet van toepassing verwijder deze lijnen.
[Signer]

Goedkeurder
De Koster Michaël

Eindrapportage Koempel

Versie nummer	Datum	Beschrijving en wijzigingsgeschiedenis
LBE04110192 - 1.0	21 feb 2016	Nieuw rapport.

Colofon / Dankwoord

Het project Koempel is een project uitgevoerd door een consortium van bedrijven en organisaties met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI Switch2Smartgrids uitgevoerd door RVO.

De rapportage is tot stand gekomen met medewerking van alle consortiumpartners:

- Laborelec (penvoerder)
- TU Eindhoven
- Hogeschool Zuyd / Centre of Expertise NEBER
- Cofely Smart Grid Solutions
- Cofely Industriële automatisering

Het project werd uitgevoerd in nauwe samenwerking met netbeheerder Enexis. Enexis leverde zowel de benodigde data voor uitvoering van het project en gaf tevens zeer gewaarde input in het project. De consortiumpartners wensen met name Jos Luijten van Enexis voor deze input te bedanken. Daarnaast bedanken de consortiumpartners de bedrijven van bedrijventerrein De Beitel voor hun tijd, informatie en bereidheid om deel te nemen in de pilots van dit project.

Maastricht-Airport, februari 2016

Management Samenvatting

Binnen het project Koempel heeft het consortium onderzocht, of Demand Response bij lokale congestie in het distributienet een alternatief kan zijn voor de traditionele netverzwaring. Uit onze analyses en de uitgevoerde pilot concluderen we, dat Demand Response daadwerkelijk technisch mogelijk is en economisch rendabel kan zijn. Hierbij zijn de volgende kanttekeningen te maken:

- In onze rendabiliteitsberekening hebben we geen rekening gehouden met de tijdsinspanning die benodigd is voor de analyse van de flexibiliteit en het overtuigen van aangeslotenen om deel te nemen. Indien we dit er wel bij rekenen is de business case niet meer rendabel.
- Demand Response kan slechts voor een beperkt aantal netcomponenten een alternatief vormen zoals railstellen en niet voor componenten zoals transformatoren.
- De Nederlandse wetgeving laat momenteel nog niet toe, om congestie middels Demand Response structureel te verhelpen. In andere landen, die hun wetgeving ook baseren op de Europese directives, is dit wel reeds mogelijk.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1.	Vraagstelling	5
1.2.	Onderzoeksopzet	6
2.	Netplanningsprocessen	6
2.1.	Traditionele netplanning	6
2.1.1.	Algemeen	6
2.1.2.	Planningshistoriek bij Terwinselen	7
2.2.	Netplanning met Demand Response	7
2.2.1.	Theoretische overwegingen	7
2.2.2.	Stappenplan	8
3.	Ex-ante analyse pilot	8
3.1.	Softwareaanpassingen voor toepassing op bedrijventerrein-niveau	8
3.2.	Simulaties belastinggroei op lange termijn	9
3.3.	Bepaling congestiemomenten	10
3.4.	Identificatie van afschakelbare klanten	10
4.	Operationele doorvoering pilot	11
4.1.	Implementatie	11
4.1.1.	Pilot 1	11
4.1.2.	Pilot 2	12
4.2.	Resultaten	13
5.	Ex-post analyse pilot	14
5.1.	Measurement and verification	14
5.1.1.	Inleiding	14
5.1.2.	Inventarisatie	15
5.1.3.	Keuze voor protocol	Error! Bookmark not defined. 15
5.2.	Marktmodellen	16
5.3.	Business model	16
6.	Flankerend ICT - onderzoek pilot	17
6.1.	Cybersecurity	17
6.2.	Communicatieprotocollen	19
7.	Conclusies en Voortgang	21
7.1.	Conclusies	21
7.2.	Voortgang	23
8.	Publicaties	24
9.	Bijlagen	27
Bijlage A.	Verspreidingslijst	28

1. Inleiding

1.1. Vraagstelling

Het elektriciteitsnet is een onmisbaar onderdeel van de elektriciteitsvoorziening. Het zorgt voor het transport en de distributie van elektrische energie van en naar de eindgebruiker. Een cruciale component is de transformator tussen hoogspanning en middenspanning (HS/MS transfo), waarvan er enkele honderden in Nederland staan opgesteld. Deze transformatoren zorgen voor de aansluiting van het middenspanningsnet op het hoogspanningsnet en voeden vaak vele dorpen, delen van steden en bedrijventerreinen per transformator. Hoogspanningsstation Terwinselen voedt het middenspanningsnet van onder andere Heerlen, Kerkrade en Landgraaf. In 2011/2012 is station Terwinselen uitgebreid met een extra 150/10 kV transformator 4 van 40 MVA. Ook is een extra 10 kV systeem aangelegd in een nieuw gebouw. Deze uitbreiding is het gevolg van het stijgende verbruik van de aangesloten waardoor een overbelasting van het bestaande systeem zou zijn veroorzaakt binnen korte tijd. Deze aangesloten bestaan zowel uit meerdere bedrijventerreinen en woonwijken. Aangezien de verwachte overbelasting slechts beperkt in tijd is, zou het denkbaar zijn om deze te verhelpen middels vraagsturing van enkele grote bedrijven achter deze transformator. Deze vraag werd concreet gemaakt middels de bedrijven van het bedrijventerrein De Beitel. Bedrijventerrein De Beitel is met een oppervlakte van 132 hectare het grootste bedrijventerrein in de regio Parkstad Limburg. Op het industrieterrein de Beitel liggen ca. 88 bedrijven. Het bedrijventerrein bestaat hoofdzakelijk uit grote en middelgrote, bovenregionale bedrijvigheid. De gevestigde bedrijven zijn vooral actief in de sectoren dienstverlening, industrie, groothandel, transport en distributie. Een aanzienlijk deel van de bedrijven is van buitenlandse, veelal Amerikaanse en Japanse, herkomst. Het is een bovenregionaal, logistiek/industriële terrein, omringd door andere bedrijventerreinen.



1.2. Onderzoeksopzet

Teneinde te onderzoeken of Demand Response een alternatief kan zijn voor een traditionele uitbreiding van het elektriciteitsnet, hebben we de volgende stappen doorgevoerd, die achtereenvolgens in een hoofdstuk worden beschreven:

- Netplanningsprocessen

Binnen dit hoofdstuk analyseren we het traditionele netplanningsproces om inzichtelijk te krijgen waar de mogelijkheden zich bevinden voor Demand Response. Vervolgens beschrijven we, hoe een alternatief netplanningsproces uit moet zien en welke informatie/stappen nodig zijn als voorbereiding van een DR-programma, tijdens een DR-programma en daarna.
- In de hoofdstukken 3 t/m 5 beschrijven we achtereenvolgens de benodigde analyses vóór een Demand Response event, de operationele doorvoering en de analyses nadien
- In hoofdstuk 6 beschrijven we twee flankerende onderzoeksthema's, nl. communicatieprotocollen en cybersecurity
- Hoofdstuk 0 tenslotte beschrijft de conclusies en suggesties voor vervolgonderzoek

2. Netplanningsprocessen

2.1. Traditionele netplanning

2.1.1. Algemeen

Veel netbeheerders, zowel regionaal alsook nationaal werken met een op risico gebaseerd Asset Management-model. Dit model is een afgeleide van de PAS55 standaard, en zal groeien naar de NTA8120. Met een op risico gebaseerd Asset Management model wordt bedoeld dat risico's, performance en kosten worden gebalanceerd. Het bewust accepteren van bepaalde risico's voorkomt dat kosten worden gemaakt die niet echt bijdragen aan het behalen van de performance criteria en daarmee niet doelmatig zijn.

Een zeer belangrijke factor bij het kiezen van een oplossing is het gegeven of een oplossing op betrouwbare wijze een risico kan elimineren. Bij het falen van een oplossing is er direct een impact op de KPI 'storingsminuten' of 'netkwaliteit' waarop een netbeheerder wordt beoordeeld. Vaak zal betrouwbaarheid het winnen van kosten als twee ongeveer gelijke alternatieven beschouwd worden.

Binnen dit Asset Management model, Risk Based Asset Management (RBAM) in het Engels, is een netverzwaring de meest aangewezen vorm voor het verhelpen van congestie. Ook netbeheerder Enexis plant volgens deze RBAM-systematiek.

Netverzwaringen hebben een aantal grote voordelen boven enig alternatief:

1. zeer robuust,
2. zeer duurzaam, bij een grote uitbreiding wordt het net voor tientallen jaren aan normale groei bestendig gemaakt,
3. heft congestie van zowel opwek als afname op,
4. het is een bekende en beproefde methode.

Daar tegenover staan de volgende nadelen:

1. zeer kostbaar vanwege kostbare componenten en werkzaamheden,
2. capaciteit wordt bepaald door de piekbelasting,
3. graafwerkzaamheden, vergunning, lange doorlooptijd.

2.1.2. Planningshistoriek bij Terwinselen

Metingen van de belasting van belangrijke assets worden gebruikt om te bepalen of en hoelang de asset nog in bedrijf kan blijven. Naast metingen wordt ook een vaste belastingsgroei meegenomen, ongeveer 1% per jaar. Ook het verdwijnen en komen van nieuwe aansluitingen wordt meegenomen om een prognose te maken van de belastingsontwikkeling van een asset.

De onderzochte transformator en het bijbehorende railsysteem in Terwinselen heeft een nominale capaciteit van 58 MVA. De maximale belastingsgrens van deze transformator is 120% ($1,2 \cdot 58$ MVA). De gemeten maximale belasting was op een beperkt aantal momenten ruim boven de 120% van de nominale capaciteit. Het belastingspatroon samen met de verwachting van enkele belastingssprongen gaf aanleiding tot het onderzoek naar uitbreiding van het station met modellen.

Enexis heeft Matlab modellen gemaakt van alle HS/MS transformator types die bij Enexis in gebruik zijn. Met deze modellen kan de belasting en temperatuur doorgerekend worden. Hiertoe worden historische weergegevens en gemeten belastingsprofielen gebruikt. Uit deze simulaties volgen dan de maximale te verwachten belasting en temperaturen van de asset. Dit wordt verder toegelicht in de volgende paragraaf.

Ook wordt per asset ieder jaar bekeken wat de belastingsontwikkeling is. Uit de analyse van de betreffende assets in Terwinselen werd geconcludeerd, dat de opgetreden maximale belasting in de jaren 2007-2011 relatief snel toenam en de toelaatbare grens zou overschrijden. Daarom is tot uitbreiding van het station overgegaan.

2.2. Netplanning met Demand Response

2.2.1. Theoretische overwegingen

Demand response kan als alternatief naast netverzwaringen beschouwd worden in het RBAM proces. Hiertoe dient DR wel aan een aantal voorwaarden te voldoen om überhaupt als alternatief beschouwd te kunnen worden. Betrouwbaarheid en robuustheid van de oplossing zijn een belangrijke factor, naast natuurlijk de kosten.

Om als serieus alternatief te kunnen worden beschouwd zal DR zich verder moeten bewijzen. Een aantal praktische aspecten zijn belangrijk:

- Wat is de kans dat het systeem niet werkt op het moment dat het nodig is?
- Is er de garantie dat er altijd voldoende flexibiliteit aanwezig is op het moment dat het nodig is?
- Hoe lang kan het systeem als peak shaver worden ingezet, wat gebeurt er als flexibiliteit verdwijnt (bv. door een faillissement)?

Hoeveel marge moet men aanhouden mbt te contracteren flexibiliteit?

2.2.2. Stappenplan

Bij het implementeren van ons DR pilot programma binnen het Koempel project onderscheiden we drie stappen:

1. Vóór het Demand Response programma. Deze fase behelst:
 - a. Gereedmaken van de software voor Demand Response op bedrijventerreinniveau
 - b. Simulaties belastinggroei op lange termijn,
 - c. Het maken van een methodiek voor het bepalen van de exacte momenten van congestie op korte termijn,
 - d. Identificatie en contractering van afschakelbare klanten.
2. Tijdens het Demand Response programma. Deze fase behelst
 - a. Bepaling van concrete afschakelmomenten,
 - b. Verwittigen van klanten en evt. vooraf installeren van uitlees- en stuursoftware,
 - c. Analyse van de resultaten van het event.
3. Na het programma worden bijkomend de volgende analyses gedaan:
 - a. Maken van business case,
 - b. Toepasbaarheid binnen de huidige wetgeving en evt. voorstel tot aanpassing van marktmodel.

3. Ex-ante analyse pilot

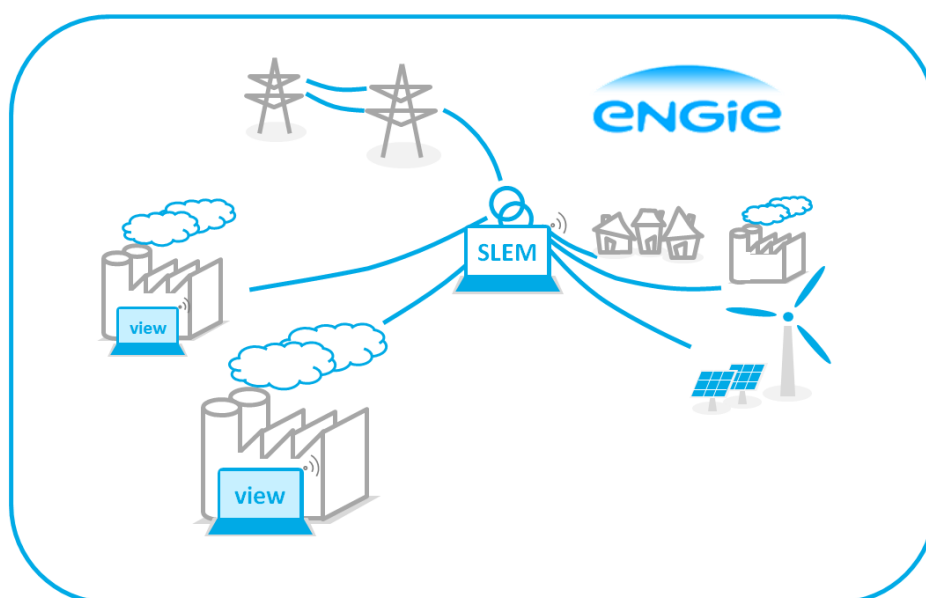
3.1. Softwareaanpassingen voor toepassing op bedrijventerreinniveau

Dit project maakt gebruik van het door Cofely en Laborelec ontwikkelde Demand Response platform genaamd Smart Local Energy Management (SLEM). SLEM is echter

ontwikkeld voor aansturing van flexibele belastingen van één industriële klant met één unieke EAN-code.

Binnen het project is gekeken hoe SLEM geschikt kan worden gemaakt voor DR/vraagsturing ter uitstel/voorkomen van het vervangen van een HS/MS-transformator. Om dit te beantwoorden is bekeken tegen welke grenzen SLEM aanloopt wanneer dit product wordt ingezet voor piekshaving op bedrijventerreinniveau, en daaruit volgend welke aanpassingen nodig zijn om SLEM geschikt te maken.

Na uitgebreide analyse werd geconcludeerd, dat het gehele bedrijventerrein als één bedrijf kan worden geconfigureerd waardoor de al bestaande logica in SLEM (day-ahead optimalisatie, en intraday peaksaving en loadshaping) kan worden gebruikt voor de optimalisatie van het bedrijventerrein (maar niet meer op bedrijfsniveau). Hierbij moeten meerdere SLEM boxen aan SLEM kunnen worden gekoppeld. Daarnaast moeten de bedrijven wel inzicht krijgen in de aansturing van hun eigen installaties, maar niet in de aansturing van elkaars installaties. Dit staat uitgebreid beschreven in bijlage 2.



Figuur 1 Functioneel diagram van de testopstelling, waarin het hele bedrijventerrein als één bedrijf wordt gezien

3.2. Simulaties belastinggroei op lange termijn

Binnen ons onderzoek hebben we een 'base case scenario' opgesteld voor de belastinggroei.

De base case laat zien dat op basis van de gesimuleerde week (met gemeten belasting) de transformator met 127,5% van zijn nominale capaciteit belast zou mogen worden. Enexis hanteert voor deze transformator een maximale belastbaarheid van maximaal 120%. Het levensduurverbruik is 108%, de transformator veroudert dus sneller dan gewenst (streven is maximaal 100%).

3.3. Bepaling congestiemomenten

Met behulp van meetdata uit het net, weerdata en bijbehorende kalendergegevens is een model gebouwd dat de toekomstige belasting van de assets beschrijft. Hiertoe zijn een groot aantal methodes getest, om een prognose van de belasting te maken. Dit hebben we in een onderzoekspaper voor CIRED 2014 vastgelegd (Paper 0360). Het uiteindelijk model is omgebouwd tot een programma waarmee met een goede nauwkeurigheid de belasting voorspeld kon worden. Met deze voorspelling zijn de momenten voor Demand Respons bepaald.

De meeste geschikte methode maakt gebruik van Multi regressie en behaalt een Mean Absolute Error (MAE) van 3-4%. In literatuur worden resultaten behaald van 1,5-3%, echter voor problemen op veel grotere schaal. Door de kleine schaal waarop het gemaakte model werkt zijn afwijkingen van individuele gebruikers zichtbaar en kan het model niet profiteren van een uitmiddeling- effect.

Op basis van deze voorspelling kan beslist worden of Demand Respons nodig is om beneden een maximale belastingslimiet te blijven. In het geval van transformator 1 ligt deze limiet op 120% van het nominaal vermogen (58 MVA).

De input van het belastingprognose programma voor een voorspelling voor de volgende dag bestaat uit:

- Temperatuur en windsnelheid van de vorige dag en de huidige dag tot het moment van voorspellen;
- De transformatorbelasting van de vorige dag en de huidige dag tot het moment van voorspellen;
- Een prognose van de temperatuur en windsnelheid van de volgende dag.

Daarnaast wordt kalender informatie gebruikt, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen week/weekend en feest- en vakantiedagen.

3.4. Identificatie van afschakelbare klanten

Tijdens het Koempelproject werden 15 bedrijven op het bedrijventerrein telefonisch benaderd en bezocht. Zes bedrijven hebben uiteindelijk deelgenomen aan de pilots. Twee bijkomende bedrijven hebben aangegeven over flexibiliteit te beschikken. Hoewel zij niet in de gelegenheid waren deze in te zetten, hebben ze ons voldoende informatie gegeven om deze in te kunnen schatten. De overige zeven bedrijven hadden te weinig potentieel voor demand response. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de bedrijven.

	Sector	Vermindering kW	Max. duur	Installatie / flexibiliteit
1	Chemie	500	Onbeperkt	Batch process
2	Logistiek	200	Onbeperkt	Noodstroomdiesel
3	Chemie	190	5 h	Proces
4	Chemie	900	2 h	Ventilatie
5	Kantoor	10	Onbeperkt	Noodstroomdiesel

6	Kantoor	14	Onbeperkt	Verlichting
7	Waterstation	80	Onbeperkt	Noodstroomdiesel
8	Chemie	800	Onbeperkt	Procesonderbreking

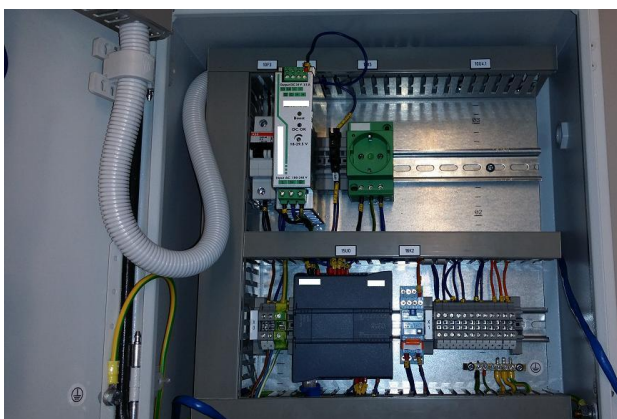
Tabel 1 Technische karakteristieken van beschikbare flexibiliteit

4. Operationele doorvoering pilot

4.1. Implementatie

4.1.1. Pilot 1

De 1^e pilot is uitgevoerd in week 48 van 2014. Enexis heeft vooraf meetdata van de transformatorbelasting aangeleverd. Daarnaast heeft Cofely meetboxen in het elektriciteitsnet geïnstalleerd om zo real-time meetdata tijdens de pilot te vergaren.



Figuur 2 Meetbox Cofely voor het registreren van vermogensstromen in het net

De data uit de meetboxen wordt opgeslagen in de database van het ontwikkelde programma voor dit project.

De beschikbare flexibiliteit voor deze pilot wordt beschikbaar gesteld door bedrijven die deelnemen aan de pilot.

Bedrijf	Type flexibiliteit	Flexibiliteit
Kantoor	Nooddiesel (+ 45 kW PV)	10 kW
Chemie	Productie verschuiven + ventilatie	190 kW
Logistiek	Nooddiesel + verlichting (+ 250 kW PV)	215 kW
Waterstation	Nooddiesel	80 kW

Tabel 2 Beschikbare flexibiliteit in pilot 1

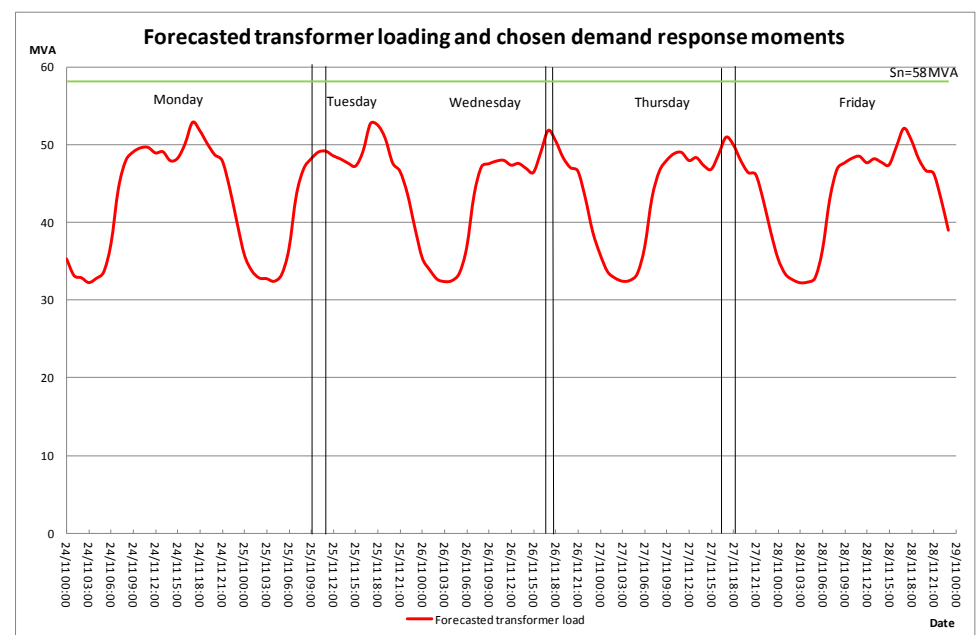
Naast de bedrijven in Tabel 2 waren nog enkele bedrijven geïnteresseerd, deze echter konden niet deelnemen aan de pilot.

Met behulp van het belastingsprognose programma is een prognose van de belasting gemaakt. Omdat de belasting door de crisis gedaald is zijn er geen kritische

piekbelastingen meer. Daarom zijn de momenten van demand respons gekozen om een zo groot mogelijk leereffect te verkrijgen. De volgende momenten werden uitgekozen:

Datum	Tijd
Dinsdag 25-11-2014	9h - 11h
Woensdag 26-11-2014	17h – 18h
Donderdag 27-11-2014	16h30 - 18h30

Tabel 3 Momenten voor DR 1^e pilot



Figuur 3 Momenten voor DR volgens het belastingsprognose programma

De momenten van DR zijn enkele dagen vooraf aan de deelnemende bedrijven gecommuniceerd.

4.1.2. Pilot 2

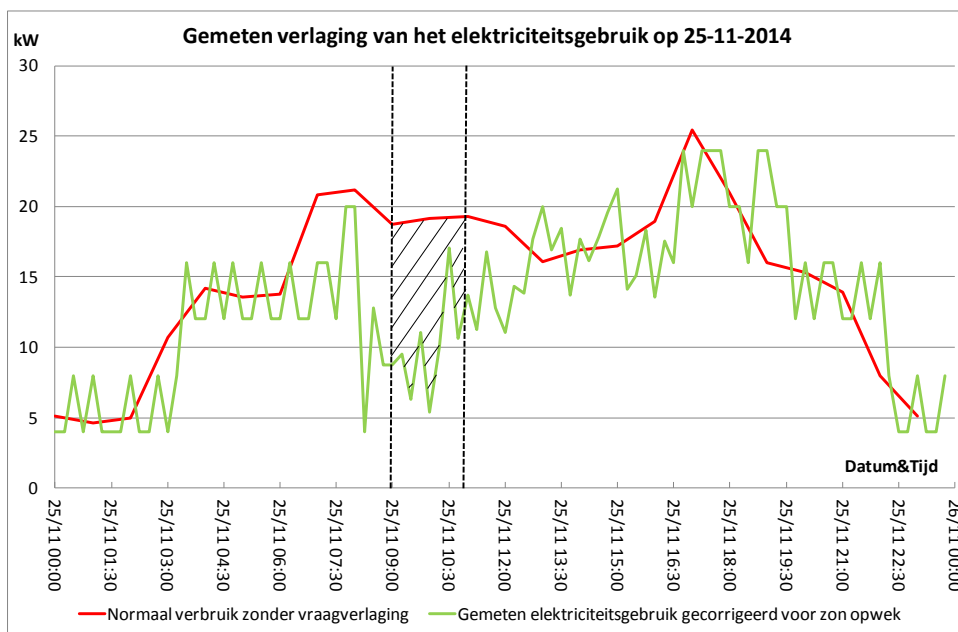
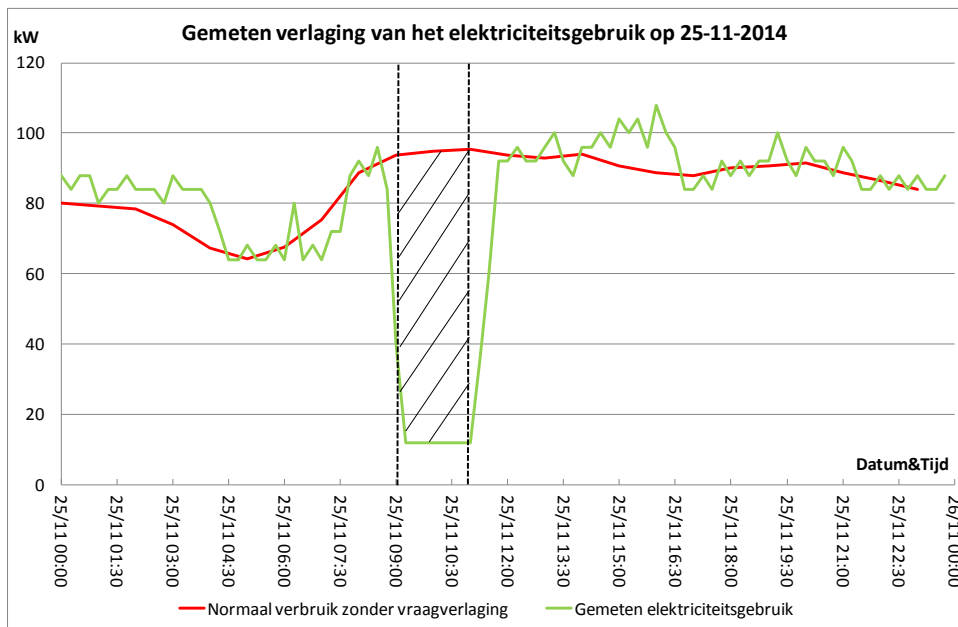
De 2^e pilot is opgezet om in meer in detail te kijken naar de daadwerkelijke demand respons per bedrijf. Hiertoe zijn meetboxen opgehangen bij de deelnemende bedrijven. De momenten van demand respons zijn op dezelfde manier bepaald als voor de 1^e pilot. Deze momenten waren:

Datum	Tijd
Dinsdag 2-6-2015	16h30 - 17h30
Donderdag 4-6-2015	16h – 18h
Vrijdag 5-6-2014	11h - 13h

Tabel 4 Momenten voor DR 2^e pilot

4.2. Resultaten

De kWh metingen aan de hoofdaansluiting van de deelnemende bedrijven zijn gebruikt om de DR te verifiëren. Bij sommige bedrijven zeer duidelijk, bij andere minder duidelijk, zie twee figuren beneden

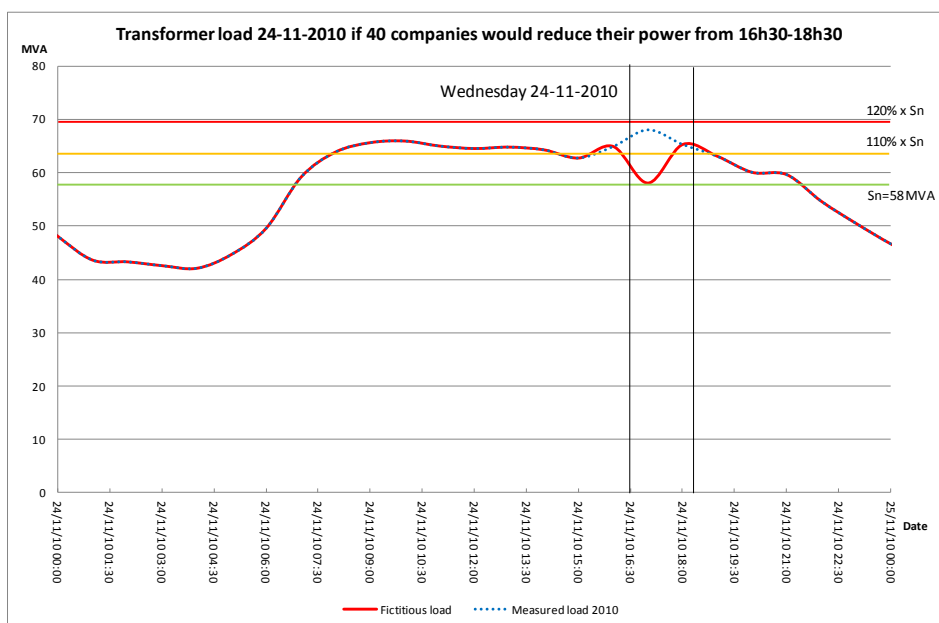


Door het kleine flexibele vermogen in verhouding met het transformatorvermogen zijn er geen relevante verschillen gemeten op transformatorniveau. Door extrapolatie van de flexibiliteit is wel een idee te geven van de hoeveelheid flexibiliteit welke nodig is om voor een relevante daling van de belasting te zorgen. Voor deze extrapolatie zijn de volgende aannames gedaan:

- De gemiddelde flexibiliteit van de zes geïnteresseerde bedrijven was 250 kW;

- Om de belasting voldoende te kunnen laten dalen zou 10 MW aan flexibiliteit gecontracteerd moeten worden, bij lineaire extrapolatie zouden dit 40 bedrijven zijn;
- In totaal zijn er meer dan 200 middelgrote bedrijven achter transformator 1 aangesloten, theoretisch zou dit haalbaar moeten zijn.

Om een idee te geven hoe de transformatorbelasting zou kunnen dalen is een dag in 2010 gekozen waarop de belasting erg hoog was.



Figuur 4 Gemeten en theoretische belasting door DR op een dag in 2010

5. Ex-post analyse pilot

5.1. Measurement and verification

5.1.1. Inleiding

Demand respons is het veranderen van de elektriciteitsvraag. Dit veranderen wordt veroorzaakt door bijv het afschakelen van een proces of het inzetten van een noodstroomdiesel. De vergoeding voor de afnemer bestaat uit een capaciteitsvergoeding en/of een energie vergoeding. De eerste is een vergoeding voor het ter beschikking stellen van flexibiliteit, vaak afgerekend in euro per MW per jaar. Aan deze vergoeding zijn voorwaarden verbonden. De tweede vergoeding is per afgeroepen keer dat flexibiliteit is ingezet. Hiertoe wordt gekeken hoeveel energie daadwerkelijk af- of bijgeschakeld is. Deze wordt vaak afgerekend per MWh. Om te verifiëren hoeveel energie daadwerkelijk door demand respons werd ingezet zijn er meet- en verificatieprotocollen opgesteld.

5.1.2. Inventarisatie

Er is geen standaard protocol dat voor iedere situatie geschikt is. Er zijn vele protocollen ontwikkeld en getest. Hieronder volgt een klein overzicht van protocollen dat geschikt lijken voor het verifiëren van de resultaten van de pilots.

Voor het bepalen van de ingezette flexibiliteit dient men te bepalen wat het verbruik zou zijn geweest als geen Demand Respons zou zijn opgetreden, een zogenoemde baseline. De baseline kan op verschillende manieren worden gecreëerd, maar altijd is er meetdata nodig van een voorgaande periode. Daarnaast is er soms ook nog informatie nodig over bv. het weer of zelfs over de processen zelf.

De meest bekende methodes kunnen worden gegroepeerd tot 4 hoofdmethodes. Elke methode heeft zijn voor- en nadelen.

	Voordelen	Nadelen
Voorgaande dag	Eenvoudige methode Kans is groot op eenzelfde patroon als de dag met DR	Weersinvloeden worden niet meegenomen, daardoor aanpassing baseline nodig
Gemiddelde dag	Eenvoudige methode Het nemen van een gemiddelde zorgt voor afvlakking van dagen met incidentele afwijkingen	Door het nemen van een gemiddelde zijn er altijd afwijkingen met de DR dag Baseline aanpassing nodig voor weersinvloeden
Eenzelfde dag	Een dag met gelijke omstandigheden geeft grote kans op een goed resultaat	Zoeken van een gelijkaardige dag Er moet een gelijkaardige dag bestaan Baseline aanpassing nodig
Regressie model	Het concept is gemakkelijk te begrijpen	Proceskennis nodig Model maken vereist kennis om variabelen te kunnen selecteren

Tabel 5 Voor- en nadelen belangrijkste M&V protocollen

Uit Tabel 5 volgt dat alle modellen belangrijke voor- en nadelen kennen. Daarom zijn er op basis van deze methoden varianten bedacht die de nauwkeurigheid vergroten zonder al te complex te raken. Daarbij kan gedacht worden aan het aantal dagen dat genomen wordt om een gemiddelde baseline te creëren maar ook het kiezen van welke dag te gebruiken (bv. week/vakantie en feestdagen uitsluiten). Op basis van testen op de gemeten data tijdens de pilot week is gekozen om de gemiddelde methode te gebruiken. Daarbij worden de 10 voorafgaande werkdagen gebruikt om de baseline te bepalen. Omdat in sommige gevallen PV productie aanwezig is dient vooraf in alle meetdata PV productie te worden uitgefilterd. Hiervoor is meetdata van de PV productie gebruikt.

Na het corrigeren van de meetdata en het meenemen van de 10 voorafgaande werkdagen is een correctie voor weersinvloeden uitgevoerd.

5.2. Marktmodellen

Binnen de huidige Nederlandse wetgeving mag de distributienetbeheerder geen vergoeding betalen aan aangeslotenen om een congestie *op structurele basis* te verhelpen. Binnen het Koempel-project heeft de TU Eindhoven onderzocht in hoeverre het binnen de Europese wetgeving mogelijk is om dit te wijzigen.

De taakstelling van de netbeheerder staat beschreven in de EU-directive 2009/72/EC. Hierin staat het mandaat van de netbeheerder om de kwaliteit te verzekeren. Daarnaast zijn er andere directives (bijv. Renewables 2012/27/EU) die verplichtingen opleggen op gebied van tariefstructuur. Een belangrijk aspect in deze directives is, dat de netbeheerder haar balancering moet uitvoeren op 'niet-discriminerende wijze'. We hebben geanalyseerd hoe deze directives in de verschillende landelijke wetgeving is vertaald. Meer specifiek hebben we bekeken of Demand Response zoals we voorstellen bij het Koempel project wel mogelijk zou zijn in andere landen. Uit deze analyse blijkt, dat de Europese directives ruimte tot interpretatie bieden en dat zoals Koempel in andere landen wel mogelijk zou zijn. Met name het model van Finland en Denemarken zijn zeer goed toepasbaar, hetgeen in de bijlage in detail wordt beschreven.

5.3. Business model

De kosten van een Demand Response project kunnen worden opgesplitst in twee categorieën: eenmalige kosten bij opstart en lopende kosten.

Onder de eenmalige kosten onderscheiden we met name:

- Analyse van de flexibiliteit, testrun en opmaak contract
- Installeren hardware

Onder de terugkerende kosten onderscheiden we:

- Vergoeding voor de klant
- Kosten van hosted oplossing
- Kosten van verificatie

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de kosten die niet klantspecifiek zijn:

Kostenpost	Detail kosten	Best estimate vanuit project
Analyse/testrun/contract	60 uren ingenieur/specialist per klant	€ 6 000 per klant
Installeren hardware	Box + 20 uren monteur	€ 5 000 per klant
Kosten hosted oplossing	Datacenter/connectie	€ 1 000 per klant per jaar
Kosten verificatie	20 manuren ingenieur/specialist per jaar	€ 2 000 per klant per jaar

Tabel 6 Niet klantspecifieke kosten

De klantspecifieke kosten is de minimale vergoeding die de klant moet ontvangen om mee te doen hetgeen door de klant zelf werd ingeschat.

	Klant	Vermin- dering kW	Maximale duur	Installatie flexibiliteit	/ Eigen kosten
1	Chemie	500	Onbeperkt	Batch process	5 keuro/uur
2	Logistiek	200	Onbeperkt	Noodstroomdiesel	300 euro/MWh
3	Chemie	190	5 h	Proces	Onbekend
4	Chemie	900	2 h	Ventilatie	Onbekend
5	Kantoor	10	Onbeperkt	Noodstroomdiesel	300 euro/MWh
6	Kantoor	14	Onbeperkt	Verlichting	onbekend
7	Waterstation	80	Onbeperkt	Noodstroomdiesel	300 euro/MWh
8	Chemie	800	Onbeperkt	Procesonderbreking	2 500 euro per uur

Tabel 7 Minimale vergoeding voor gebruik flexibiliteit

De kosten voor de drie bedrijven waar we geen informatie van hebben bestaan uit het ongemak van het verplaatsen van productie. We treffen de aanname dat deze gelijk zijn aan de kosten die andere industrieën in het buitenland rekenen. In het Belgische R3 DP programma is de marktprijs voor 40x afschakelen van 1 MW gedurende gemiddeld een uur ongeveer 20 000 euro, hetgeen neerkomt op 500 euro/MWh.

De maximale piekreductie met deze acht klanten bedraagt hiermee 2,7 MW hetgeen binnen dit net voldoende is, om de netverzwaring met 2-3 jaar uit te stellen.

6. Flankerend ICT - onderzoek pilot

Binnen het project heeft de Hogeschool Heerlen flankerend onderzoek uitgevoerd naar twee ICT aspecten, die beiden in een aparte paragraaf beschreven worden:

1. Cybersecurity
2. Gebruikte ICT - communicatieprotocollen

6.1. Cybersecurity

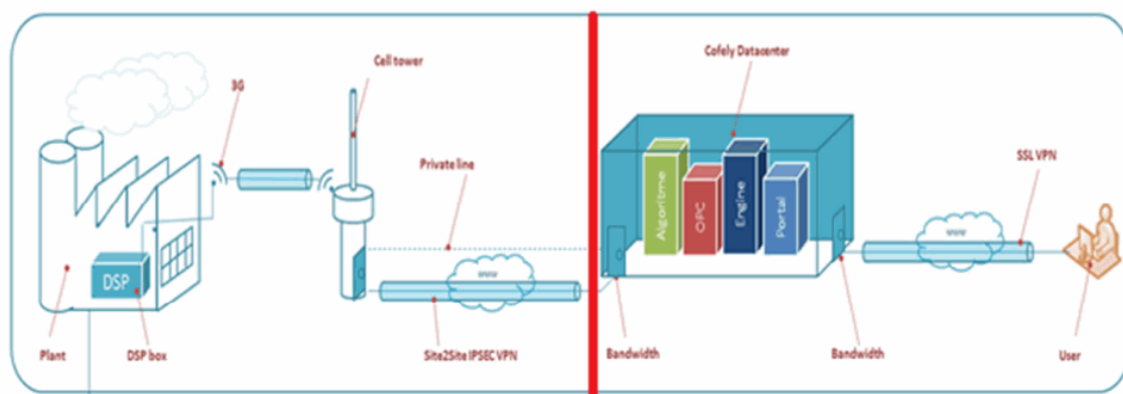
De doelstelling van dit onderdeel van het flankerend onderzoek is het analyseren van en het adviseren over de informatiebeveiliging tussen het "SLEM-Datacenter" van Cofely en de bij klant geplaatste SLEM-box ook wel Digibox of "DSP-box" genoemd. Deze box was een 'first-of-a-kind', hetgeen nog niet op cybersecurity getest was.

Concreet werd dit verwoord in de volgende onderzoeksvraag: "Hoe veilig is de informatiebeveiliging van de communicatie tussen de DSPbox tot aan de SLEM-datacenter applicaties?" Met de term veilig wordt bedoeld dat de communicatie niet gemanipuleerd of uitgelezen kan worden. Deze onderzoeksvraag werd verder geconcretiseerd in de volgende subvragen:

- Is de DSP-box veilig tegen directe aanvallen van buitenaf?
- Kan er van binnen uit misbruik gemaakt worden van de DSP-box?

- Kan de beveiliging van de datacommunicatie tussen de DSP-box en het datacenter verbeterd worden?
- Is de DSP-box vatbaar voor digitale aanvallen en wat kan hier tegen gedaan worden?

Dit project heeft betrekking op de verbinding van de DSP-box tot het SLEM-Datacenter. Dit betreft het linker deel dat in Figuur 5 weergegeven is.



Figuur 5 Afbakening Cybersecurity onderzoek

De informatiebeveiliging van het SLEM-Datacenter zoals rechts te zien in de figuur, valt buiten de scope van dit project.

Dit flankerend onderzoek leverde de volgende interessante conclusies en aanbevelingen (meer details in bijlage 3):

- (D)Dos¹. Er zijn een aantal zwakheden op het gebied van (D)DoS geconstateerd. Deze zwakheden hebben betrekking op de gebruikte router in de SLEM-box. De zwakheden zijn het niet beschikbaar maken van services. De zwakheden bestaan omdat meerdere services open staan voor de buitenwereld. Cofely gebruikt deze open poorten voor het op afstand beheren van de router. Medewerkers van Cofely hoeven daardoor niet naar klanten toe te reizen om storingen te verhelpen. Om de zwakheden op het gebied van (DDoS) te verhelpen werden naar aanleiding van dit onderzoek de services die open staan op de router uitgeschakeld. Aanvallers kunnen daardoor geen misbruik maken van services en/of protocollen die onveilig zijn of beveiligingslekken hebben. Tevens wordt aanbevolen om de router via de "VPN" tunnel te benaderen. De verbinding loopt dan door het "datacenter" van Cofely. Dit heeft tot gevolg dat de verbinding volledig versleuteld is. Een aanvaller kan dan geen misbruik maken van de gevonden zwakheden op het gebied van (D)DoS.
- VPN (Virtual Private network). Concluderend kan gezegd worden dat het huidige gebruikte IPsec VPN protocol naar behoren functioneert. Bij "IPsec" kan het

¹ Denial-of-service-aanvallen (dos-aanvallen) en distributed denial-of-service-aanvallen (DDoS-aanvallen) zijn pogingen om een computer, computernetwerk of dienst onbruikbaar te maken voor de bedoelde gebruiker

echter voorkomen dat op internationaal niveau enkele poorten geblokkeerd zijn. De VPN verbinding kan daardoor instabiel zijn of wegvallen. Verder heeft IPSec als nadeel dat er dubbele "encapsulation" wordt gebruikt waardoor er meer bandbreedte verbruikt wordt. Kijkend naar de toekomst van de huidige implementatie wordt aanbevolen om "OpenVPN" te gebruiken. "OpenVPN" wordt in tegenstelling tot "IPSEC" niet geblokkeerd op internationaal niveau waardoor het een stabielere keuze is. Verder is het bandbreedte verbruik efficiënter omdat er geen dubbele "encapsulation" wordt gebruikt.

- Vulnerability. De scans wijzen uit dat de Digibox niet veilig is. Waar het meeste gevaar in zit is dat de Digibox open staat voor de buitenwereld en niet is voorzien van een geactiveerd firewall. Bij de huidige configuratie van de Digibox is voornamelijk gekeken naar gemak en niet naar de veiligheid. De reden hiervoor is het gemak van beheer voor de Digiboxen die op een grote afstand zijn geplaatst. Het komt namelijk wel eens voor dat een VPN-verbinding tussen het datacenter en de Digibox wegvalt. Vanuit informatiebeveiliging perspectief is dit risico niet aanvaardbaar. Naar aanleiding van het onderzoek werd de firewall geactiveerd.
- MiTM (Man in the middle attack) De logingegevens van de "Digibox" zijn onderschept. Er is met succes een "Man-in-the-Middle" aanval uitgevoerd op de beheerderspagina van de "Digibox". Deze aanvalsmethodiek kan op meerdere plaatsen in de topologie uitgevoerd worden. Het gevaar van dit soort aanvallen is dus reëel. Cofely neemt de aanbeveling over, om de beheerderspagina uitsluitend via een beveiligde VPN-tunnel te benaderen en besluit de beheerderspagina van het internet af te schermen.

Uit het onderzoek van de hogeschool komen zeer duidelijk de gevaren naar voren van het integreren van verschillende componenten in één box. Een gedegen cybersecurity analyse blijkt essentieel te zijn.

6.2. Communicatieprotocollen

Als tweede aspect binnen het flankerend ICT-onderzoek werd het communicatieprotocol tussen de individuele SLEM-boxen en de centrale SLEM-box onderzocht. Het verdient de aanbeveling, om hiervoor een algemeen aanvaard protocol te gebruiken. Hiermee kunnen individuele gebruikers met een SLEM-box ook hun flexibiliteit ter beschikking stellen aan andere diensten dan het verhelpen van de congestie in het elektriciteitsnet.

Het onderzoek bestond uit een concurrentieanalyse die resulteerde in drie opties:

- OpenADR(Open Automated Demand Response)
- FPAI(Flexible Power Application Network)
- ZigBee slimme energie

Om te beslissen welke van de drie opties de beste is werden alle alternatieven onderzocht met behulp van gewogen criteria, die zijn gevalideerd door de betrokken werknemers van Cofely en Netsil.

Uit de besluitmatrix blijkt OpenADR beter dan FPAI en ZigBee vanwege verschillende redenen:

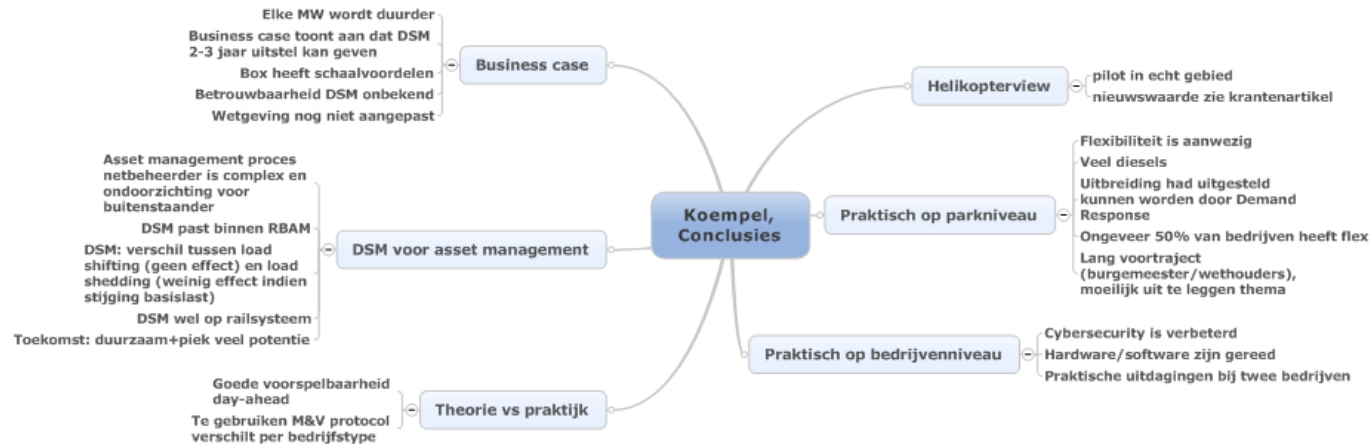
- OpenADR is de meest toegepaste norm wereldwijd.
- Het heeft een sterke operationele track record van werkende testen en diensten,
- OpenADR richt zich op de hele DSM markt, niet alleen huishoudens.

Een nadeel van deze oplossing zijn de kosten om de producten en diensten te laten certificeren. Alle informatie om de service te bouwen en de detailspecificaties te krijgen is volledig gratis. De kosten treden op wanneer u de test tool zou wensen voor het valideren van uw product zelf. Dit kost \$5000 voor leden en \$16.000 voor niet-leden. Om uw producten en services te certificeren moet u lid zijn van OpenADR hetgeen \$7 500 jaarlijks kost.

7. Resultaten, conclusies en Voortgang

7.1. Resultaten en conclusies

Figuur 6 toont de belangrijkste resultaten en conclusies van het project Koempel:



Figuur 6 Mindmap met resultaten en conclusies van project Koempel

De volgende punten zien we als belangrijkste resultaten van het project:

- Het project heeft tot een daadwerkelijke pilot geleid op gebied van Demand Response bij een industriepark
- Koempel toonde aan, dat bij 50% van de bedrijven flexibiliteit aanwezig is en het mogelijk is deze te ontsluiten. We concluderen zelfs, dat deze flexibiliteit in het specifieke geval van dit bedrijventerrein een uitbreiding had kunnen uitstellen

- Het praktijkexperiment leverde enkele uitdagingen: bij twee bedrijven is schade ontstaan en de cybersecurity blijkt door een test van de Hogeschool Zuyd nog niet in orde te zijn
- De gebruikte modellen blijken tot een goede voorspelbaarheid te leiden van de congestie
- Een detailanalyse samen met de netbeheerder resulteerde in het inzicht, dat niet alle netcomponenten ontlast kunnen worden via Demand Response.
- De business case blijkt positief te zijn, maar hierbij zijn de kosten en manuren van het consortium binnen deze pilot niet meegenomen. Indien deze wel meegenomen was, is de business case zeker niet positief.

We concluderen het volgende:

Demand Response kan een kostenefficiënt alternatief zijn aan netverzwaring indien de wetgeving het zou toelaten en indien diverse analyses gestandaardiseerd worden. Indien een analyse/project custom-made blijft zoals in deze pilot, is het project niet meer kostenefficiënt.

7.2. Voortgang

Als voortgang van ons project zien we de volgende interessante punten:

1. We hebben geconcludeerd hebben, dat DSM een kostenefficiënt alternatief kan zijn aan netverzwaring. De bespaarde kosten aan de netbeheerderskant zijn zeer complex te berekenen en hierdoor is het moeilijk om te bepalen waar de kansen zijn. We adviseren om een standaard methodiek te ontwikkelen waarmee netbeheerders op transparante wijze hun kosten voor congestie te verhelpen kenbaar kunnen maken. Op basis hiervan kan geanalyseerd worden of DR een alternatief is.
2. Uit de inventarisatie van DR-potentieel bij bedrijven concluderen we, dat het voortraject om tot een project te komen zeer lang en intensief is hetgeen de business case nadelig beïnvloedt. Vergelijkbare conclusies werden ook reeds getrokken binnen het IPIN project INZET. Het gebrek aan kennis rondom het thema en de afwezigheid van een financiële vergoeding lijken belangrijke oorzaken. Het lijkt interessant om het succes van dergelijke pilots in het buitenland te onderzoeken en te zien of er vergelijkbare conclusies zijn.
3. Uit ons onderzoek blijkt, dat er binnen de Europese directives ruimte bestaat om DR in te zetten voor lokale netcongestie. Een gedegen juridisch onderzoek op basis van de ervaringen in andere landen (met name Finland en Denemarken) zou een wetswijziging kunnen voorbereiden.

8. Publicaties

Het onderzoek heeft geresulteerd in publicaties in diverse media:

1) Cired paper for workshop 2014



CIRED Workshop - Rome, 11-12 June 2014

Paper 0360

HV/MV TRANSFORMER PEAK LOAD FORECASTING FOR THE APPLICATION OF DEMAND RESPONSE AT AN INDUSTRIAL SITE, A CASE STUDY IN THE NETHERLANDS

Michiel van Lünig
Laborelec – The Netherlands
michiel.vanlunig@laborelec.com

Marcel Didden
Laborelec – The Netherlands
marcel.didden@laborelec.com

Bertrand Haut
Laborelec – Belgium
bertrand.haut@laborelec.com

Jos Luijten
Enexis – The Netherlands
jos.luijten@enexis.nl

Else Veldman
Enexis – The Netherlands
else.veldman@enexis.nl

2) Cired Poster and Paper for 2015



1124 - Demand response pilot results on an industrial site in the Netherlands

Michiel van Lünig – Marcel Didden
LABORELEC –

Else Veldman
Enexis

Frits Wattjes
Cofely and Eindhoven University of Technology –

Figuur 7 Cired poster

3) Publicaties in provinciaal dagblad 'Limburgs Dagblad'

© Copyright 2015 Dagblad De Limburger / Limburgs Dagblad.
Het auteursrecht, ook ten aanzien van artikel 15 AW, wordt
uitdrukkelijk voorbehouden. Woensdag, 29 april 2015

HEERLEN Experiment met elektriciteitsvoorziening op industrieterrein

Op piekmomenten stroom juist uit

Bedrijventerrein De Beitel in Heerlen als experimenteel gebied. Op piekmoment stroom uit, aggregaat aan.

door **Peter Bruijns**

We zijn verwend in Nederland. We verwachten dat er altijd en overal stroom beschikbaar is. Maar het is voor energieleveranciers steeds lastiger om de pieken in stroomgebruik op te vangen. Dat heeft te maken met de energietransitie: het sluiten van energiecentrales en de op-

komst van zonne- en windenergie. Vroeger werd de energie opgewekt door een paar grote centrales, maar nu komt de stroom ook in fluctuerende hoeveelheden van heel veel kleine producenten. Het elektriciteitsnetwerk is daar niet op berekend. Netwerkbeheerders zoals Enexis staan voor de taak om het netwerk flink uit te breiden, of om te proberen slimmer met het bestaande net om te gaan. Voor die laatste optie is een consortium in het leven geroepen, waarin universiteiten, overheden en bedrijven samenwerken. Op bedrijventerrein De Beitel in Heerlen gaan ze proberen het elektriciteitsverbruik zo te sturen dat er geen dure uitbreiding

met kabels en transformatoren nodig is. De proef heeft de naam *Koempel* gekregen en wordt geleid door Laborelec in Beek. Marcel Didden uit Brunssum leidt het experiment namens Laborelec. De oplossing is in feite simpel: bedrijven op industrieterrein De Beitel is gevraagd om op piekmomenten, als het netwerk overbelast dreigt te raken terwijl er net weinig zon en wind is, juist minder stroom af te nemen. Dat komt in de praktijk maar een keer of vijf per jaar voor, en vooral in de winter, zo schat Didden in. De zeven bedrijven op De Beitel die aan de proef meedoen, krijgen slimme computerapparatuur om hun elektriciteits-

verbruik te sturen. RD4 zou bijvoorbeeld een deel van de verlichting in het pand kunnen doven en de noodstroomvoorziening aanzetten. Andere bedrijven zouden hun productieschema kunnen aanpassen of verder produceren op een andere plek. In ruil voor hun flexibele medewerking kunnen de bedrijven in de toekomst een gepaste financiële vergoeding krijgen: 20.000 tot 25.000 euro per ingeleverde megawatt. De proef moet uitwijzen of dit concept goedkoper is voor de netbeheerder dan uitbreiding van zijn elektriciteitsnet. Om deelnemende bedrijven daadwerkelijk te kunnen vergoeden, is wel nog een wetswijziging nodig.

Figuur 8 Artikel Limburgs dagblad op 29 april 2015

DUURZAAMHEID Energie uit zon en wind is onbetrouwbaar en maakt enorme investeringen noodzakelijk

‘Elektriciteitsnet moet flexibeler’

door onze verslaggevers

DELFT – Het elektriciteitsnet moet nog flink worden aangepast om Nederland klaar te maken voor de massale overstap op zonne- en windenergie, anders kunnen grote storingen gaan optreden.

Dat staat in een rapport van onderzoeksbureau TNO. Bij het opwekken van elektriciteit met zonnepanelen en windmolens kan er soms een grote piek aan energietoevoer ontstaan, terwijl op andere

momenten de toevoer juist kan stilvallen. Dit is afhankelijk van of de zon zich laat zien en van hoe hard het waait. Om deze pieken en dalen beter te kunnen opvangen is het bijvoorbeeld nodig dat de opslagcapaciteit van het elektriciteitsnet wordt vergroot. Nu wordt nog ongeveer 15 procent van de stroom duurzaam opgewekt. In 2030 zal dat ongeveer 50 procent zijn.

Het is ook belangrijk dat er meer variatie komt in de vraag naar stroom. Bedrijven zouden meer kunnen inzetten op wat TNO flexi-

biliteitsdiensten noemt. Ze kunnen tijdens piekvragen tijdelijk overschakelen op een aggregaat of stroom kopen van bijvoorbeeld de buurman die veel zonnepanelen heeft. Op industrieterrein De Beitel in Heerlen wordt daar al mee geëxperimenteerd.

Particulieren zouden met slimme meters hun elektriciteitsverbruik kunnen aanpassen aan de wisselingen in het stroomaanbod. Nu zijn de prijsverschillen van stroom op verschillende tijden nog relatief klein, maar als deze straks

groter worden werpen dit soort aanpassingen naar verwachting vruchten af. „Flexibiliteit is een kernbegrip van de toekomstige stroomvoorziening”, aldus de onderzoekers. Het zorgen voor voldoende flexibiliteit wordt als een van de grootste uitdagingen in de energietransitie gezien.

In scenario's die uitgaan van een flinke toename van hernieuwbare energiebronnen, wordt duidelijk dat er ingrijpende maatregelen nodig zijn om de pieken en dalen op te vangen. Het elektriciteitstrans-

port- en distributienet moet flink worden verzwakt, en er moet reservevermogen en opslagcapaciteit worden gebouwd.

Zonder aanpassingen ontstaan nog voor 2030 problemen met de leverbetrouwbaarheid. Een belangrijk dilemma betreft nog de betaalbaarheid van een flexibel elektriciteitsnet. Duurzame energie kost meer dan fossiele energie. Ook reservecapaciteit voor productie en transport van stroom is erg duur. Dat zal er toe leiden dat de elektriciteitsprijzen flink stijgen.

Figuur 9 Artikel Limburgs dagblad op 8 september 2015 met verwijzing naar project Koempel op de Beitel

3) Publicatie in intern blad van het bedrijventerrein

Unicum in Nederland:

Project Koempel!

Onder leiding van Laborelec gaat een pilot plaatsvinden op De Beitel betreffende smart grids. Dit is het eerste project in Nederland met een industrieel smart grid, waarin wordt onderzocht of vraagsturing van elektriciteit een economisch beter alternatief kan zijn t.o.v. het uitbreiden van een net. Deze pilot richt zich op hoogspanningsstation Terwinselen waarbij een uitbreiding noodzakelijk was (kosten > 2M€), die wellicht uitgesteld had kunnen worden. Aan dit project, dat de naam "Koempel" heeft gekregen, participeren meer dan 10 bedrijven van De Beitel. In de komende maanden zullen een tweetal testweken plaatsvinden, waarna een evaluatie zal plaatsvinden. In de volgende Nieuwsbrief meer hierover.



Figuur 10 Nieuwsbrief van bedrijventerrein De Beitel voor alle aangesloten bedrijven

9. Bijlagen

Bijlage 1 : Situatieschets en aanleiding.

Bijlage 2 : SLEM beschrijving en uitbreiding inclusief stuk van Marco

Bijlage 3 : Onderzoek Hogeschool Zuyd over Cyber security

Bijlage 4 : Onderzoek Hogeschool Zuyd over communicatieprotocollen

Bijlage 5: Pilots werving, implementatie en resultaten – Marcel, Michiel en Solange

Bijlage 6: WP2: energiemanagement

Bijlage 7 : Wetgeving – actor analyse en used cases

Bijlage 8 : Marktmodellen

Bijlage 9 : Business case

Bijlage A. Verspreidingslijst

Elektronische verspreiding				
Ontvanger		Outlook	Media	Opmerking
<u>Extern</u>				
Naam	<i>RVO</i>	e-innovatie@agenschapnl.nl	PDF	
<u>Intern</u>				
Michaël Marique		Michael.Marique@laborelec.com	SD link	
SIAM		SIAM	SD link	
Naam		voornaam.naam@laborelec.com	SD link	