Verkenning naar een referentiearchitectuur voor de Nederlandse energie-infrastructuur

Deelrapport 1

Relevante energie-innovaties

Opgesteld in opdracht van RVO voor het programma Digitalisering van Topsector Energie

Mei 2022

Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Inhoudsopgave

Deelrapport relevante energie-innovaties

- Managementsamenvatting
- Introductie
- Methodologie
- Desktopanalyse van innovatieprojecten
- Interviews met innovatie-experts
- Factsheets van de 25 meest impactvolle energie-innovaties van de afgelopen 10 jaar
- Conclusies
- Appendices

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Managementsamenvatting

Over dit project en deelrapport

- De energietransitie naar een duurzame samenleving vraagt om een enorme inspanning waarin digitalisering een fundamentele rol speelt. Door digitale ontwikkelingen ontstaan nieuwe mogelijkheden en verandert de manier waarop we leven en werken.
- De energietransitie brengt naast duurzame bronnen en een veranderend energienetwerk ook een veranderende maatschappij met zich mee, waarin digitalisering er mede voor zorgt dat we op een hele nieuwe manier met energie omgaan.
- Digitalisering is dus een middel om de beoogde transitie mogelijk te maken. Referentiearchitecturen zijn hierbij een waardevol hulpmiddel omdat ze een gemeenschappelijke taal en raamwerk bieden.
- De noodzaak tot het versnellen van de energietransitie en het belang van digitalisering en systeemintegratie daarbij betekenen dat dit het ideale moment is om aanbevelingen te formuleren voor hoe een referentiearchitectuur ontwikkeld en toegepast kan worden.
- Het doel van dit project is het formuleren van aanbevelingen over hoe in Nederland een referentiearchitectuur voor de energie-infrastructuur ontwikkeld en toegepast kan worden. Daarbij gelden digitalisering en digitale innovaties uit binnen- en buitenland als een van de belangrijke trends, die bepalend zijn voor hoe ons toekomstige energiesysteem eruit gaat zien.
- De eerste fase van het project bestaat uit een analyse van 10 jaar energie-innovaties, op basis van desktop research (circa 450 innovatieprojecten) en zeven expert interviews.
- Bij de selectie van de belangrijkste en meest impactvolle innovaties is gekeken naar de samenhang en het aantal betrokken actoren in de keten en omvang van de digitaliseringscomponent. Verder werden de initiële uitkomsten geclusterd en uiteindelijk tot een totaal van 25 gereduceerd. De interviews droegen bij aan een laatste verificatieslag.
- De geselecteerde innovaties zijn door middel van factsheets op hoofdlijnen uitgewerkt.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Managementsamenvatting

Conclusies

- Het merendeel van de onderzochte innovaties is tot stand gekomen in (internationale) consortia. Dit is inherent aan wat innovatie is: het combineren of toepassen van bestaande technologieën, methodes, processen of systemen tot iets nieuws. Samenwerking is hiervoor een productief middel.
- Ons energiesysteem digitaliseert snel. Veel digitale innovaties in het energiedomein veranderen processen, systemen, diensten en producten door de hele energiewaardeketen heen. Het aantal innovaties lijkt te correleren met de fijnmazigheid van het netwerk: we zien meer innovaties die eindgebruikers en laagspanning netwerken raken dan op hoogspanningsniveau.
- Digitalisering is een ingrijpende en onomkeerbare ontwikkeling. Een groot deel van ons energiesysteem is al verregaand gedigitaliseerd - van vergelijkingssites voor consumenten tot het uitlezen van slimme meters tot marktprocessen voor inzet van flexibiliteit.
- Daarnaast zien we veel innovaties met een relatief hoge TRL, wat betekent dat we mogen verwachten dat deze de komende jaren marktrijp worden en op grote schaal toegepast gaan worden. Een toekomstbestendige integratie van deze innovaties is cruciaal om met vertrouwen de benodigde investering te kunnen doen en lock-in te voorkomen.
- Er lijkt daarom behoefte aan een referentiearchitectuur waarmee bestaande en toekomstige digitale innovaties beter ingepast kunnen worden, en die eenduidig richting geeft aan stakeholders over hoe deze innovaties ingezet kunnen worden om de transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem te faciliteren.
- Veel digitale innovaties zijn afhankelijk van toegang tot (gedetailleerde) gegevens van de consumenten. Bij het ontwerpen van de referentiearchitectuur moet dan ook voldoende aandacht worden besteed aan de beperkingen en eisen die voortvloeien uit Europese en nationale regels (o.a. EU-elektriciteitswetgeving, GDPR, Data Governance Act, Data Act, AI Regulation, e-Privacy Regulation).
- Duidelijk is ook dat nationale en internationale wet- en regelgeving van belang is voor de ontwikkeling van digitale innovaties in de sector en daarmee ook richtinggevend voor een referentiearchitectuur. Daarbij is doorslaggevend dat wet- en regelgeving voldoende ruimte biedt voor innovatie en om zo een meer sturend mechanisme te kunnen ontwerpen met voldoende flexibiliteit. De innovatieruimte is in het verleden soms te complex gebleken om er optimaal gebruik van te maken. Daarnaast dient ook de harmonisatie van Europese regelgeving als een belangrijke drijvende kracht van innovatie te worden gezien, o.a. door middel van samenwerking op Europese schaal en de ontwikkeling van internationale handelsplatformen.
- Tot slot: elektrificatie is een van de grote trends in de energietransitie maar zonder (groene) moleculen gaat het niet lukken op tijd CO_2-neutraal te worden. Netwerken en waardeketens van de verschillende energiedragers worden steeds meer met elkaar verbonden. Om dit te bereiken zijn er ook innovaties aan de gas- en warmtekant nodig maar dit zien we vooralsnog maar beperkt terug, o.a. omdat de noodzaak tot flexibilisering in die markten veel minder aanwezig is (in vergelijking met de meer volatiele elektriciteitsmarkt).

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Introductie

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Introductie

Achtergrond en doel van het project

- De transitie naar een duurzame samenleving vraagt om een enorme inspanning waarin digitalisering een fundamentele rol speelt. Door digitale ontwikkelingen ontstaan nieuwe mogelijkheden en verandert de manier waarop we leven en werken. Digitale innovatie is een overkoepelende term voor innovaties waarbij inzet van digitale technologie een belangrijke drijfveer is achter de ontwikkeling.
- De afgelopen 10 jaar zijn op veel verschillende deelgebieden innovatieprojecten gefinancierd en uitgevoerd om de energietransitie (en met name de rol van digitalisering daarbinnen) vooruit te helpen.
- De digitale wereld heeft tools en manieren van werken opgeleverd die traditionele ontwerp- en ontwikkelmethodes vervangen en die onze verwachtingen over gebruiksmogelijkheden hebben veranderd. Sociale en technische innovatie zijn daarom sterk met elkaar verbonden.
- Om een nieuw energiesysteem te creëren dat aan de doelstellingen en verwachtingen voldoet, zijn er nieuwe instrumenten, kaders en werkwijzen nodig. Deze moeten ons in staat stellen om op een toekomstbestendige wijze bestaande systemen en processen met (digitale) innovaties te integreren, op een manier die de collectieve leerervaring en de energietransitie versnelt.
- Met dit project wil de Topsector Energie samen met RVO een eerste verkenning doen naar een referentiearchitectuur voor de energie-infrastructuur in Nederland, gebaseerd op alle lessen die in voornoemde innovatietrajecten geleerd zijn om de missies in het Klimaatakkoord dichterbij te brengen.
- Het project heeft de volgende doelen:
  1. Het analyseren van 10 jaar nationale en internationale digitale energie-innovaties en hiermee de ontwikkelingen en situatie van het energiesysteem scherp te krijgen.
  2. Referentiearchitecturen (of onderdelen daarvan) analyseren vanuit de inzichten van de voorgaande analyse van 10 jaar digitale innovaties.
  3. Aanbevelingen formuleren en een roadmap uitwerken hoe in Nederland een referentiearchitectuur voor het energiesysteem ontwikkeld en toegepast kan worden.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Introductie

Wat is een referentiearchitectuur?

- In de praktijk worden verschillende definities van referentiearchitectuur gehanteerd. Greefhorst e.a. ("Herbruikbare architectuur", 2009) definieert referentiearchitectuur als ***een op praktijkervaringen gebaseerde, generieke architectuur voor een klasse van systemen.***
- Met systemen wordt daarbij meer bedoeld dan alleen applicaties. Alle bedrijfsstructuren, - processen en infrastructuren worden in een referentiearchitectuur betrokken.
- Een referentiearchitectuur heeft diverse eigenschappen:
  - Een referentiearchitectuur is een verzameling van best practices en biedt een herkenbare, algemeen gebruikte opzet en structuur.
  - Een referentiearchitectuur dient als een meer abstract sjabloon voor de concrete architecturen van een organisatie.
  - Een referentiearchitectuur kan generiek toegepast worden. Ze geeft herbruikbare beschrijvingen voor systemen in het algemeen.
  - Een referentiearchitectuur beschrijft een logische, generieke structuur. Ze bevat principes en richtlijnen op een dusdanige wijze dat ze vertaald kunnen worden naar de concrete architecturen van een organisatie en haar systemen.
- Referentiearchitecturen bevatten handvatten voor een goede inrichting van de informatievoorziening, processtandaarden, en technische en semantische standaarden voor gegevensverwerking, -opslag en -uitwisseling.
- Een ander voordeel van het gebruik van een referentiearchitectuur is dat medewerkers dezelfde taal leren spreken en gemeenschappelijke en eenduidige definities hanteren. Een referentiearchitectuur is pas echt zinvol als deze ook wordt opgevolgd door de organisaties waarvoor ze is opgesteld. Hoe groter het aantal gelijksoortige organisaties en het gebruik van gelijksoortige systemen, hoe effectiever de referentiearchitectuur is.
- Referentiearchitecturen zorgen voor uniformiteit en bevorderen een effectieve en efficiënte communicatie tussen de verschillende organisaties. (Digitale) dienstverlening wordt daardoor beter, maar ook gemakkelijker en goedkoper te implementeren, omdat alle ontwerp- en inrichtingsprincipes en 'stekkers en verpakkingen' hetzelfde zijn. Zo kunnen referentie-architecturen belemmeringen voor toetreding en verandering wegnemen, transparantie en integriteit op markten waarborgen, de interoperabiliteit verbeteren en de transitie- en operationele kosten verlagen voor bedrijven en consumenten.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Introductie

De rol en potentiële meerwaarde van een referentiearchitectuur

- Nieuwe instrumenten, kaders en werkwijzen zijn nodig om ons in staat te stellen op een toekomstbestendige wijze bestaande structuren, systemen, infrastructuur en processen met (digitale) innovaties te integreren, op een manier die de collectieve leerervaring (en daarmee de energietransitie) versnelt.
- Om een nieuw energiesysteem te creëren dat aan deze doelstellingen en verwachtingen voldoet, zijn referentiearchitecturen een waardevol hulpmiddel omdat ze een gemeenschappelijke taal en raamwerk bieden met duidelijke definities van domeinen, actoren, energie- en informatiestromen en interfaces.
- In Nederland wordt tot nu toe geen referentiearchitectuur gebruikt voor het ontwerp en realisatie van ons toekomstige, duurzame energiesysteem, hoewel er al veel referentiearchitecturen voor (delen) van het energiesysteem bestaan en de overheid het belang van referentiearchitecturen wel degelijk onderkent.
- De noodzaak tot het versnellen van de energietransitie en het belang van digitalisering en systeemintegratie daarbij betekenen dat dit het ideale moment is om aanbevelingen te formuleren voor hoe in Nederland een referentiearchitectuur voor de energie-infrastructuur ontwikkeld en toegepast kan worden.
- Referentiearchitecturen kennen een lange historie en zijn volop in ontwikkeling als gevolg van o.a. digitalisering en systeemintegratie. Een referentiearchitectuur voor de Nederlandse energie-infrastructuur kan vermoedelijk gebaseerd worden op een bestaande architectuur, of een combinatie van architecturen, met goed afgebakende, beperkte aanpassingen om deze passend te maken voor de Nederlandse situatie. Een volledig nieuwe architectuur lijkt, met het oog op wat al beschikbaar is en zich bewezen heeft, op voorhand niet nodig.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

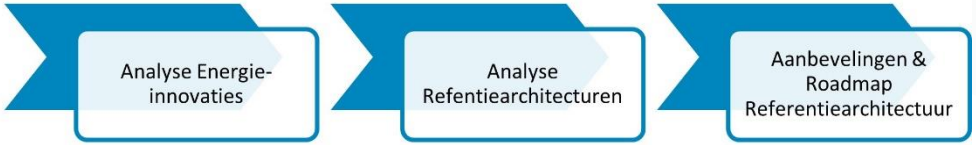
Introductie

Projectaanpak

- Het doel van dit project is het formuleren van aanbevelingen over hoe in Nederland een referentiearchitectuur voor de energie-infrastructuur ontwikkeld en toegepast kan worden. Daarbij gelden digitalisering en digitale innovaties uit binnen- en buitenland als een van de belangrijkste trends, naast bijvoorbeeld systeemintegratie, die bepalend zullen zijn voor hoe ons toekomstige energiesysteem eruit gaat zien.

- Het project bestaat uit drie fasen:

  1. De eerste fase bestaat uit een analyse van 10 jaar energie-innovaties: nationaal en internationaal; technische, commerciële en procesinnovaties met relevantie voor digitalisering.
  2. In de volgende fase staat de analyse van bestaande referentiearchitecturen centraal: inzicht in de toepassing van referentiearchitecturen in de energiesector en verwante domeinen zoals telecom; lessons learnt ten behoeve van de ontwikkeling van een referentiearchitectuur voor de Nederlandse energie infrastructuur.
  3. Tot slot komen in de derde fase alle inzichten samen in een aantal aanbevelingen en een roadmap: de vertaling van resultaten en inzichten uit de vorige fases naar een onderbouwd advies en een stappenplan om de gewenste referentiearchitectuur te ontwikkelen.



- Dit deelrapport beslaat de analyse en conclusies van de eerste fase van het project.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Methodologie

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Methodologie

Twee methodes om (inter)nationale energie-innovaties en hun impact te analyseren

1. Desktop research

- De eerste fase van het project bestaat uit een analyse van 10 jaar energie-innovaties. Deze analyse werd uitgevoerd door middel van **desktop research en een aantal expert interviews**.
- Veel onderzoeks- en innovatieprogramma's worden (deels) gefinancierd uit publieke middelen, waar vaak een verplichting uit voorkomt tot publicatie. Daarnaast kennen veel Europese landen publiek gefinancierde nationale onderzoeksinstituten die ook een cultuur en/of verplichting kennen tot het openbaar maken van innovaties en onderzoeksresultaten. Het gevolg hiervan is dat er in ruime mate online toegang is tot informatie over **energie-innovaties die relevant zijn voor digitalisering en de transformatie van ons energiesysteem**.
- Een belangrijk onderdeel van fase 1 is dan een **desktop research** naar deze innovaties. In totaal zijn circa 450 innovatieprojecten uit diverse databases geïnventariseerd.
- Uit de inventarisatie van deze innovaties in de energiesector zijn uiteindelijk 25 **meest relevante digitale innovaties** geselecteerd en middels factsheets uitgewerkt.

2. Expert interviews

- Niet alle innovaties worden gedeeld via wetenschappelijke artikelen, websites, databases of andere publiek toegankelijke media, en voor nog lopende of binnenkort startende innovatieprojecten is de informatie die via desktop research ontsloten kan worden mogelijk beperkt. Ook de **samenhang tussen innovaties** en de uiteindelijke impact na implementatie is langs deze weg minder goed te analyseren.
- Daarom werd door middel van een aantal **interviews met innovatiemanagers, systeemarchitecten en digitaliseringsexperts** van (internationale) organisaties met een sterke innovatiecultuur en toonaangevende innovatieprogramma's aanvullend inzicht verkregen. De interviews zijn volgens een vaste vragenlijst afgenomen, met ruimte voor eigen inbreng van de geïnterviewde(n).
- In de interviews stonden de volgende vragen en onderwerpen centraal: de **belangrijkste innovaties op het snijvlak van energie en digitalisering** in de afgelopen 10 jaar; op welke wijze heeft de betreffende innovatie de sector beïnvloed; welke innovaties liggen in het verschiet; zijn er gebieden waar behoefte is aan innovatie; waren er gemiste kansen waar innovatie uitbleef; zijn er innovaties in andere sectoren die van waarde kunnen zijn voor het energiesysteem?

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Methodologie

Desktop research: overzicht van geanalyseerde databases

Database		Omschrijving	Projecten	Geografie
	ENA Smart Network Portal	Het Smart Networks Portal biedt een overzicht van alle innovatieprojecten van Britse netwerkbeheerders die door verschillende subsidieprogramma's tot stand gekomen zijn.	65	Verenigd Koninkrijk
	ERANet	ERA-Net is een netwerk van eigenaren en beheerders van nationale en regionale publieke financieringsprogramma's op het gebied van onderzoek, technische ontwikkeling en demonstratie.	29	Europese Unie
	Topsector Energie	Nationale database van gesubsidieerde energie-innovatie projecten.	148	Nederland
	Cordis	Database met onderzoeksresultaten van EU-projecten uit onder andere FP7 en H2020 programma's.	47	Europese Unie
	UKRI-PFER	Innovatie programma voor smart local energy systems projecten	60	Verenigd Koninkrijk
	Energie Forschungsprogramm der Bundesregierung	Met het 7e energieonderzoeksprogramma "Innovaties voor de energietransitie" legt de Duitse overheid haar richtlijnen vast voor de financiering van energieonderzoek voor de komende jaren. Ze volgt een nieuwe strategische aanpak en richt zich op technologie- en innovatieoverdracht.	20	Duitsland
	ASSET	Het ASSET-project (Advanced System Studies for Energy Transition) heeft tot doel studies te leveren ter ondersteuning van EU-beleidsvorming, onderzoek en innovatie op het gebied van energie.	14*)	Europese Unie
	Baringa projectportfolio	Interne database met innovatieprojecten die we geïnitieerd, uitgevoerd en geëvalueerd hebben voor energiebedrijven op de vier continenten waar we actief zijn.	65	Wereldwijd
	Totaal		**± 450**	

*) Deze analyse betreft ASSET rapporten, geen individuele projecten. Van de 27 ASSET rapporten die zijn verschenen zijn er 14 als relevant aangemerkt en geanalyseerd voor dit onderzoek

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Methodologie

Overzicht expertinterviews

Organisatie		Omschrijving	Land
	Catapult Energy Systems	Catapult is opgericht om de transformatie van het Britse energiesysteem te versnellen en ervoor te zorgen dat Britse bedrijven en consumenten de kansen voor duurzame groei benutten. Catapult is een onafhankelijk en slaat een brug tussen industrie, overheid, academische wereld en onderzoek.	Verenigd Koninkrijk
	ENA	Energy Networks Association (ENA) is de brancheorganisatie die de bedrijven vertegenwoordigt die de elektriciteitsnetwerken, gasleidingen en het energiesysteem in het Verenigd Koninkrijk en Ierland exploiteren. ENA helpt haar leden de uitdaging aan te gaan om veilig, duurzaam en betrouwbaar elektriciteit en gas te leveren aan gemeenschappen in het Verenigd Koninkrijk en Ierland.	Verenigd Koninkrijk
	Erasmus Centre for Data Analytics	Het Erasmus Centre for Data Analytics (ECDA) is onderdeel van de Erasmus Universiteit Rotterdam en actief op het gebied van AI, data en digitalisering. Ons doel is om de Erasmus Universiteit en haar publieke en private partnerorganisaties te faciliteren om de samenleving voor te bereiden op een datagedreven toekomst, hands-on en mensgericht, naar een duurzame wereld.	Nederland
	Fraunhofer ISE	Het Fraunhofer IEE in Kassel doet onderzoek naar de nationale en internationale transformatie van energiesystemen. Het ontwikkelt technische en economische oplossingen om de kosten van het gebruik van hernieuwbare energie verder te verlagen, de bevoorrading veilig te stellen ondanks volatiele opwekking, de netstabiliteit op hoog niveau te waarborgen en het succes van het bedrijfsmodel voor de energietransitie te bevorderen.	Duitsland
	Synergrid	De opdracht van Synergrid is om de gemeenschappelijke belangen van de netbeheerders in België te behartigen voor het transport van elektriciteit (Elia), voor het transport van aardgas (Fluxys) en voor de distributie van elektriciteit en aardgas door regionale netbeheerders.	België
	TNO unit Energietransitie	De ambitie van TNO is om samen met kennisinstellingen, bedrijven en de overheid de energietransitie te versnellen. Dit biedt het Nederlands bedrijfsleven ook de kans om voorop te lopen en hun innovatieve producten te exporteren en zo wereldwijd bij te dragen aan de energietransitie.	Nederland
	Topsector Energie (RVO)	De Topsector Energie is de drijvende kracht achter innovaties die nodig zijn voor de overgang naar een betaalbaar, betrouwbaar, veilig en duurzaam energiesysteem. Wij helpen bedrijven, kennisinstellingen, overheden en maatschappelijke organisaties samen te werken aan het energiesysteem van de toekomst.	Nederland

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Desktop research

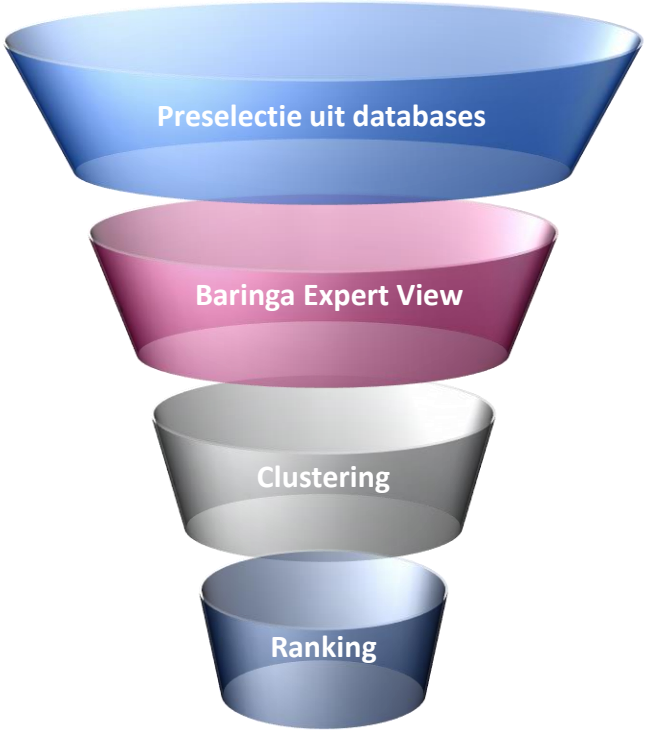
Belangrijkste uitkomsten van de desktop research van (inter)nationale databases met innovatieprojecten in het energiedomein

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Desktop research: 10 jaar energie innovaties en digitalisering

Selectieproces innovaties



= 25 meest impactvolle innovaties

- **Preselectie van innovatieprojecten uit 8 databases op basis van:**
  - Samenhang en het aantal betrokken actoren in de keten – Hangt een innovatie samen met de interactie tussen veel verschillende typen organisaties in de sector of enkel de interne activiteiten van één type organisatie?
  - Digitaliseringscomponent – Speelt digitalisering een centrale of een meer ondergeschikte rol binnen de innovatieprojecten?
- **De expert view van Baringa passen we toe op de ± 450 geselecteerde innovatieprojecten:**
  - Voor welke rollen, functies en systemen zien we de meeste innovaties in de onderzochte projecten?
  - Voor welke rollen, functies en systemen is de innovatiebehoefte en -output het grootst op basis van onze marktervaringen en -inzichten?
- **Clusteren van de ± 75 geselecteerde innovaties:**
  - We groeperen innovaties op basis van overlap in technologie, thema, functie, etc.
- **Ranking van de ± 35 clusters met geselecteerde innovaties**
  - We gebruiken de feedback uit de expert interviews, de grootte van de clusters en onze expertkennis om een paarsgewijze ranking van de clusters uit te voeren
- **Dit levert de lijst met de 25 meest impactvolle innovaties op.**

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Desktop research: 10 jaar digitale energie innovaties

Uitkomsten van de analyse

	Opwek	Transmissie	Distributie	Retail	Gebruikers	Overig
Agile/DevOps	●	●	●	●	●	●
AI in Forecasting/Nowcasting	●	●	●	●		
Attributed Energy	●			●	●	●
Automated Threat Intelligence in Cyber Security	●	●	●	●		●
Autonome Assets		●	●			
Common Information Model (CIM)	●	●	●			
Cloud Computing	●	●	●	●		●
Customer Data Analytics			●	●	●	●
Demand Side Flexibility Activation		●	●		●	●
Digital Substations		●	●			
Digital Twins	●	●	●			
Distributed Energy Resources Management Systems			●			●
Distributed Ledger Technology	●	●	●	●	●	●
Energy Communities			●	●	●	●
Energy Management Systems			●	●	●	●
Gamification			●	●	●	●
Living Labs			●	●	●	●
Multi-commodity Grids	●	●	●	●	●	●
Next Generation Wireless		●	●		●	●
Open Data & APIs	●	●	●	●	●	●
Privacy & Security by Design			●	●	●	●
User-Centric Design			●	●	●	●
Utility as a Platform			●	●	●	●
Virtuele synchrone generatoren	●	●	●			
X-as-a-Service				●	●	●

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Interviews

Belangrijkste uitkomsten van interviews met internationale innovatie-experts in het energiedomein

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Uitkomsten van de expert interviews

De belangrijkste thema’s

Beschikbaarheid en kwaliteit van data
Een digitaal energiesysteem genereert net zoveel data als dat het ervan afhankelijk is. Toegankelijke data van gekende, en in toenemende mate hoge, kwaliteit is daarom randvoorwaardelijk voor een goed functionerende duurzame energiesector. De uitrol van slimme meters begon ruim 10 jaar geleden en ze zijn al onderdeel van de meeste referentie (deel)architecturen. Echter, referentiearchitecturen zullen ook andere, deels nog te ontwikkelen data-gedreven (markt)processen moeten beschrijven die deels voorvloeien uit (bestaande en nieuwe) wet- en regelgeving en deels uit veranderende klantwensen. Interoperabiliteit, eigenaarschap van data en het garanderen van rechten die voortvloeien uit de AVG zijn hierbij belangrijke thema’s.

Artificial Intelligence/Machine Learning
Zonder uitzondering genoemd als een set van technologieën die breed ingezet kan worden in het energiesysteem. Toepassingen die vaak genoemd worden zijn analyse van klantdata, asset health (o.a. predictive maintenance), operationele optimalisatie, autonome assets en forecasting. Voor wat betreft forecasting wordt opgemerkt dat dit in de praktijk vooralsnog lastig blijkt, onder meer doordat het aantal actoren dat forecasting gebruikt voor individuele optimalisatie toeneemt waardoor de voorspelbaarheid op systeemniveau afneemt.

Flexibiliteit
Flexibiliteit wordt algemeen erkend als een essentieel element voor een energiesysteem op basis van fluctuerende, duurzame energie. Flexibiliteit is nodig op verschillende locaties, tijden, en energievormen voor het oplossen van verschillende problemen op verschillende spannings- en drukniveaus. Om flexibiliteit op grote schaal te ontsluiten moeten de risks & rewards eerlijk verdeeld zijn tussen aanbieders en afnemers van flexibiliteit. Digitalisering speelt een belangrijk rol bij de implementatie van de relevante (markt)processen en aansturing van flexibele assets.

Aansturing van netten
De toename van fluctuerende duurzame bronnen, de invoeding op verschillende netvlakken en de steeds dynamischer gebruikspatronen maken een actievere aansturing van energienetten noodzakelijk. Een groot aantal recente technologische ontwikkelingen spelen hierbij een rol. Naast (mobiele) communicatienetwerken, toepassing van AI/ML zijn dat o.a. digitale onderstations, DERMS en EMS.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Uitkomsten van de expert interviews

De belangrijkste thema's

Participatie
Er is een breed gedeelde verwachting dat eindgebruikers een actieve rol gaan spelen in ons toekomstige energiesysteem. Experts kijken hier echter, op basis van tot nu toe behaalde resultaten, met enige scepsis naar. Eindgebruikers hebben geen sterke (emotionele) band met hun energieverbruik en prefereren comfort nu boven een (kleine) vergoeding in de toekomst. Experts raden daarom sterk aan in te zetten op ontzorging, gebruiksgemak en direct koppelingen tussen participatie en beloning. Hier kan de energiesector veel leren van sociale netwerken en causal gaming.

Regulering
De geïnterviewde experts kijken verschillend tegen de rol van regulering aan bij de totstandkoming van innovaties en toepassing van digitalisering. In sommige gevallen wordt regulering als beperkend gezien, maar de overheersende mening is dat regulering innovatie stimuleert. Technisch is bijna alles realiseerbaar maar om de technische innovatie economisch levensvatbaar te laten zijn is een goede business case noodzakelijk en regulering schept daarvoor vaak de kaders.

Standaardisatie
Het gebruik van standaarden is een belangrijke voorwaarde voor een interoperabel digitaal energiesysteem. CIM (common information model) wordt vaak genoemd als de belangrijkste recente ontwikkeling op dit gebied. Europa had een leidende rol maar het standaardisatielandschap raakt meer en meer gefragmenteerd en China pakt een meer prominente rol. Het zetten van een standaard leidt vaak tot grote economische voordelen.

Urgentie en noodzaak tot innovatie
Necessity is the mother of invention, dat hebben we de afgelopen twee jaar in bijvoorbeeld de farmaceutische industrie gezien waar in zeer korte tijd een tweetal mRNA COVID-vaccins zijn ontwikkeld op basis van technologie die oorspronkelijk voor een ander doel was ontworpen. Dit stemt positief met betrekking tot energie-innovaties, nu de urgentie van de energietransitie steeds breder erkend wordt.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Uitkomsten van de expert interviews

De belangrijkste thema’s

‘Lift and shift’
De experts zien veel innovaties in de IT en Telecom sectoren die middels 'lift and shift’ snel in de energiesector toegepast kunnen worden. Denk hierbij aan (mobiele) netwerktechnologie, agile werken maar ook de inzet van digital twins en AI om meer uit bestaande assets te halen zonder de betrouwbaarheid van het energiesysteem aan te tasten en het gebruik van data management en data sharing platforms.

Over dit project
Experts juichen het toe dat RVO en Topsector Energie deze verkenning laten uitvoeren en zien een broodnodige overgang naar enige standaardisatie op dit gebied.

Het belangrijkste voor een referentiearchitectuur is niet wat je doet, maar dat je het goed doet. Doe je het niet, of laat je het op z'n beloop, dan heb je een groeiende integratie-uitdaging die niet schaalt. De kern is: waar moet je in een referentiearchitectuur afspraken over maken met wie?

Experts stellen de vraag, zonder te pretenderen het antwoord te kennen, of een enkel land het op zich zou moeten nemen een referentiearchitectuur voor energie-infrastructuur te ontwikkelen. Integratie in het Europese energiesysteem blijft noodzakelijk. Klein beginnen heeft als voordeel dat je snel meters kunt maken, maar kan Europese acceptatie in een latere fase bemoeilijken door een gebrek aan draagvlak of 'not invented here' sentimenten. Een Europa-brede aanpak draagt echter het reële risico in zich dat het werk slechts langzaam vordert. Daardoor kunnen partijen voortijdig afhaken en ontstaan er een onwenselijke niet-interoperabele deeloplossingen.

Met dank aan alle voor dit project geïnterviewde experts

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Factsheets

Alfabetisch gerangschikte catalogus van de 25 meest relevante energie-innovaties

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Factsheets

Leeswijzer factsheets digitale innovaties

- Voor elke digitale innovatie zijn factsheets (twee pagina's, zie voorbeelden hieronder) uitgewerkt.
- Op de eerste pagina staat een beknopte beschrijving van de innovatie. Er wordt kort ingegaan op de impact van de innovatie op het energiesysteem en de domeinen, rollen en systemen die door de innovatie geraakt worden zijn geïdentificeerd.
- Tot slot wordt op deze pagina ingegaan op de relevantie van de innovatie voor de referentiearchitectuur.

Energy Communities

Kleinschalige afstemming van vraag en aanbod van energie

Technisch
Sociaal
Economisch

Beschrijving

Energiegemeenschappen zijn groepen van energieopwekkers en -gebruikers (vaak kleinschalig) die grotendeels autonoom onderling energie uitwisselen. Zij onderscheiden zich van een gesloten distributiesysteem door dat zij niet noodzakelijkerwijs geografisch geconcentreerd zijn, en fysiek gebruik kunnen maken van openbare netwerken. Vaak gaat het om groepen bewoners die gezamenlijk opwekfaciliteiten hebben gebouwd, en hun eigen verbruik hier op willen afstemmen.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Consumenten
- Marktplatforms
- Aggregators
- Hard- en softwareleveranciers

Impact op het energiesysteem

Door het afstemmen van vraagen aanbod op kleinschalig niveau worden eindgebruikers meer betrokken bij energieverbruik en –besparing, wat het draagvlak voor de energietransitie kan vergroten. Daarnaast kan de afstemmingsinfrastructuur gebruikt worden om als 'Virtual Power Plant' de gemeenschap deel te laten nemen aan markten op distributie- of transmissieniveau. Zo wordt kleinschalige opwek en flexibiliteit geaggregeerd tot een niveau waarop deze toegang heeft tot deze markten.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Om energiestromen tussen partijen te registreren en verrekenen (peer to peer handel) dient er een platform te zijn dat deze transacties afhandelt, en communicatie-infrastructuur tussen de gebruikers. Bij de gebruikers dienen verbruik en levering aangestuurd te kunen worden, wat eisen stelt aan een energiemanagementsysteem. Daarnaast is er afstemming vereist met andere gebruikers: voor aansluitingen met het hoogspanningsnet dient er een programmaverantwoordelijke partij te zijn. Een tussenpartij kan deze programmaverantwoordelijkheid op zich nemen, of een actievere rol spelen door ook opwek en verbruik aan te sturen. Ook kunnen er mogelijk energie-eilanden ontstaan die autonoom opereren, waar een regulerend kader op moet zijn ingericht.

52 | Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information. Baringa Confidential

CONCEPT – Niet voor publicatie Baringa

- Op de tweede pagina wordt inzicht geboden in de verspreiding in tijd en plaats van de innovatie in Europa, op basis van de geanalyseerde projecten, alsook een inschatting van het huidige Technology Readiness Level (TRL).
- De praktische toepassing van de innovatie in de praktijk wordt aan de hand van een casus toegelicht.
- Enkele relevante links zijn opgenomen in het kader "Meer informatie".

Energy Communities

Kleinschalige afstemming van vraag en aanbod van energie

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL (Inschatting): 7

De innovatie in de praktijk

Muse-Grids

MUSE-GRIDS is een Horizon-2020 gefinancieerd project dat als doel heeft om een multi-vector energiesysteem te laten functioneren op basis van lokale afstemming tussen huishoudens.

In het Belgische Oud-Heverlee is een kleine gemeenschap (12 huishoudens) gesitueerd op het einde van een distributiekabel. Deze heeft mede daardoor te maken met problemen als fase-onbalansen spanningswisselingen, en er is geen ruimte voor het aansluiten van meer consumptievermogen. Door binnen de gemeenschap vraagen aanbod op elkaar af te stemmen kunnen zij zorg dragen voor de lokale balans.

Voor de uitwisseling van energie maken zij gebruik van de bestaande distributie-infrastructuur, communicatie gaat via een specialoslogeat mesh netwerk grid dat robuuster is dan bestaande infrastructuur voor data- of telefoonverkeer.

Oud-Heverlee, met weergave van de lokale flexibele assets (https://muse-grids.eu/demosites/)

Meer informatie

- Projectpagina van het H2020 project CREATORS, dat 'energy community as a service' diensten ontwikkelt
- Projectpagina van het hiermaast beschreven H2020 project Muse-Grids
- Beschrijving van de Europese Commissie van energy communities en de rol die zij voor hen voorziet in het Clean Energy Package

53 | Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information. Baringa Confidential

CONCEPT – Niet voor publicatie Baringa

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Agile / DevOps

Nieuwe ontwikkelmethodes vinden hun weg naar de energiesector

- ☑ Technisch
- ☑ Sociaal
- ☐ Economisch

Beschrijving

De manier waarop software wordt ontwikkeld is sinds de publicatie van het Agile Manifesto in 2001 sterk veranderd. De traditionele watervalmethode van lineaire ontwikkeling maakt steeds meer plaats voor verschillende Agile methodes, waaronder Scrum en Kanban, die gericht zijn op iteratieve, incrementele, adaptieve ontwikkeling van software met sterke interactie met de klant.

Recent is daar DevOps als methode bijgekomen, waarin ontwikkelaars en operationele teams nauw samenwerken om het testen en uitrollen van software te versnellen en verbeteren. Agile methodes worden in toenemende mate buiten de IT-sector toepast en kunnen een belangrijke rol spelen in de steeds dynamischer wordende energiesector.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Aggregators
- Energieleveranciers
- Market operators
- Alle domeinen waar een vorm van interactie met eindgebruikers is
- Alle (interne) systemen die door digitalisering veranderen

Impact op het energiesysteem

De transformatie van het energiesysteem wordt door het gebruik van Agile en DevOps op twee manieren versneld:

- **Outside-in:** Digitalisering van het energiesysteem vergroot de rol van IT. Het gebruik van Agile en DevOps door organisaties in de energiesector maakt het mogelijk nieuwe ontwikkelingen in de IT sneller te integreren in processen, producten en diensten.
- **Inside-out:** Partijen langs de hele waardeketen moeten sneller en vaker nieuwe processen, producten en diensten realiseren. Agile en DevOps maken dit mogelijk en stelt partijen in staat al tijdens de ontwikkeling feedback van gebruikers te krijgen.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Agile ontwikkelmethoden en DevOps gaan primair over andere manieren van (samen) werken. Vanuit dat perspectief zou de impact op een referentiearchitectuur misschien beperkt zijn, omdat die traditioneel meer de bouwtekening dan het bouwproces beschrijft. Echter, veilig, kortcyclisch en adaptief ontwikkelen en uitrollen van nieuwe toepassingen kan door een toekomstige referentiearchitectuur gefaciliteerd worden, door een heldere afbakening van (deel)functies en interfaces, het incorporeren van feedback processen en sandboxing.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Agile / DevOps

Nieuwe ontwikkelmethodes vinden hun weg naar de energiesector

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Agile Manifesto
- Wikipedia pagina voor Agile Development
- Wikipedia pagina voor DevOps
- CERES dienst van EDSN (zie ook hiernaast)
- DevOps Framework for Utilities

De innovatie in de praktijk

Agile dienstontwikkeling bij ESDN

ESDN heeft in 2019 in nauwe samenwerking met de netbeheerders en haar IT-partners de dienst CERES (Centrale Registratie van Systeemelementen) ontwikkeld. Deze dienst van de gezamenlijke netbeheerders zorgt ervoor dat netgebruikers (aangeslotenen) en netbeheerders gegevens van opwekkers van elektriciteit centraal kunnen valideren, vastleggen en uitwisselen. Een dienst die aansluit bij de behoeftes van de business, eisen vanuit wetgeving en privacy- en securitykaders vanuit de sector.

De ontwikkeling van CERES heeft aanzienlijk bijgedragen aan het ontwikkelen van deze nieuwe samenwerkingsvorm die is gebaseerd op Agile werken en DevOps. In toekomstige projecten deze werkwijze verder geïmplementeerd en ontwikkeld worden.

Ook op het vlak van architectuur is CERES innovatief. De dienst is gerealiseerd met moderne applicaties in het nieuwe ‘wendbare’ IT-landschap van EDSN. Dit landschap is het afgelopen jaar neergezet om applicaties snel te kunnen ontwikkelen en zo een korte time-to-market voor nieuwe functionaliteiten of diensten te realiseren en in te kunnen spelen op behoeften van de energiemarkt.

Homepage van energieleveren.nl, de landing page voor gebruikers van CERES

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

AI in forecasting/nowcasting

AI maakt forecasting mogelijk met hogere granulariteit en frequentie

- ☑ Technisch
- ☐ Sociaal
- ☐ Economisch

Beschrijving

Het gebruik van voorspellende modellen is reeds lange tijd gemeengoed in de energiesector, met name om vraag en aanbod in de toekomst op elkaar af te stemmen.

De laatste jaren zijn er twee ontwikkelingen die de aandacht verdienen. Als eerste is dit het voorspellen op zeer korte termijn ('nowcasting'), waarmee de staat van het energiesysteem (bv netwerkbelasting of hernieuwbare opwek) op korte termijn kan worden ingeschat. De tweede ontwikkeling is de toepassing van nieuwe technieken uit kunstmatige intelligentie in voorspellende modellen, die een nauwkeurigere voorspelling kunnen leveren dan traditionele modellen, en een bredere toepassing mogelijk maken.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Energieleveranciers
- Aggregators
- Toezichthouders
- Handelspartijen

Impact op het energiesysteem

De toenemende penetratie van hernieuwbare energiebronnen maakt het noodzakelijk dat de algehele staat van het systeem inzichtelijk gemaakt wordt. Hiervoor is het noodzakelijk dat er met hoge spatiale en temporale resolutie data beschikbaar is; niet alleen omtrent de huidige staat van het netwerk, maar ook de verwachtingen voor de komende minuten en uren. Hierdoor kan de flexibiliteit van variabele energiebronnen zelf beter gekwantificeerd en benut worden, andere flexibiliteit efficiënter ingezet worden, en worden de totale systeemkosten geminimaliseerd.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Forecasting en nowcasting vereisen zeer granulaire data. Om deze data te ontsluiten is meetinfrastructuur nodig, evenals de data-interfaces om deze op de juiste plaats beschikbaar te maken. Het gebruik van verschillende soorten data vereist verankering in wet- en regelgeving. Een succesvolle toepassing maakt nieuwe businessmodellen (zoals lokale flexibiliteit) en nieuwe sturingsmechanismen (zoals Active Network Management) mogelijk.

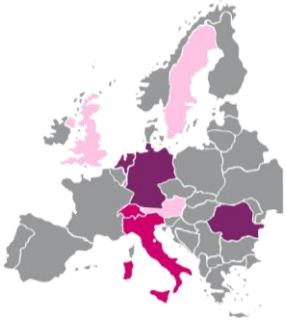
 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

AI in forecasting/nowcasting

AI maakt forecasting mogelijk met hogere granulariteit en frequentie

Kaart, tijdslijn en TRL



Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

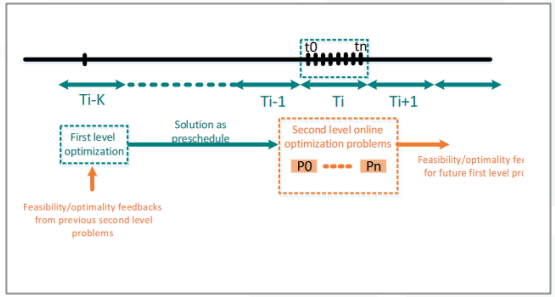
Meer informatie

- Projectpagina DiGriFlex-project
- Projectpagina ENA-project Electricity Flexibility and Forecasting System
- UK Power Networks KASM project

De innovatie in de praktijk

Real-time aansturing van distributienetten

In het Era-NET project DiGriFlex heeft een Zwitsers-Italiaans consortium forecasting- en aansturings-algoritmes ontwikkeld die niet alleen vooruit in de tijd voorspellingen maken, maar deze ook in real-time leveren om direct te kunnen bijsturen indien nodig. Door de voorspellingen van de opwek van zon PV zo kort mogelijk voor levering te voorspellen, ontstaat een beter beeld van het netwerk (en bevordert zo ook *state estimation*) en kan actief worden gestuurd op stabiliteit. Om de implementatie van het gehele system te valideren werd een testopstelling gebouwd met een configureerbaar actief distributienetwerk dat in staat is om het lokale net technisch stabiel te houden, en een bijdrage kan leveren aan balans op de hoger gelegen netten.



Schematisch overzicht van de real-time bijsturing (DigriFlex, zie URL links)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Attributed Energy

Waarde van eigenschappen van energie zichtbaar en verhandelbaar maken

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Het idee achter Attributed Energy is het vastleggen van veel, diverse eigenschappen van energie(dragers), om het zo mogelijk te maken de waarde die eindgebruikers toekennen aan die eigenschappen te gelde te maken via nieuwe producten en diensten.

Garanties van Oorsprong (GvOs) zijn de bekendste en meest eenvoudige vorm van Attributed Energy. De attributen op deze certificaten worden nog maar beperkt naar producten vertaald, en GvOs zijn nog niet beschikbaar voor alle energievormen. Door dit uit te breiden en bijvoorbeeld gegevens over productietijd en locatie voor alle energievormen te vervatten in producten kunnen gebruikers gerichter energie inkopen die aansluit bij hun wensen en voorkeuren.

Domeinen, rollen, systemen

- Producenten
- Wet- en regelgevers, certificeringsinstanties
- Technologieleveranciers
- Netbeheerders
- Market Operators en Facilitators
- Eindgebruikers (consumenten, dienstverlening, industrie)
- Betreft elektriciteit, gas, warmte voor alle toepassingen

Impact op het energiesysteem

Om de energietransitie tot een succes te maken is een grotere betrokkenheid van de eindgebruiker nodig - maar dan moet deze wel invloed uit kunnen oefenen!

Het expliciet maken van meer eigenschappen van energie maakt het mogelijk om energieproducten aan te bieden zoals 'Altijd Duurzaam' waarbij instantane duurzaamheid gegarandeerd wordt in plaats van jaargemiddeld duurzaam, of 'Geen Gronings Gas' of 'Wind uit mijn regio'. De mate waarin deze producten worden afgenomen zal van invloed zijn op de ontwikkeling van duurzame productie maar heeft ook grote invloed op netwerkcongestie en balancering.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Om Attributed Energy certificaten op een eenduidige, transparante manier te kunnen uitgeven, verhandelen en afboeken zijn naast Europese en nationale regelgeving waarin de voorwaarden voor certificering zijn vastgelegd, afspraken tussen producenten, handelaren, market operators, leveranciers en consumenten nodig over de uitwisseling van certificaten en het aanbieden en afnemen van producten en diensten op basis van deze certificaten.

Distributed Ledger Technologie speelt een belangrijke rol bij de implementatie van Attributed Energy.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Attributed Energy

Waarde van eigenschappen van energie zichtbaar en verhandelbaar maken

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Impact assessment studie LABELS van TNO
- Energy Tag – een markt voor certificaten op uurbasis
- HyXchange – certificeringspilot, prijsindex en spotmarket voor waterstof
- CertifHy – Europees certificeringsschema voor waterstof
- UK consumers able to track renewable energy hourly | The Guardian

De innovatie in de praktijk

Groene energie op uur- of kwartierbasis in Nederland

Eneco, CertiQ en FlexiDAO zijn in 2021 een test gestart voor tijdgebonden groene stroom. Het proefproject betreft een digitale koppeling tussen Prinses Amaliawindpark en een elektrodenketel aangesloten op het Haagse stadswarmtenet Ypenburg. De productie en het verbruik van groene stroom wordt elk uur en kwartier gemeten en gecertificeerd.

GvO's ondersteunen nu nog geen tijdgebaseerde certificering. Door een tijdsaanduiding kan echter worden gegarandeerd dat binnen één uur - of zelfs binnen een kwartier - groene stroom wordt geproduceerd en ook verbruikt.

In de pilot wordt onderzocht hoe data over elektriciteitsproductie en -verbruik uit verschillende systemen gecombineerd kunnen worden. Ook wordt onderzocht hoe op tijd gebaseerde certificering van groene stroom kan worden geïntegreerd in de bestaande regulering van GvO's. De pilot levert daarmee waardevolle inzichten voor de realisatie van Attributed Energy.

Het project is een van de zes wereldwijde projecten die de mogelijkheden van op tijd gebaseerde groene stroom testen. Het is onderdeel van EnergyTag, een initiatief waarin meer dan 100 bedrijven, overheden en NGO's samenwerken om een transparanter certificeringssysteem te creëren dat beter aansluit bij de toename van het aanbod van weersafhankelijke zonne- en windenergie. Het doel is om de energietransitie te versnellen door 24/7 gecertificeerde groene energie aan te bieden.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Automated Threat Intelligence in Cyber Security

Vergroot de veiligheid door veel databronnen te combineren en analyseren

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Automated Threat Intelligence is het proces van het automatisch verzamelen, normaliseren, verrijken, analyseren, verspreiden en delen van dreigingsinformatie die gebruikt kan worden om cyberaanvallen en -criminaliteit te voorkomen of hun impact op het energiesysteem te verminderen.

Door gebruik te maken van Machine Learning om een breed scala aan interne en externe databronnen te analyseren kunnen risico's beter en sneller herkend en geprioriteerd worden, kan er effectiever op incidenten gereageerd worden en misbruik van data tijdig worden gesignaleerd.

Domeinen, rollen, systemen

- Producenten en leveranciers van hard- en software
- Energieproducenten en leveranciers
- Aggregators, ESCo's en andere nieuwe rollen
- Market Operators
- Netwerkbeheerders
- Overheden
- Betreft alle kritische energie-infrastructuur

Impact op het energiesysteem

De digitalisering van het energiesysteem, de onderlinge verbondenheid van systemen en hun toegankelijkheid via het Internet van steeds meer van deze systemen hebben het aantal aanvalskanalen en -mogelijkheden sterk vergroot. Slimme apparaten bij eindgebruikers zijn helaas nog vaak slecht beveiligd en worden onvoldoende geüpdatet, en bestaande systemen bij energiebedrijven zijn vaak niet ontworpen voor een *connected world*.

Automated Threat Intelligence maakt het mogelijk de risico's die dit met zich mee brengt te herkennen en beheersen, maar vraagt wel samenwerking tussen partijen in de hele waardeketen.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Toegang tot data is de voornaamste randvoorwaarde voor Automated Threat Intelligence. Deze data zal deels door actoren in het energiesysteem gegeneerd moeten worden en deels moeten worden geïmporteerd uit externe bronnen (bijvoorbeeld CVE en NVD). In een referentiearchitectuur zal daarom aandacht besteed moeten worden aan welke datastromen door welke actoren gegenereerd zouden moeten worden, en welke standaarden ondersteund worden voor data uitwisseling van de informatie die Automated Threat Intelligence mogelijk maakt, zoals SCAP (Security Content Automation Protocol) en STIX/TAXII (Structured Threat Information Expression/Trusted Automated Exchange of Intelligence Information).

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Automated Threat Intelligence in Cyber Security

Vergroot de veiligheid door veel databronnen te combineren en analyseren

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Overzicht van Security Information en Event Management (SIEM)
- Common Vulnerabilities Enumeration
- National Vulnerability Database van NIST
- STIX/TAXII website op Github
- Horizon 2020 DEFENDER project (zie hiernaast)

De innovatie in de praktijk

DEFENDER – een Horizon 2020 project voor de bescherming van kritische energie-infrastructuur

Het door de EU gesteunde DEFENDER-project is in 2017 gestart vanuit het inzicht dat de Europese kritieke energie-infrastructuur een complexe lappendeken van technologieën en leveranciers is, waardoor bescherming tegen aanvallen een uitdaging vormt. In het project is, dat in 2020 is afgerond, is een beveiligingsplatform ontwikkeld dat detectie, monitoring, en mitigatie van en reactie op bedreigingen harmoniseert. Het systeem maakt gebruik van verschillende technologieën, variërend van kunstmatige intelligentie tot semi-geautomatiseerde tegenmaatregelen. Het project richtte ook een pan-Europees centrum op voor de uitwisseling van informatie over bedreigingen.

In het project, met deelnemers uit Italië, Frankrijk, Duitsland, Griekenland en Slovenië zijn vier pilots uitgevoerd om de innovatie in de prakrijk te valideren, voor vier verschillende domeinen in het energiesysteem:

- Grootschalige energieproductie
- Decentrale opwek
- Transmissienetwerk
- Distributienetwerk

Het project heeft daarnaast geleid tot het oprichten van een Critical Energy Infrastructure Security Stakeholders Group (CEIS-SG) voor informatiedeling en doorontwikkeling van Automated Threat Intelligence.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Autonome assets

Zelfstandig opereren in de haarvaten van het netwerk

- ☑ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Operationeel is het energiesysteem historisch een zeer gecentraliseerd systeem geweest: aansturing gebeurt op hoog niveau, er zijn enkele knoppen waar aan gedraaid kan worden, en lokale problematiek wordt bij voorkeur in de planningsfase aangepakt.

Autonome assets kunnen op veel lager niveau in het systeem beslissingen maken zonder afstemming met hogere niveaus – dit gebeurt volledig op basis van lokaal geobserveerde waarden. We spreken ook wel over *edge computing* wanneer berekeningen bij de databron plaatsvinden in plaats van op een centraal punt.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- EMS leveranciers
- Toezichthouders
- Eindgebruikers
- Aggregators
- Energy communities

Impact op het energiesysteem

Het verwijderen van centrale aansturing uit de controlestructuur van een netwerk maakt het mogelijk om beter in te spelen op lokale omstandigheden. Centralistische architecturen zijn hier minder geschikt voor omdat er in korte tijd heel veel data gecommuniceerd en verwerkt dient te worden, waarna de beslissing weer naar de locatie gestuurd moet worden. Dit maakt actief netwerkmanagement mogelijk, bijvoorbeeld via time-of-use pricing of spanningsondersteuning.

Relevantie voor referentiearchitectuur

De wijziging van de controlearchitectuur vereist dat taken omtrent netbeheer gedelegeerd worden naar een lager punt in het netwerk. Wie is daar verantwoordelijk voor? Wanneer moet er wel gecommuniceerd worden? Hoe verloopt dit? Dit vereist een regulerend kader. Daarnaast dient er lokaal voldoende monitoring- en communicatie-infrastructuur te zijn om daadwerkelijk de benodigde informatie te verzamelen om geinformeerde beslissingen te nemen, wat weer afspraken vereist omtrent gegevensuitwisseling en communicatieprotocollen.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Autonome assets

Zelfstandig opereren in de haarvaten van het netwerk

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- DREAM Project (zie ook hiernaast)
- Projectpagina TSE project Intelligent Net in Duurzaam Lochem
- Projectpagina TSE project ISES, dat een autonoom netwerk in Nigeria implementeerde
- Het UK Power Networks project Constellation beoogt onderstations autonomer te laten opereren om lokale netbelasting beter te beheersen
- INZET - Zeenergie

De innovatie in de praktijk

Distributed Renewable resources Exploitation in electric grids through Advanced heterarchical Management (DREAM)

Het DREAM-project paste principes van autonome agent-gebaseerde systemen toe op de controle en het beheer van het elektriciteitsdistributienet. Daarmee kan het systeem zich voortdurend aanpassen aan de huidige operationele omstandigheden en het robuust maken voor exogene verstoringen. Dit zal op zijn beurt een grotere penetratie van intermitterende bronnen mogelijk maken en het distributienet beter bestand maken tegen storingen.

DREAM bevat verschillende lagen van controles voor normale, overbelaste en post-contingency situaties die verschillende coördinatiestrategieën gebruiken, variërend van marktgebaseerde transacties tot respons op noodsituaties.

Het project toonde de technische haalbaarheid van deze nieuwe controlemechanismen aan dankzij een aantal kleinschalige pilots en verschillende use-cases en computersimulaties. Daarnaast werd de economische levensvatbaarheid gemodelleerd en onderzocht voor de verschillende actoren in het net, rekening houdend met de onvoorspelbaarheid van de elektriciteitsproductie van de consument, de marktdynamiek, nieuwe reguleringsregelingen en de invoering van deze nieuwe methodiek.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Common Information Model (CIM)

CIM harmoniseert de uitwisseling van gegevens in de energiemarkt

- ☑ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

De integratie van hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitssysteem vereist dat hun intermittentie in evenwicht is. Om dit te doen, is een naadloze en efficiënte informatie-uitwisseling nodig in verschillende stadia, tussen een toenemend aantal bedrijven - TSO's, DSO's, generatoren, enz.. Dit alles vereist dat TSO's, derden en dienstverleners gezamenlijk overeengekomen en compatibele gegevensuitwisselingsformaten gebruiken, normen op basis van het Common Information Model (CIM) van de International Electrotechnical Commission (IEC).

Het CIM definieert een gemeenschappelijke vocabulaire en ontologie voor aspecten van de elektriciteitssector en modelleert het netwerk zelf met behulp van het ‘wires model'.

Domeinen, rollen, systemen

- TSO’s
- DSO’s
- Producenten
- Marktoperators

Impact op het energiesysteem

De integratie van hernieuwbare energiebronnen zal van invloed zijn op de bestaande infrastructuur voor het elektriciteitsnet, de exploitatie en de werking van de elektriciteitsmarkt zelf. De integratie van hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitssysteem vereist dat hun ongelijktijdigheid in evenwicht is. Dit kan worden aangepakt door elektriciteitsnetten die slim en kostenefficiënt werken. Om dit te doen, is een eenduidige en efficiënte informatie-uitwisseling nodig in verschillende stadia, tussen een toenemend aantal bedrijven - TSO's, DSO's, generatoren, enz.

Dergelijke informatie-uitwisselingen zijn onmisbaar geworden bij netwerkplanning en de werking van het energiesysteem en de markt.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Het CIM model is een communicatieprotocol om data real-time uit te wisselen tussen netbeheerders en diverse actoren in de markt. Dit alles vereist dat TSO's, derden en dienstverleners gezamenlijk overeengekomen en compatibele gegevensuitwisselingsformats gebruiken, in dit geval normen op basis van het Common Information Model (CIM) van de International Electrotechnical Commission (IEC). In een referentiearchitectuur zal deze bestaande standaard voor data-uitwisseling geïntegreerd moeten worden.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Common Information Model (CIM)

CIM harmoniseert de uitwisseling van gegevens in de energiemarkt

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

9

Meer informatie

- Common Information Model – Wikipedia
- The Common Information Model
- Common Information Model (ENTSO-E)

De innovatie in de praktijk

Common Information Model (CIM) voor grid model exchange
Het CIM voor de uitwisseling van netmodellen maakt uitwisseling mogelijk voor de gegevens die nodig zijn voor regionale of pan-Europese netontwikkelingsstudies en voor toekomstige processen met betrekking tot netcodes.

Common Grid Model Exchange Specification (CGMES)
De Common Grid Model Exchange Specification (CGMES) is een IEC technische specificatie gebaseerd op de IEC Common Information Model (CIM) familie van standaarden. Het is ontwikkeld om te voldoen aan de noodzakelijke vereisten voor de uitwisseling van TSO-gegevens op het gebied van systeemontwikkeling en systeembeheer (bijv. TYNDP en netcodes). De CGMES zal worden gebruikt als basisspecificatie voor de implementatie van de Common Grid Model (CGM) methodologieën. De CGMES zal worden toegepast door toepassingen die te maken hebben met gegevensbeheer van energiesystemen, evenals toepassingen die de volgende analyses ondersteunen:

- Load flow en contingency analyses,
- Short circuit calculaties,
- Market information en transparency,
- Capacity calculatie voor capacity allocation en congestion management
- Dynamic security assessment.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Cloud Computing

Bredere beschikbaarheid van rekenkracht maakt nieuwe technologieën mogelijk

- ☑ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Cloud computing is de verschuiving van rekenkracht van de gebruiker naar een dienstverlener. Waar voorheen gebruikers hun eigen servers moesten (laten) beheren, is rekenkracht nu on-demand beschikbaar zonder dat er dedicated servers voor nodig zijn. Dit maakt efficiëntere inzet van servers mogelijk, waardoor kosten omlaag gaan en ook voor kleinere partijen betaalbaar wordt.

De toepassing van Cloud Computing in de energiesector zal naar verwachting sterk toenemen vanwege het stijgende data volume en het groeiend gebruik van AI. Bovendien maakt Cloud Computing het mogelijk om meer flexibel en kosteneffectief nieuwe producten en diensten in de markt te zetten.

Domeinen, rollen, systemen

Elke partij die grootschalig data verwerkt, waarbij te denken valt aan:

- Energy Service Companies
- Netbeheerders
- Marktoperators
- Handelsbedrijven
- IT dienstverleners
- Dataleveranciers

Impact op het energiesysteem

Doordat bedrijven en consumenten niet langer zelf een server(-park) hoeven te beheren komen toepassingen van verschillende nieuwe innovaties binnen handbereik. Hierbij valt te denken aan het gebruik van kunstmatige intelligentie, nauwkeurigere voorspelmodellen, of fijnmazigere sensornetwerken.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Door de bredere beschikbaarheid van rekenkracht wordt de grootschaligere toepassing van andere innovaties mogelijk, en daarmee is Cloud computing voornamelijk een intern gerichte technologie. Er is echter wel een duidelijk regulerend kader belangrijk voor Cloud computing. Vanuit het oogpunt van databescherming is de jurisdictie waarbinnen een server staat van belang, en dit is bij Cloud computing niet altijd eenduidig.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Cloud Computing

Bredere beschikbaarheid van rekenkracht maakt nieuwe technologieën mogelijk

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

Meer informatie

- Projectpagina van het rechts beschreven “Scalable Computational Tools” project
- Technisch rapport van IEEE over toepassingen van cloud computing in power systems
- Website Flex4Grid
- Projectpagina FlexMeter
- Flex4Grid (Prosumer Flexibility Services for Smart Grid Management) | H2020 | CORDIS | European Commission (europa.eu)

De innovatie in de praktijk

Cloud computing is in meerdere onderzoeksprojecten in binnen- en buitenland toegepast om op kosteneffectieve wijze rekenkracht in te zetten.

Een voorbeeld hiervan is het project “Scalable Computational Tools and Infrastructure for Interoperable and Secure Control of Power System”. Naast het ontwikkelen en implementeren van Cloud-oplossingen voor tijds-kritieke toepassingen als netwerkstabilisatie en real-time simulatie, besteedde dit project bijzondere aandacht aan het *trusted* Cloud computing. De essentie van dit concept is dat zelfs de leverancier van de clouddienst niet in staat is om mee te kijken met de berekeningen die worden uitgevoerd, en dat de gebruiker in staat is om te verifiëren dat dit niet mogelijk is. Het H2020 Flex4Grid project bouwde hier op voort met het ontwikkelen van privacy-gerichte oplossingen om de data van consumenten en prosumers te verwerken.

Het H2020 FlexMeter project maakt gebruik van Cloud-toepassingen om over verschillende vectoren (elektriciteit, warmte, en gas) het energiegebruik van huishoudens en de bedrijfsvoering van laagspanningsinfrastructuur te optimaliseren, om zo energieverbruik terug te dringen en lokale stabiliteit van het netwerk te garanderen onder uiteenlopende omstandigheden.

Een review van de innovatieprojecten portfolio laat verder zien dat Cloud computing in de energiesector reeds toegepast wordt voor intensieve berekeningen zoals onder andere klimaatmodellen, weersvoorspellingen en grootschalige simulaties van elektriciteitsnetwerken.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Customer Data Analytics

Klantdata inzetten om nieuwe diensten te ontwikkelen

- ☑ Technisch
- ☐ Sociaal
- ☐ Economisch

Beschrijving

Customer Data Analytics omvat het analyseren van fijnmazige data van gebruikers. Door middle van statistische modellen of kunstmatige intelligentie kunnen patronen ontwaard worden die teruggekoppeld kunnen worden aan de gebruiker, of ingezet kunnen worden voor gerichte dienstverlening.

Door geautomatiseerd data te verwerken kunnen dienstverleners gemakkelijker bespaaradviezen aan klanten geven of de voordelen van bepaalde investeringen nauwkeuriger bepalen. Dit kan bijvoorbeeld door patroonherkenning in een tijdsreeks van gebruiksdata.

Domeinen, rollen, systemen

- Leveranciers
- Eindgebruikers
- Meetbedrijven
- Toezichthouders
- Data-dienstverleners

Impact op het energiesysteem

De uitrol van meetinstrumenten bij eindgebruikers (zoals digitale meters, omvormers, home energy management systems) maakt het mogelijk voor energieleveranciers en aggregators om afgestemde producten aan te bieden. Door gebruiksprofielen te analyseren kunnen bijvoorbeeld inefficiënte apparaten geidentificeerd worden, kan de opbrengst van meer isolatie nauwkeuriger bepaald worden, of kan de reactie van een klant op een dynamische prijsprikkel voorspeld worden. Dit maakt efficiëntere operatie van een energieleverancier mogelijk, evenals het verbreden naar nieuwe diensten rond energiebesparingsadvies.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Het gebruik van klantdata vereist primair een meetinfrastructuur die fijnmazig genoeg is (in zowel tijd als ruimte), en een communicatieinfrastructuur om deze betrouwbaar en veilig op de juiste plek te krijgen. De juiste software kan echter ook de uitrol van meer meetapparatuur overbodig maken. Een regulerend kader dient te definieren welke data voor welke doeleinden door wie gebruikt mag worden. Standaardisering van dataformats kan bijdragen aan efficiëntere gegevensuitwisseling. Als de data inzichtelijk gemaakt kan worden voor derde partijen biedt dit kansen voor nieuwe businessmodellen rond energieadvies.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Customer Data Analytics

Klantdata inzetten om nieuwe diensten te ontwikkelen

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Column in NRC over hoe leveranciers klantdata analyseren
- NWO project over analyse en clustering van energiegebruiksdata
- The benefits of data analytics for Energy Utilities
- Leverage Data Analytics to Help Your Energy Customers Consume Less (wns.com)
- NieuweStroom zorgt voor de versnelling naar een schoon energiesysteem
- Load-disaggregation-technology
- UtilitEE Project

De innovatie in de praktijk

De Deense startup Ento Labs maakt gebruik van kunstmatige intelligentie om de gebruikspatronen van haar klanten te analyseren, en zet die in om verbruik terug te dringen. Door data die binnen een traditioneel EMS verzameld wordt te vergelijken met die van andere klanten en hier statistische en machine-learning modellen op los te laten leveren zij bespaartips aan procesindustrie, gemeenten, en gebouwbeheerders.

Verschillende Nederlandse energieleveranciers leveren sinds kort soortgelijke diensten aan huishoudens. Zo spelen zij in op een veranderende rol in het energiesysteem, waar de nadruk steeds minder op het leveren van energie komt te liggen, en meer op het leveren van diensten die huishoudens in staat stellen om energiezuiniger te worden en zelf energie op te wekken.

Voorspellingen van PV-productie op basis van het netto verbruik van een aansluiting (oranje). In het paars wordt de gemeten productie getoond; in het blauw een voorspelling op basis van installatiegrootte (Ento Labs, via LinkedIn)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Demand Side Flexibility Activation

Vermindering van stuurbare generatoren vereist betere afstemming van vraag op aanbod

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Demand Side Flexibility Activation omvat het ontsluiten van flexibiliteit aan de afnamekant om deze af te stemmen op het aanbod van energie. Waar energie vaak inflexibel wordt gebruikt, is het ontsluiten van deze latente flexibiliteit een manier om het energiesysteem kostenefficiënter in te richten.

Om flexibiliteit te ontsluiten dient een process hier vaak op ingericht te worden, wat aanpassingen aan industriele processen of huishoudelijke apparaten vereist. Ten tweede dient de eigenaar van het process een (vaak financiele) prikkel of direct stuursignaal te krijgen om deze flexibiliteit daadwerkelijk in te zetten wanneer dit het system het beste uitkomt. Ten derde is er, zeker bij huishoudens, vaak een omslag nodig om het gedrag aan te passen en gebruik te maken van de technische en financiele voordelen.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Eindgebruikers
- Aggregators
- Leveranciers hard- en software
- Certificeringsinstanties

Impact op het energiesysteem

Balans tussen vraag en aanbod was historisch een zaak van het aanbod de (inflexibele) vraag laten volgen. Om met minder aanstuurbare generatoren af te kunnen is het echter noodzakelijk dat de vraagzijde flexibeler wordt en elektriciteit gebruikt wanneer deze opgewekt wordt. Door meer vraagzijdige flexibiliteit is er meer ruimte voor variabele hernieuwbare elektriciteitsbronnen als zon en wind, en is er minder opslag nodig. Daarnaast kan vraagzijdige flexibiliteit een rol spelen in het efficiënter benutten van het netwerk, en zo kostbare uitbreidingen voorkomen.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Vraagzijdige flexibiliteit zal door een lokaal energiemanagementsysteem ontsloten moeten worden. De valorisatie van deze flexibiliteit kan via verschillende markten geschieden, voor de optimale inzet is hiervoor actuele informatie over deze markten vereist, evenals het vermogen om hier op decentraal niveau beslissingen over te maken

Mogelijk ontstaan er businessmodellen (voor bv aggregators) die flexibiliteit kunnen ontsluiten en verwaarden namens hun klanten, wat een andere communicatiestructuur vereist, evenals standaarden betreffende gebruik en bescherming van gegevens

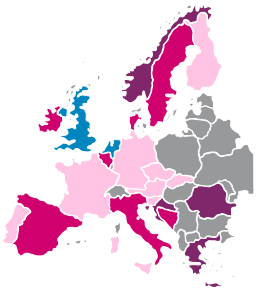
 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Demand Side Flexibility Activation

Vermindering van stuurbare generatoren vereist betere afstemming van vraag op aanbod

Kaart, tijdslijn en TRL



Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

Meer informatie

- Projectpagina TSE project SlowNED, dat met demand-side flexibility congestie vermijdt
- Rapport pilotproject TenneT waarin met demand side flexibility balanceringsvermogen werd geleverd (zie kader rechts)
- ENA projectpagina voor een haalbaarheidsstudie van industriele vraagresponse ten behoeve van wholesalemarkten en ondersteunende diensten
- Rapportage van TenneT over aanwezige flexibiliteit, waaronder Demand Side Response, op verschillende markten in Nederland
- Hybride flexible Industrial Utilities - Topsector Energie

De innovatie in de praktijk

De Utrechtse start-up Jedlix begon in 2016 met het aanbieden van laaddiensten voor elektrische voertuigen in de wijk Lombok. Deze voertuigen worden echter niet direct opgeladen wanneer ze worden aangesloten op het laadpunt: het laden wordt uitgesteld zodat een bijdrage geleverd kan worden aan de netwerkstabiliteit. Doordat de gelijktijdigheid van het laden wordt vermeden (auto's in een woonwijk komen vaak rond dezelfde tijd thuis, wat bij ongecontroleerd laden zou leiden tot een grote verbruikspiek), wat het lokale netwerk ten goede komt.

Gebruikers zijn er niet zeker van dat hun auto zo snel mogelijk wordt opgeladen, maar zij ontvangen van hun aggregator een vergoeding voor het beschikbaar stellen van hun flexibiliteit. Daarnaast zijn huishoudens in staat om indien nodig het uitstellen te negeren, of een minimaal laadniveau te specificeren dat zo snel mogelijk bereikt dient te worden. Dit behoud van enige autonomie verhoogt de acceptatie bij eindgebruikers.

De flexibiliteit van de opladende auto's wordt voorts in een virtual power plant ingeboden op de markt voor balanceringsenergie (aFRR activatie). Door de ontsloten flexibiliteit te verzamelen in een *pool* kan deze als geheel verwaard worden op nationale markten, waardoor de precieze beschikbaarheid van een enkele auto minder van belang is. Het kunnen deelnemen aan zo'n *pool* is daarmee een manier voor eindgebruikers om toegang te krijgen tot wholesalemarkten wat als stimulans kan dienen om aanwezige flexibiliteit ook daadwerkelijk te gaan ontsluiten.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Digitale onderstations

Digitalisering van infrastructuur maakt bedrijfsvoering betrouwbaarder

- ☑ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Een digitaal onderstation is een onderstation waar meetbaarheid van de real-time situatie centraal staat. Via intelligente elektronica (intelligent electronic devices, IEDs) kan met hogere granulariteit data worden verzameld en uitgewisseld.

De digitalisering van het onderstation heeft grote voordelen waar het aankomt op de betrouwbaarheid van de installatie en de stuurbaarheid van het verbonden systeem, maar vereist een zekere mate van interoperabiliteit van de onderdelen, en stelt nieuwe eisen aan de bedrijfsvoering en het onderhoud.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Installateurs
- Standaardiseringsinstanties/keurmeesters
- Electronicaleveranciers

Impact op het energiesystem

Een digitaal onderstation maakt het mogelijk om beter te meten wat de actuele situatie op het netwerk is. Hierdoor kan in geval van storingen eerder en effectiever worden ingegrepen, maar is ook een actiever beheer van het netwerk mogelijk. Actieve distributienetwerken en DERMS die aan een digitaal onderstation verbonden zijn kunnen beter bijdragen aan de stabiliteit van het netwerk.

Relevantie voor referentiearchitectuur

De bouw of transformatie van onderstations vereist nieuwe coördinatie tussen afnemer (de netbeheerder), de leverancier van de elektronica, en de installateur. Aan welke specificaties moet een onderstation voldoen? De modules in de onderstations moeten onderling en met de controlekamer kunnen communiceren, wat gestandaardiseerde interfaces vereist. Omdat onderstations essentiële onderdelen van een kritieke infrastructuur zijn, dient de cybersecurity op orde te zijn.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Digitale onderstations

Digitalisering van infrastructuur maakt bedrijfsvoering betrouwbaarder

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- De IEEE standaard voor digitaal veilige intelligent electronic devices
- Wikipedia pagina voor IEC61850, een standard voor communicatie tussen elektronische componenten in een onderstation
- Paper van Chen et al. Dat de belangrijkste resultaten uit het National Grid project (zie kader rechts) beschrijft
- Vervolgproject met bijzondere aandacht voor cybersecurity

De innovatie in de praktijk

National Grid, de Britse netbeheerder, heeft in een reeks projecten uitvoerig onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van digitale onderstations en hun kwetsbaarheden. Hieruit zijn een architectuur voor onderstationsystemen (AS3) en een referentie-implementatie voortgekomen.

Bij het uitvoeren van de referentie-implementatie werd elektronica van verschillende leveranciers gekoppeld aan een virtueel testplatform om de communicatie tussen de onderdelen te testen in een real-time simulatie. In een vervolgproject werd de scope verlegd naar het beveiligen van de infrastructuur, wat waardevolle input leverde voor standaarden op het gebied van communicatiebeveiliging. Een van de getrokken lessen hieruit was dat het nader specificeren van communicatiestandaarden binnen een onderstation de veiligheid kan verbeteren doordat berichten sneller en nauwkeuriger geverifieerd kunnen worden, ook bij hardware van verschillende leveranciers.

In Nederland wordt geexperimenteerd met digitalisering van infrastructuur. In het project “Flexible & Active – Power Electronic Substation” hebben Enexis en Alliander het toekomstige net gemodelleerd op basis van distributie net scenario's van de TU/e en DNV GL. Het doel van dit project is demonstratie, ontwikkeling van software en verificatie van een flexibel, toekomstbestendig Power Electronics Substation (PES) in het echte distributienet van Enexis óf Alliander. Daarnaast zal het flexibele PES in een economische evaluatie beoordeeld worden t.o.v. andere flexibiliteitsoplossingen zoals bijvoorbeeld opslag, vraagsturing en het simpel over dimensioneren van het distributienet.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Digital Twins

Gedetailleerde digitale representatie van fysieke objecten maakt betere aansturing mogelijk

Beschrijving

Digital Twins zijn digitale kopieën van fysieke objecten of processen. Waar een modelweergave meestal gericht is op het beantwoorden van een enkele vraag, en daardoor vaak met versimpelende aannames wordt gewerkt, is een Digital Twin een 1:1 weergave die met behulp van sensoren van de fysieke installatie up to date gehouden wordt. Hiermee kan in real time meegekeken worden 'onder de motorkap' van een installatie.

Domeinen, rollen, systemen

- Energieleveranciers
- Onderhoudsbedrijven
- Dataproviders
- Softwareleveranciers
- Alle eigenaren van fysieke installaties

Impact op het energiesysteem

Digital Twins kunnen op verschillende manieren toegepast worden, bijvoorbeeld voor:

- het monitoren van installaties om efficiënte inzet te maximaliseren door de operationele omstandigheden (druk, temperatuur) in real time bij te sturen
- het simuleren van de effecten van aanpassingen, bijvoorbeeld van de vorm van een turbineblad
- ex-post redeneren over waarom een bepaald verschijnsel (zoals een defect) optrad
- het voorspellen van noodzakelijk onderhoud, om ongeplande uitval te verminderen

Relevantie voor referentiearchitectuur

Digital Twins worden vooral gebruikt om het gedrag van systemen beter te begrijpen om zo mensen in en organisaties in staat te stellen betere beslissingen te nemen over objecten en processen in de fysieke wereld.

Om dit mogelijk te maken moeten Digital Twins deel uitmaken van systemen die dezelfde referentiearchitectuur implementeren als volledig fysieke systemen. In operationele situaties kunnen een fysieke asset en zijn Digital Twin naast elkaar bestaan. Een referentiearchitectuur dient deze dupliciteit te ondersteunen en de extra datastromen die door Digital Twins gegenereerd worden te faciliteren.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Digital Twins

Gedetailleerde digitale representatie van fysieke objecten maakt betere aansturing mogelijk

- ✔ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Projectpagina van het TSE project SHM-RDY
- Projectpagina van het TSE project ODEN-AI
- Factsheet van het ERA-Net project EPC4SES, dat digital twins inzet voor verduurzaming gebouwde omgeving

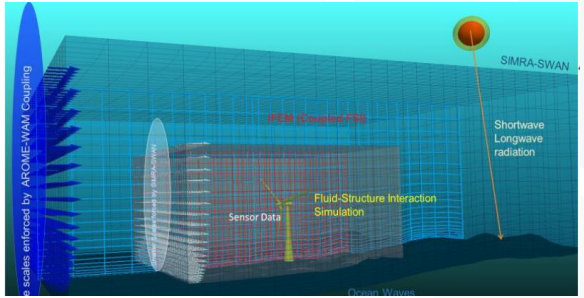
De innovatie in de praktijk

Digital Twins voor warmtenetwerken

In de TSE projecten ODEN-AI en SHM-RDY is een digitale kopie van een warmtenetwerk gebouwd om de temperatuur, druk, en stromingssnelheid in het network zodanig aan te sturen dat warmteverliezen geminimaliseerd warden zonder comfortverlies voor de afnemers.

In het eerste project werd dit toegepast op een warmtenet in Geleen, waar warmteverliezen met ca. 20% konden worden verminderd. Dit gaf voldoende aanleiding om de technieken in een groter warmtenet te implementeren, welk project momenteel loopt.

Om de digital twins tot stand te brengen was het noodzakelijk om een fijnmazig sensornetwerk op te zetten, en de soft- en hardware om deze data op een gestructureerde manier samen te brengen, te analyseren, en het network aan te sturen.



Een weergave van een digitale windturbine die gebruikt wordt om ontwerp en onderhoudsplan te optimaliseren (Kvawmsdal et al. , NTNU)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Distributed Energy Resources Management Systems

Aansturing van assets achter de meter kan het lokale en nationale net ondersteunen

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Een Distributed Energy Resources Management System (DERMS) is een systeem dat de aansturing van gedistribueerde instalaties voor de opwekking, opslag, en consumptie van energie voor haar rekening neemt. Waar een Home Energy Management System zich richt op de afstemming achter een enkele aansluiting dient een DERMS om een breder geografisch gebied af te stemmen. De controle over een DERMS kan dan ook goed bij een netbeheerder liggen, die de installaties kan aansturen om op korte termijn lokale netwerkproblemen te voorkomen of op te lossen.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Eindgebruikers
- Leveranciers van hard- en software
- Marktoperators
- Aggregators

Impact op het energiesysteem

DERMS stellen netbeheerders in staat om gebruik te maken van de installaties achter de meter van haar afnemers, en maken zo actieve distributienetwerken (ADNs) mogelijk. Hierdoor worden dubbele investeringen vermeden, kan de netwerkinfrastructuur beter benut worden, en wordt de betrouwbaarheid van het energiesysteem verbeterd. Afnemers kunnen zonder veel moeite een bijdrage leveren aan hun lokale energiesysteem wat het draagvlak voor de energietransitie kan verbeteren. Daarnaast kan het hun kosten verlagen als de netbeheerder bijvoorbeeld afroepbare contracten afsluit met haar afnemers.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Een DERMS vereist communicatieprotocollen om lokale meetdata real-time uit te lezen en indien nodig installaties achter de meter aan te sturen. Omdat de beheerder niet altijd de eigenaar is van deze installaties is enige standaardisatie noodzakelijk. In een regulerend kader dient te worden afgesproken bij wie de verantwoordelijkheid ligt voor bv uptime en bereikbaarheid, en wat de grenzen van controle door de beheerder zijn. Ook is er ruimte voor nieuwe contractvormen tussen netbeheerder en afnemer.

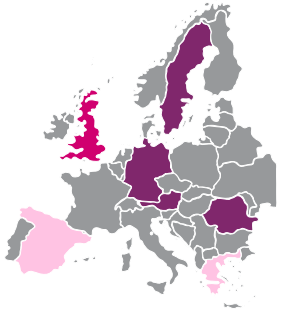
 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Distributed Energy Resources Management Systems

Aansturing van assets achter de meter kan het lokale en nationale net ondersteunen

Kaart, tijdslijn en TRL



Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

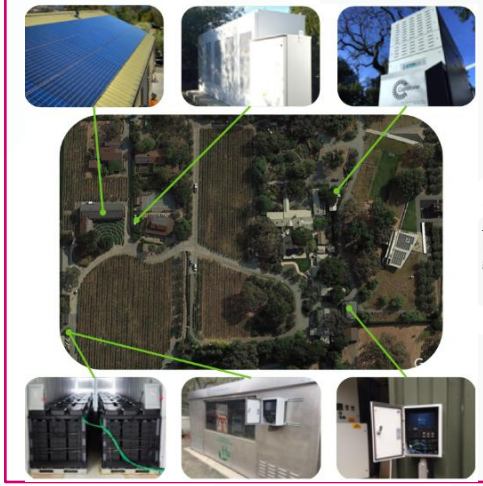
7

Meer informatie

- Een whitepaper van IDC/ABB over DERMS
- IEEE functionele specificatie van DERMS
- NREL website over DERMS
- NODES (Network Optimized Distributed Energy Systems), een onderzoeksprogramma van Arpa voor projecten omtrent DERMS
- DERMS Distributed Energy Resources Management System | ENGIE Innovation

De innovatie in de praktijk

Het National Renewable Energy Laboratory (NREL) in de VS heeft een uitgebreide onderzoekslijn op het gebied van active distribution networks en DERMS. Zij hebben het platform GridAPPS-D ontwikkeld, dat een referentiearchitectuur biedt voor DERMS en vergelijkbare Advanced Distribution Management Systems (ADMS). Met een speciaal ontwikkelde testomgeving worden experimenten uitgevoerd met de aansturing van verschillende elektrische installaties onder uiteenlopende omstandigheden, om zo een robust systeem te ontwikkelen dat onder alle condities een betrouwbare oplossing levert.



Een praktijkopstelling in Californie waar NREL experimenten uitvoert (https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78531.pdf). Op een wijngaard staan PV panelen, batterijen, een electrolyser, gasturbines, en flexibele afnemers.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Distributed Ledger Technology

Veilig, onmuteerbaar en transparant transacties uitvoeren zonder tussenpartij

- ✔ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Distributed Ledger Technologies (DLTs) is een set technologieën voor op consensus gebaseerde gedistribueerde, decentrale, gesynchroniseerde, onmuteerbare en gedeelde opslag van digitale (transactie)gegevens. Deze technologieën kennen in tegenstelling tot traditionele centrale databases geen beheerder. Data wordt decentraal opgeslagen op punten in een peer-to-peer netwerk en er wordt een consensus-algoritme gebruikt om de consistentie en geldigheid van opgeslagen data te waarborgen. Blockchain is de bekendste Distributed Ledger Technology. Het gebruik van DLTs vergroot de veiligheid en transparantie van gegevensdeling en opslag en maakt daarmee het samenwerken tussen organisaties eenvoudiger en efficiënter.

Domeinen, rollen, systemen

- Producenten
- Wet- en regelgevers, certificeringsinstanties
- Technologieleveranciers
- Netbeheerders
- Market Operators en Facilitators
- Eindgebruikers (consumenten, dienstverlening, industrie)
- Betreft elektriciteit, gas, warmte voor alle toepassingen

Impact op het energiesysteem

Distributed Ledgers, al dat niet op basis van een (private) blockchain kennen een groot aantal toepassingen in het energiesysteem waaronder:

- Aanmaken, verhandelen en afboeken van Garanties van Oorsprong voor (duurzame) energie (o.a. groene stroom, biomethaan en waterstof)
- Het vastleggen van processtappen en transacties om compliance met wet- en regelgeving aan te tonen
- Kosteneffectieve handel in energie op lokale markten zonder tussenpartij
- Opslaan van en toegang geven tot betrouwbare energiedata

Relevantie voor referentiearchitectuur

Distributed Ledger Technology kan soms een vervanging zijn voor bestaande processen, bijvoorbeeld voor de inzet van DLTs voor het certificeren van hernieuwbare energie, of voor het vastleggen van interne bedrijfsprocessen t.b.v. externe audits. Betrokken actoren en de aard van de interactie zal dan niet wezenlijk veranderen.

Dit is echter wel het geval voor use cases waar peer-to-peer interacties bestaande derde partijen met een administratieve en/of coördinerende rol overbodig maken en daar zal dan ook de grootste invloed op een toekomstige referentiearchitectuur te zien zijn.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Distributed Ledger Technology

Veilig, onmuteerbaar en transparant transacties uitvoeren zonder tussenpartij

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

Meer informatie

- Algemene Wikipedia pagina over blockchain
- Perspectief van Topsector Energie op blockchain in de energiesector
- RVO project OurEnergy voor het creëren van een peer-to-peer markt handelsplatform voor energie
- Whitepaper voor het Layered Energy System dat gebruikt maakt van blockchain

De innovatie in de praktijk

In 2018 is TenneT gestart met een pilots waarbij met blockchaintechnologie elektrische auto's ingezet worden om het hoogspanningsnet in balans te houden en om opstoppingen (congestie) in het hoogspanningsnet te voorkomen.

De blockchainimplementatie is ontwikkeld door IBM. Er wordt samengewerkt met duurzame energieleverancier Vandebron, die de flexibiliteit levert aan TenneT voor de handhaving van de netbalans. Dit doet Vandebron door laadsessies van klanten met een elektrische auto – op verzoek van TenneT – tijdelijk te onderbreken en weer te starten. Deelnemers krijgen hier een vergoeding voor. Dit alles wordt vastgelegd op de blockchain, en deelnemers kunnen details over de slimme laadsessies volgen via een app.

Wat op de blockchain staat kan niet gewijzigd kan worden en zo kan via blockchaintechnologie gehandeld worden in informatie waarvan de betrouwbaarheid wordt gewaarborgd, zonder een tussenpartij nodig te hebben.

TenneT beschouwt deze en andere pilots als zeer succesvol en gaat de blockchainimplementatie opschalen zodat aan veel meer partijen toegang tot de elektriciteitsmarkt verleend kan worden. Aggregators zullen met verschillende typen assets flexibiliteit (in de vorm van aFRR, oftewel regelvermogen) aan het elektriciteitssysteem leveren.

Blockchaintechnologie faciliteert ook hier de benodigde data-uitwisseling.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Energy Communities

Kleinschalige afstemming van vraag en aanbod van energie

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Energiegemeenschappen zijn groepen van energieopwekkers en -gebruikers (vaak kleinschalig) die grotendeels autonoom onderling energie uitwisselen. Zij onderscheiden zich van een gesloten distributiesysteem doordat zij niet noodzakelijkerwijs geografisch geconcentreerd zijn, en fysiek gebruik kunnen maken van openbare netwerken. Vaak gaat het om groepen bewoners die gezamenlijk opwekfaciliteiten hebben gebouwd, en hun eigen verbruik hier op willen afstemmen.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Consumenten
- Marktplatforms
- Aggregators
- Hard- en softwareleveranciers

Impact op het energiesysteem

Door het afstemmen van vraag en aanbod op kleinschalig niveau worden eindgebruikers meer betrokken bij energieverbruik en –besparing, wat het draagvlak voor de energietransitie kan vergroten. Daarnaast kan de afstemmingsinfrastructuur gebruikt worden om als ‘Virtual Power Plant’ de gemeenschap deel te laten nemen aan markten op distributie- of transmissieniveau. Zo wordt kleinschalige opwek en flexibiliteit geaggregeerd tot een niveau waarop deze toegang heeft tot deze markten.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Om energiestromen tussen partijen te registreren en verrekenen (peer to peer handel) dient er een platform te zijn dat deze transacties afhandelt, en communicatie-infrastructuur tussen de gebruikers. Bij de gebruikers dienen verbruik en levering aangesturd te kunen worden, wat eisen stelt aan een energiemanagementsysteem. Daarnaast is er afstemming vereist met andere gebruikers: voor aansluitingen met het hoogspanningsnet dient er een programmaverantwoordelijke partij te zijn. Een tussenpartij kan deze programmaverantwoordelijkheid op zich nemen, of een actievere rol spelen door ook opwek en verbruik aan te sturen. Ook kunnen er mogelijk energie-eilanden ontstaan die autonoom opereren, waar een regulerend kader op moet zijn ingericht.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Energy Communities

Kleinschalige afstemming van vraag en aanbod van energie

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Projectpagina van het H2020 project CREATORS, dat 'energy community as a service' diensten ontwikkelt
- Projectpagina van het hiernaast beschreven H2020 project Muse Grids
- Beschrijving van de Europese Commissie van energy communities en de rol die zij voor hen voorziet in het Clean Energy Package

De innovatie in de praktijk

Muse-Grids

MUSE-GRIDS is een Horizon-2020 gefinancieerd project dat als doel heeft om een multi-vector energiesysteem te laten functioneren op basis van lokale afstemming tussen huishoudens.

In het Belgische Oud-Heverlee is een kleine gemeenschap (12 huishoudens) gesitueerd op het einde van een distributiekabel. Deze heeft mede daardoor te maken met problemen als fase-onbalans en spanningswisselingen, en er is geen ruimte voor het aansluiten van meer consumptievermogen. Door binnen de gemeenschap vraag en aanbod op elkaar af te stemmen kunnen zij zorg dragen voor de lokale balans.

Voor de uitwisseling van energie maken zij gebruik van de bestaande distributie-infrastructuur; communicatie gaat via een speciaal opgezet meshed grid dat robuuster is dan bestaande infrastructuur voor data- of telefoonverkeer.

Oud-Heverlee, met weergave van de lokale flexibele assets (https://muse-grids.eu/demosites/)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Energy Management Systems

Monitor- en aanstuursystemen voor lokaal energiegebruik

- ☑ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Energiemanagementsystemen (EMS) zijn hard- en softwaresystemen die binnen en afgebakend gebied (bijvoorbeeld binnen een huishouden, achter een aansluiting, of op een bedrijventerrein) de vraag en het aanbod naar energievormen registreert en indien mogelijk en gewenst aanstuurt. Vaak wordt nader gespecificeerd wat de scope van het EMS, bijvoorbeeld een Home EMS (HEMS) of Building EMS (BEMS).

Domeinen, rollen, systemen

- Eindgebruikers
- Vastgoedbeheerders
- Energieleveranciers
- Softwareleveranciers
- Energy Service Companies

Impact op het energiesysteem

Het op elkaar af kunnen stemmen van het energiegebruik van installaties in een beperkt gebied verlaagt de mate waarin het netwerk gebruikt moet worden. Hierdoor kan er efficiënter omgegaan worden met de beperkte netwerk- en aansluitcapaciteit.

Voorts zijn EMS als faciliterende technologieën essentieel in het effectief valoriseren van demand side response, en het opnemen van afnemers in virtual power plants. Om van het systeem achter een aansluiting een digital twin te maken wordt vaak gebruik gemaakt van een EMS voor de monitoring.

Indien er binnen de scope van het EMS voldoende opwek of opslag aanwezig is, maakt het EMS een vergaande mate van autonomie mogelijk.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Een EMS vereist een mate van standaardisatie waar het aankomt op communicatievormen, datastromen en aansturing van apparaten of installaties, aangezien een EMS met producten van verschillende producenten om moet gaan. Indien een EMS als dienst wordt aangeboden door een service provider dient het gebruik en uitwisselen van klantdata aan regels gebonden te zijn. Een EMS dat reageert op prijs- of andere signalen van buitenaf dient over de communicatietechnologie te beschikken om deze data te ontvangen.

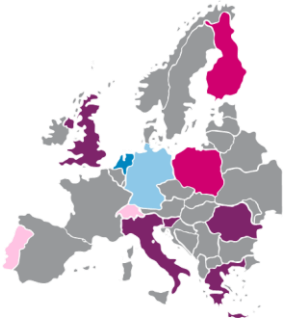
 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Energy Management Systems

Monitor- en aanstuursystemen voor lokaal energiegebruik

Kaart, tijdslijn en TRL



Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL (Inschatting)

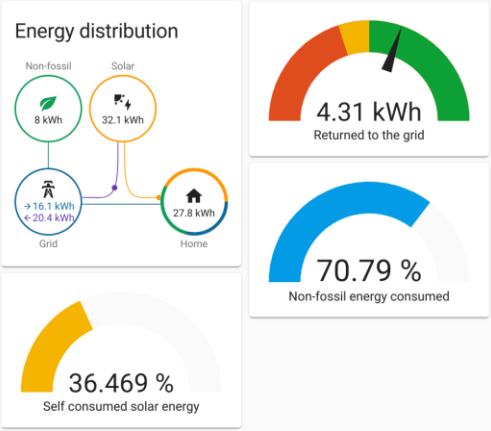
9

Meer informatie

- Website van ISO 50001, de door ISO gedefinieerde standard voor energiemanagementsystemen
- Projectpagina SmartProHeat, een Duits-Fins onderzoeksproject dat een EMS ontwikkelde specifiek gericht op warmtenetwerken

De innovatie in de praktijk

Verschillende smart-home en domotica-oplossingen bieden de mogelijkheid om het gebruik van energie inzichtelijk te maken in een app of op een scherm in huis, en apparaten aan te sturen op basis van bijvoorbeeld de eigen productie uit zon op dak of een prijssignaal van de energieleverancier. Door gebruik te maken van application programming interfaces (APIs) combineren zij data uit uiteenlopende bronnen. De markt voor deze systemen bestaat inmiddels uit verschillende commerciële en open-source oplossingen met zowel een dienstenaanbod (in abonnementsvorm) als losstaande producten.



Dashboard van een energiemanagementsysteem (https://www.home-assistant.io)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Gamification

Gamification is het gebruik van spelconcepten in de energiesector

- ☑ Technisch
- ☑ Sociaal
- ☐ Economisch

Beschrijving

Gamification is het gebruik van spelconcepten buiten het traditionele game domein. In de energiesector kan het worden gebruikt om deelnemers te informeren over (slimme) energiethema's of om klanten te motiveren om op een speelse manier energie-efficiëntie- of vraagresponsdoelstellingen te bereiken.

Om een efficiënter energiegebruik en een verantwoordelijker consumentengedrag aan te moedigen, kan gamification worden gebruikt om gedragsverandering te motiveren door bewustzijn en consumentenbetrokkenheid te bevorderen via een applicatie die context analyseert, gepersonaliseerde berichten verzendt en gamified peer-concurrentie en feedback beheert.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Leveranciers
- Aggregators
- Producenten van duurzame energie
- Telecom en internet service providers
- consumenten

Impact op het energiesysteem

Een gamificationplatform kan worden ingebed in een breder ICT-gebaseerd platform voor energie-efficiëntie met een interactief energiebeheersysteem, dat geïnteresseerde belanghebbenden zal helpen bij het optimaliseren van "wanneer en met welk tempo" energie moet worden gebufferd en gebruikt. Dit biedt verschillende voordelen, zoals het verminderen van piekbelasting, het maximaliseren van het lokale verbruik van hernieuwbare energie en het leveren van een efficiënter gebruik van de beschikbare hulpbronnen in individuele gebouwen of gebouwenblokken.

Een dergelijk systeem zal ook communiceren met een automatiseringsmanager en een applicatie voor het voorspellen van het gedrag van gebruikers.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Nieuwe, dynamische en meer directe vormen van beïnvloeding van consumenten door middel van gamification leiden tot een grotere en actievere rol van de eindgebruiker in de markt op de markt.

Daarmee is het gamification concept van invloed op een toekomstige referentiearchitectuur voor Nederlandse energie-infrastructuur, omdat deze primair beschrijft welke systemen, rollen en functies we onderkennen, welke informatie ze uitwisselen, en wat daartoe geëigende protocollen zijn.

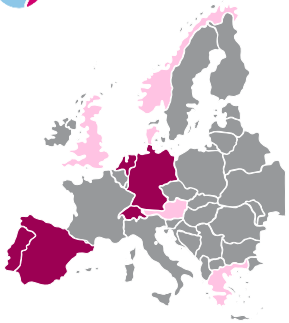
 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Gamification

Gamification is het gebruik van spelconcepten in de energiesector

Kaart, tijdslijn en TRL



Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

6

Meer informatie

- What Gamification means for Energy Management - DEXMA
- FEEdBACk - Homepage (feedback-project.eu)
- ERA-Net SG+ Lauch Event Agenda (eranet-smartenergysystems.eu)
- Serious gaming and the energy transition (topsectorenergie.nl)
- FLEXGRID Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission (europa.eu)
- Game On: Gamification in the energy sector (smart-energy.com)

De innovatie in de praktijk

FEEdBACk project:

De doelstelling van FEEdBACk is het bevorderen, stimuleren en leveren van energie-efficiëntie door gedragsverandering. Om een efficiënter energiegebruik en een verantwoordelijker consumentengedrag aan te moedigen, zal een gamificationplatform worden gebruikt om bewustzijn en consumentenbetrokkenheid te bevorderen via een applicatie die context analyseert, gepersonaliseerde berichten verzendt en gamified peer-concurrentie en feedback beheert.

De gebruiker wordt intrinsiek gemotiveerd om procedures te veranderen en te profiteren van kansen om de energie-efficiëntie te verbeteren zonder afbreuk te doen aan het comfortniveau en de autonomie. Om ervoor te zorgen dat de gebruiker zich in controle voelt, analyseert de applicatie de context en het gedrag in het verleden van de gebruiker om het juiste moment te kiezen om adviesberichten in te voeren.

Het consortium bestaat uit 8 partners in 7 verschillende landen – Portugal, Nederland, Zwitserland, Spanje, het Verenigd Koninkrijk, Denemarken en Duitsland. INESC TEC, TUDelft en EPFL zorgen voor de wetenschappelijke achtergrond met uitgebreide onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Living Labs

Een living lab is een open-innovatie-ecosysteem

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Een **living lab** is een open-innovatie-ecosysteem, in een beperkte geografisch context (bijv. een stadsdeel), waarbij onderzoeks- en innovatieprocessen worden geïntegreerd.

- systematische co-creatiebenadering en integratie van experimenten en evaluatie van innovatieve ideeën, concepten en gerelateerde technologische artefacten
- een ervaringsgerichte omgeving waar gebruikers worden ondergedompeld in een creatieve sociale ruimte om hun eigen toekomst te ontwerpen en te ervaren
- ook gebruikt door beleidsmakers voor het ontwerpen, verkennen, ervaren en verfijnen van nieuw beleid en regelgeving in realistische scenario's

Domeinen, rollen, systemen

- Regionale netbeheerders
- Leveranciers
- Aggregators en Esco's
- Telecom en internet service providers
- Prosumers

Impact op het energiesysteem

In Living Labs worden allerlei nieuwe innovaties in de praktijk getest en verder ontwikkeld door actieve gebruikers. Daarmee zijn Living Labs de kraamkamer van innovaties die in de toekomst een belangrijke rol kunnen gaan spelen in de energiesector.

Het succes van innovaties wordt immers niet alleen bepaald door hun technisch vernuft. Vaak zijn juist innovaties op organisatorisch en/of maatschappelijk vlak doorslaggevend. Daarom is de betrokkenheid van gebruikers, regelgevende instanties, toeleverende bedrijven en maatschappelijke organisaties in het innovatieproces essentieel.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Niet alleen de innovaties uit het recente verleden en het heden kunnen relevant zijn voor de referentiearchitectuur, maar ook relevante en belangrijke innovaties die nu nog in de kinderschoenen staan zullen op termijn gefaciliteerd moeten worden. De experimenten in Living Labs maken uiteindelijk nieuwe innovaties mogelijk en bieden inzicht in mogelijke nieuwe veranderingen en innovaties binnen het energiesysteem. Met behulp van een referentiearchitectuur kunnen Living Labs hun rol als innovatieversneller effectiever invullen.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Living Labs

Een living lab is een open-innovatie-ecosysteem

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Living lab - Wikipedia
- Toekomstig energiesysteem - The Green Village
- Rathenau: living labs Nederland
- Living Labs | RVO.nl
- Smart Energy Hubs | Oost NL
- FZI Living Lab smartEnergy - FZI Forschungszentrum Informatik
- The Lille Living Lab | France – Biseps

De innovatie in de praktijk

The Green Village (TU Delft), een proefplaats voor verduurzaming met een kleine woonomgeving. Alle subprojecten vallen moeten onder een van de onderzoeksthema's vallen: verduurzaming van de gebouwde omgeving, nieuwe energiesystemen, klimaat-adaptieve steden of duurzame mobiliteit.

Oost-Nederland heeft een living lab voor geïntegreerde energiesystemen voor decentrale opwekking, opslag, omzetting en gebruik van duurzame energie. Deze Smart Energy Hubs zijn slimme decentrale energiesystemen waar lokaal duurzame energie wordt geproduceerd, opgeslagen en toegepast. Decentrale energiesystemen dragen bij aan het efficiënt gebruiken van energie en zo de druk te verminderen op de bestaande energienetten. In plaats van zwaardere netten en meer koper in de grond, het inzetten van slimme software of nieuwe technieken voor bijvoorbeeld energieopslag. Zo wordt het energiesysteem efficiënter en ontstaan nieuwe verdienmodellen, minder afhankelijkheid van gereguleerde markt en meer marktwerking, worden ondernemerschap en technologische innovatie gestimuleerd.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Multi-commodity Grids

Integrale optimalisatie van meerdere verbonden energienetwerken

- ☑ Technisch
- ☐ Sociaal
- ☑ Economisch

Beschrijving

Een multi-commodity grid is een energiesysteem waarbij tenminste twee energie-infrastructuren fysiek en logisch gekoppeld zijn. De fysieke koppeling bestaat uit assets waar de energiedrager (commodity) in de andere wordt omgezet, bijvoorbeeld waterstof in elektriciteit in een elektrolyser, of gas in elektriciteit en warmte in een WKK. De logische koppeling bestaat uit een gezamenlijke aansturing van de gekoppelde infrastructuren en de daarop aangesloten assets via een multi-goal optimalisatie die het mogelijk maakt in te spelen op marktsignalen en beperkingen in distributie en transportcapaciteit door inzet van een of meerdere energiedragers tijdelijk te stimuleren. Hiervoor wordt naast conversie vaak ook gebruik gemaakt van bestaande opslagcapaciteit.

Domeinen, rollen, systemen

- Alle rollen
- Alle systemen
- …in alle domeinen

Impact op het energiesysteem

De energievraag wordt in toenemende mate ingevuld door duurzaam opgewekte elektriciteit. Efficiënt en betrouwbaar gebruik deze hernieuwbare bronnen wordt mogelijk gemaakt door vraag en aanbod dynamisch op elkaar af te stemmen. Dit vereist een infrastructuur die een naadloze informatie-uitwisseling tussen, en inzet van, de verschillende energievormen, assets en actoren in het systeem mogelijk maakt. Energieconversie, -opslag en -uitwisseling moeten worden gefaciliteerd binnen de individuele infrastructuren en daartussen om de ongelijktijdigheid van de verschillende hernieuwbare energietechnologieën en (veranderende) gebruikspatronen van eindgebruikers op elkaar af te stemmen.

Relevantie voor referentiearchitectuur

De fysieke en logische koppelingen die nodig zijn om een multi-commodity grid mogelijk te maken vereisen definities en standaardisatie van de koppelvlakken tussen de afzonderlijke infrastructuren, de assets die er op aangesloten zijn en de (lokale) markten waar prijsvorming van energie, capaciteit en afgeleide producten plaatsvindt. De stuursignalen die vanuit die markten en vanuit de netoperatie ontstaan voor juiste setpoints voor een multi-commodity grid kunnen alleen gegenereerd worden als er vanuit dat systeem voldoende diagnostische en forecasting informatie ontsloten wordt om op te acteren, en dus moeten ook daar de databronnen gedefinieerd en gestandaardiseerd worden.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Multi-commodity Grids

Integrale optimalisatie van meerdere verbonden energienetwerken

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

4

Meer informatie

- Powermatching City, het eerste multi-commodity smart grid ter wereld
- Energy Flexibility Interface van het Flexible Power Alliance Network
- Verkenning naar een multi-commodity grid voor de glastuintuinbouw
- Smart multi-commodity grid Zuid-Holland (zie ook hiernaast)

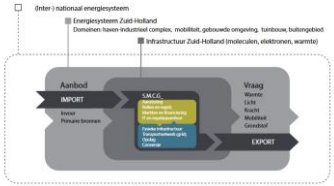
De innovatie in de praktijk

In 2015-2016 is op initiatief van de Metropoolregio Rotterdam-Den Haag (MRDH), waaronder 23 gemeentes vallen, de Roadmap Next Economy ontwikkeld door de econoom Jeremy Rifkin en een internationaal team van consultants, samen met stakeholders uit de regio.

De Roadmap Next Economy is een routekaart voor de komende 10 tot 20 jaar voor de regionale economie. De Roadmap bevat scenario's en een handelsperspectief: deze geven aan welke projecten en plannen nodig zijn om optimaal te kunnen inspelen op de wereldwijde economische en technologische ontwikkelingen. Een van de faciliterende projecten die in de roadmap is opgenomen is het Smart Multi Commodity Grid voor Zuid-Holland, waarin bestaande en toekomstige energie- en CO_2-infrastructuur verregaande gekoppeld en geoptimaliseerd moeten worden.

Het realiseren van deze visie is uitdagend, o.a. door het veelvoud aan betrokken partijen, wisselende verantwoordelijkheden voor de uitvoering van de roadmap en de benodigde geavanceerde technologie en daarmee gepaard gaande investeringen.

Het project bevindt zich nu nog in de conceptuele ontwerpfase en zal naar verwachting pas na 2030 resulteren in een operationeel smart multi-commodity grid.



Conceptuele weergave van het smart multi-commodity grid. Bron: smart.
Multi commodity grid- de Zuid-Hollandse energie-infrastructuur in kaart, oktober 2018

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Next Generation Wireless

Meer assets beter verbinden vergroot de flexibiliteit van het energiesysteem

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Er zijn recent verschillende nieuwe standaarden voor mobiele communicatietechnieken op de markt verschenen, zoals NB-ioT, Sigfox en voor Nederland wellicht als meest interessante 5G en LoRaWAN.

- 5G is een nieuwe standaard voor mobiele communicatie die hogere snelheden, grotere datadoorvoer en minder vertraging biedt dan vorige generaties mobiele netwerken, ten koste van kleiner bereik van individuele antennes
- LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) is een mobiele technologie die een groot bereik koppelt aan laag energieverbruik

Beide technologieën zijn belangrijk voor het realiseren van smart grid oplossingen.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Aggregators
- Producenten van duurzame energie
- Producenten, eigenaren en operateurs van flexibele assets en daaraan verwante infrastructuur
- Market operators
- Telecom en internet service providers

Impact op het energiesysteem

De hoeveelheid wind- en zonne-energie in het energiesysteem neemt toe, op alle spanningsniveaus in het elektriciteitsnet, en daarmee ook het aantal aan te monitoren en aan te sturen assets. Elektriciteit -, gas- en warmte-infrastructuren raken steeds meer met elkaar verweven. Om vraag en aanbod in balans te laten zijn, en de beschikbare duurzame energie en netwerkcapaciteit optimaal in te zetten, is het steeds belangrijker om te kunnen sturen op (near) realtime data. Historische data voldoet niet meer om de beschikbare flexibiliteit te ontsluiten.

Moderne communicatienetwerken maken de robuuste data-uitwisseling mogelijk die nodig is om de juiste stuursignalen te bepalen voor assets in het energiesysteem, van onderstation tot thuisbatterij.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Nieuwe vormen van communicatie tussen eindgebruikers en assets, tussen assets en het netwerk, direct of indirect via (lokale) markten, maken nieuwe producten en diensten mogelijk, en leiden misschien wel tot het ontstaan van nieuwe rollen in het energiesysteem. Daarmee zijn ze direct van invloed op een toekomstige referentiearchitectuur voor Nederlandse energie-infrastructuur, omdat deze primair beschrijft welke systemen, rollen en functies we onderkennen, welke informatie ze uitwisselen, en wat daartoe geëigende protocollen zijn.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Next Generation Wireless

Meer assets beter verbinden vergroot de flexibiliteit van het energiesysteem

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

Meer informatie

- Wikipedia pagina voor 5G
- Wikipedia pagina voor LoRaWAN
- European 5G Observatory
- Het Nederlandse onderzoeks- en innovatie-ecosysteem voor de doorontwikkeling van 5G en 6G
- EU Horizon 2020 project Smart5Grid
- Innovatieproject Constellation van UK Power Networks (zie ook hiernaast)

De innovatie in de praktijk

5G slicing in het Verenigd Koninkrijk

UK Power Networks verzorgt de elektriciteit voor ruim 8 miljoen klanten in Londen en het oosten en zuidoosten van Engeland. Vorig jaar is een innovatieproject gestart waarbij krachtige computers worden geïnstalleerd in een reeks onderstations, om zo slimme onderstations te creëren. Hierdoor kan elk onderstation lokaal miljoenen datapunten analyseren over hoe het netwerk werkt en het netwerk opnieuw configureren op basis van actuele lokale omstandigheden.

Onderstations kunnen met elkaar communiceren met behulp van 5G om zo de meest efficiënte configuraties en instellingen te berekenen om de beschikbare capaciteit te maximaliseren. Zo wordt onder andere de integratie van duurzame energie gestimuleerd.

Voor de site-to-site communicatie wordt gebruikt gemaakt van 5G slices. 5G network slicing is een netwerkarchitectuur waarmee een enkel fysiek netwerk in meerdere onafhankelijke logische netwerken verdeeld wordt. Deze logische netwerken kunnen volledig van elkaar geïsoleerd, geconfigureerd en aangestuurd worden, voor verschillende toepassingen. Naast de verhoogde bandbreedte en lage latency die karakteristiek zijn voor 5G netwerken draagt *slicing* bij aan de robuustheid en self-healing van het draadloze netwerk en stelt het de slimme onderstations in staat onafhankelijk te blijven opereren als een deel van netwerk uit zou vallen, en levert daarmee een positieve bijdrage aan de stabiliteit van het energiesysteem.

Deze toepassing van 5G is nieuw en nog niet eerder met succes gedemonstreerd. Het project wordt naar verwachting in 2023 afgerond.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Open Data & APIs

Verbetering beschikbaarheid databronnen jaagt innovatie aan

- Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Open data en APIs (Application Programming Interfaces) bevorderen het op grote schaal beschikbaar en toegankelijk maken van gegevens. Hierin zijn ze complementair: open data is een concept dat de openbaarheid van data regelt, vaak onder een licentie die al dan niet perken stelt aan hoe de data gebruikt mag worden; een API is een manier om data beschikbaar te maken (of te gebruiken).

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Toezichthouders
- Marktplatforms
- Leveranciers van hard- en software

Impact op het energiesysteem

Door de toegankelijkheid van data te verbeteren, bijvoorbeeld door APIs te standaardiseren of datasets gestructureerd te publiceren, zijn meer partijen in staat om deze data op een nuttige manier aan te wenden. Dit werkt marktbevorderend waar het wholesalemarkten betreft, maar stelt ook onderzoekers in staat om bestaande systemen nauwkeuriger na te bootsen en zo tot betere oplossingen te komen. Standaardisering maakt het daarnaast mogelijk om nieuwe diensten aan te bieden, bijvoorbeeld verbruiksapps die huishoudens inzicht geven in hun elektriciteitsproductie en –verbruik.

Relevantie voor referentiearchitectuur

De openbaring van data vereist afspraken over welke data hoe en wanneer geopenbaard mag of moet worden en hoe deze data gebruikt mag worden (i.e. onder welke licentie deze wordt gepubliceerd). Waar het gevoelige informatie betreft moet juist voor een adequaat aggregatieniveau gezorgd worden om te voorkomen dat data herleidbaar is tot de precieze bron. De beschikbaarheid van data maakt nieuwe businessmodellen mogelijk, of stelt partijen in staat om producten en diensten beter af te stemmen op de afnemer. APIs maken daarnaast verschillende geautomatiseerde processen mogelijk, wat de toepassing van andere innovaties mogelijk maakt.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Open Data & APIs

Verbetering beschikbaarheid databronnen jaagt innovatie aan

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

9

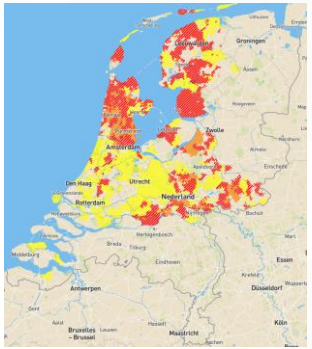
Meer informatie

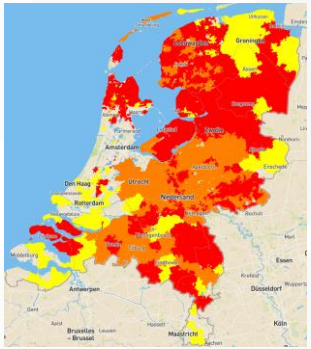
- Website van Open Power System Data, een Duits initiatief (voornamelijk gericht op academici) om met minder moeite beter vergelijkbare simulatiestudies op te zetten
- Pagina van ACER (de Europese koepelorganisatie voor toezichthouders) over REMIT, een open data vereiste in de groothandel voor energie
- Inspire, een Europese standard voor open data in de ruimtelijke ordening, gebruikt door de netbeheerders
- PDOK, een platform met geografische informatie waaronder door de netbeheerders gepubliceerde asset-data

De innovatie in de praktijk

De Nederlandse distributienetbeheerders bieden sinds enkele jaren een deel van hun data geanonimiseerd aan via verschillende webportals. Zo publiceren zij data over de groot- en kleinverbruikersaansluitingen, de liggingsplaats van leidingen in de grond, en de locatie van bijvoorbeeld onderstations of transformatorhuisjes. Hiermee kunnen bijvoorbeeld aannemers bij graafwerkzaamheden gebruik maken van deze publieke data om zo graafschade te voorkomen. Dit vermindert de kans op ongeplande overlast bij omwonenden en verhoogt de veiligheid van de uitvoerenden.

Ook operationeel delen de netbeheerders steeds meer informatie. Om de krapte op de lagere netvlakken inzichtelijk te maken voor ontwikkelaars presenteren zij sinds 2021 de transportcapaciteit via kleurgecodeerde kaarten die in een oogopslag inzichtelijk maken waar nog ruimte op het netwerk is voor nieuwe aansluitingen.





Capaciteitsoverzichten voor afnemen (links) en invoeden (rechts) in maart 2022 (https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Privacy & Security by Design

Veiligheid en vertrouwen zijn essentiële bouwstenen voor digitalisering

- ☑ Technisch
- ☑ Sociaal
- ☐ Economisch

Beschrijving

Privacy & Security by Design is een ontwerp- en ontwikkelmethode voor informatiesystemen waarbij de privacy en databeveiliging van gebruikers centraal staat. De aandacht voor privacy & security blijft tijdens de gehele levensduur van het systeem bestaan. Het doel is de beveiliging van persoonsgegevens te optimaliseren.

Privacy- en beveiligingskwesties gaan niet alleen over techniek, maar stellen ook eisen aan procedures, processen, beleid en meer. Bescherming van privacy en beveiliging van data is een continu proces, door onder andere schuivende opvattingen over privacy en steeds geavanceerdere cyberaanvallen.

Domeinen, rollen, systemen

- Market operators en facilitators
- Technologiebedrijven en toeleveranciers
- Energieleveranciers
- Consumenten
- Betreft gas, elektriciteit, warmte en hun toepassingen in o.a. wonen en mobiliteit

Impact op het energiesysteem

Ons energiesysteem is in toenemende mate afhankelijk van de inzet van data. Deze data wordt deels door consumenten gegenereerd, denk aan slimme meter data maar ook aan setpoints voor slimme thermostaten en EVs, op basis waarvan de inzet van o.a. vraagsturing gepland kan worden. Data dient veilig opgeslagen en verwerkt wordt en alleen gebruikt wordt voor het doel waarvoor het beschikbaar is gesteld. Consumenten moeten eenvoudig kunnen verifiëren dat dit het geval is. Consumenten zullen alleen vrijwillig data delen als hieraan voldaan is en zij verstrekte toestemming op elk moment in kunnen trekken. Privacy & Security by Design helpt bij de realisatie van betrouwbare en vertrouwde informatiesystemen die de digitalisering van het energiesysteem mogelijk maken.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Privacy & Security Design principes gelden in gelijke mate voor het energiesysteem als geheel, als voor individuele (informatie)systemen en zullen meegenomen moeten worden bij het ontwerp van een referentiearchitectuur, met name voor de domeinen, rollen en systemen waar informatie-uitwisseling met of over (individuele) consumenten plaats vindt.

Deze elementen van de referentiearchitectuur zullen voldoende flexibel en adaptief ontworpen en geïmplementeerd moeten worden om snel aangepast te kunnen worden aan veranderende juridische, sociale en technische eisen.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Privacy & Security by Design

Veiligheid en vertrouwen zijn essentiële bouwstenen voor digitalisering

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- General Data Protection Regulation van de EU
- Public Stack, een initiatief voor democratische, duurzame digitale ruimtes
- Legal Protection by Design in the Smart Grid, studie naar privacy, databescherming en transparantie
- EU Horizon 2020 Flex4Grid (zie hiernaast)

De innovatie in de praktijk

Flex4Grid (Prosumer Flexibility Services for Smart Grid Management)

Het Horizon 2020 project Flex4Grid, met deelnemers uit Duitsland, Slovenië en Slowakije, heeft een open data- en serviceraamwerk ontwikkeld dat een nieuw concept mogelijk maakt voor het beheer van de flexibiliteit van de vraag en opwekking van prosumenten, gebruikmakend van Cloud computing voor het beheer van het elektriciteitsnet en het openen van DSO-infrastructuur voor aggregatordiensten.

Privacy en security zijn op een integrale manier aangepakt bij het ontwerp en de implementatie van het systeem, door onder andere gebruik te maken van:

- Een dynamisch identiteitsbeheersysteem waarmee identiteiten on-the-fly kunnen worden gegenereerd onder controle van de eindgebruiker.
- Identiteit federatie door ondersteuning van trust en key management voor derden.
- Geavanceerde veilige en privacy-aware toegangscontrole tot Cloud-opslagdiensten voor slimme meterdata om zo de kloof tussen het IoT en Cloud-ecosysteem te overbruggen

Het systeem is gevalideerd in twee pilots met samen drie elektriciteitsnetwerken. Verschillende scenario's zijn getest, van implementatie tijdens de uitrol van slimme meters en retrofitten tot grootschalige operatie en demonstratie van pilots op meerdere locaties.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

User-centric Design

Het plaatsen van eindgebruikers in het hart van het ontwikkelproces

- Technisch
- ✓ Sociaal
- Economisch

Beschrijving

User-centric design is een methode van productcreatie die de eindgebruiker centraal stelt in het ontwerpproces. Hierdoor kan de gebruiker het product in elke stap van het maakproces valideren. Iteratie, evenals frequente feedback van de gebruiker, helpt ervoor te zorgen dat producten met succes worden aangenomen door te bevestigen welke functies en interactiepunten wenselijk en succesvol zijn en welke niet. De stappen omvatten het identificeren van de gebruikersbehoefte en de context (wie zijn de gebruikers, welk probleem zal het product oplossen en hoe zullen ze met het product omgaan?), het specificeren van vereisten (definiëren van de granulaire behoeften van het product) en het presenteren en evalueren van ontwerpoplossingen (bruikbaarheidstests).

Domeinen, rollen, systemen

- Leveranciers
- Esco's
- Digitale technologie leveranciers
- Leveranciers van slimme energie hardware en diensten (thermostats, meters)
- aggregators

Impact op het energiesysteem

Het energiesysteem verandert snel. Gecentraliseerde opwekking wordt afgebouwd en decentrale energiebronnen nemen toe. Tegelijkertijd komt er ook steeds meer variabele, hernieuwbare opwekking. Ook zien we een verschuiving naar elektrische mobiliteit en daarmee een stijgende behoefte aan netwerkversterking.

Klantflexibiliteit is een belangrijk middel om deze effecten van de energietransitie af te vlakken, maar de meeste consumenten zijn passieve energiegebruikers. Daarom zal gebruikersgericht ontwerp een integraal onderdeel zijn om consumenten zich te laten gedragen op een manier die voor hen de laagste kosten met zich meebrengt en de overgang inclusief gedigitaliseerde tools en gemakkelijk te begrijpen en diensten om hen te helpen energie te verbruiken wanneer het overvloedig en goedkoop is.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Consumenten worden steeds meer actieve gebruikers in het energiesysteem in plaats van passieve gebruikers. Energie zal niet langer eenvoudigweg van punt A naar punt B gaan, maar in plaats daarvan zullen eindgebruikers een nieuwe en invloedrijke rol krijgen. Actievere consumenten kunnen ervoor kiezen om meer controle uit te oefenen over hun eigen opwek en hoe en wanneer ze energie gebruiken. Bijgevolg zullen succesvolle gebruikersgerichte ontworpen producten en diensten het vermogen van de klant om deel te nemen aan een gedecentraliseerd, flexibel systeem verbeteren en kan het de schaal van de rol van klanten bepalen. Kortom, een goed gebruikersgericht ontwerp van flexibele producten en diensten kan consumenten beïnvloeden om betrokken te raken en een grotere rol te spelen.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

User-Centric Design

Het plaatsen van eindgebruikers in het hart van het ontwikkelproces

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

Meer informatie

- Wikipedia pagina voor User-centered design
- AdobeXD pagina voor User Centered Design Principles & Methods
- Project: Harnessing Effective Radiation Solutions with Comfortable Heated Energy Levels
- Project: Proeftuin Intelligente Netten Heijplaat
- Project: Socially Green
- Project: Guru Engage (page 17)

De innovatie in de praktijk

Google Nest Thermostaat

Een goed voorbeeld van User-Centric design is de Google Nest termostaat. De merknaam Nest was oorspronkelijk eigendom van Nest Labs, mede opgericht door voormalige Apple-ingenieurs. Het eerste en product van het bedrijf was de Nest Learning Thermostat, geïntroduceerd in 2011. Net zoals vele andere producten van Nest is deze thermostaat programmeerbaar, zelflerend, sensorgestuurd en te verbinden via WiFi.

De Nest Thermostat is een elektronische, programmeerbare en zelflerende WiFi-compatibele thermostaat die de verwarming en koeling van huizen en bedrijven optimaliseert om energie te besparen. Het is gebaseerd op een machine learning-algoritme: de eerste weken moeten gebruikers de thermostaat regelen om de referentiegegevensset te leveren. Nest kan dan de schema's van mensen leren kennen. Met behulp van ingebouwde sensoren en de locaties van telefoons kan het systeem overschakelen naar een energiebesparende modus wanneer niemand thuis is.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Utility as a Platform

Transformatie van leveranciers en netbeheerders naar een “one-stop-shop” model

- ☑ Technisch
- ☐ Sociaal
- ☑ Economisch

Beschrijving

Energie- en nutsbedrijven ontwikkelen een Utility-as-a-Platform model door diverse nieuwe producten en diensten (bijvoorbeeld zonne-installaties, warmtepompen, opslagsystemen, slimme thermostaten, energiezuinige apparaten, isolatie, EV oplaadsystemen, etc) aan hun klantenbestand aan te bieden.

Met steeds meer gedetailleerde klantgegevens tot hun beschikking zijn energie en nutsbedrijven goed gepositioneerd om nieuwe inkomstenstromen te ontwikkelen.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Aggregators
- Energieleveranciers
- Market operators
- Alle domeinen waar een vorm van interactie met eindgebruikers is

Impact op het energiesysteem

Hoewel er misschien nieuwe toetreders op de energiemarkt zijn die aan de rand van de waardeketen van nutsbedrijven opereren, is het duidelijk dat het zenuwcentrum van onze steeds veranderende samenleving wordt aangedreven door traditionele leidingen en draden. Deze kritieke infrastructuur vereist voortdurende innovatie en investeringen om aan de eisen van het 'nieuwe normaal' te voldoen. Het feit blijft dat het traditionele nutsbedrijf goed gepositioneerd is om de uitdagende opkomende sociale veranderingen te accepteren en aan te gaan.

De toekomst van de industrie hangt af van wat bedrijven nu doen om een Utility Platform Player te worden, waardoor een gedecentraliseerd, digitaal gedreven energie-ecosysteem van de toekomst mogelijk wordt.

Relevantie voor referentiearchitectuur

In het Utility-as-a-Platform concept komen veel datastromen samen. Deze data zal deels door actoren in het energiesysteem gegeneerd moeten worden en deels moeten worden geïmporteerd uit externe bronnen. In een referentiearchitectuur zal daarom aandacht besteed moeten worden aan welke datastromen door welke actoren gegenereerd zouden moeten worden, en welke standaarden voor data-uitwisseling ondersteund moeten worden om de verdere ontwikkeling van de Utility as a Platform mogelijk te maken.

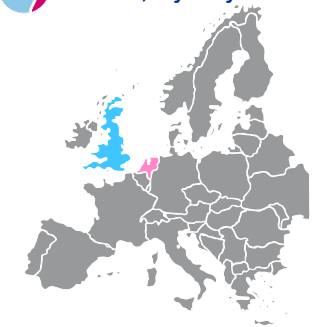
 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Utility as a Platform

Transformatie van leveranciers en netbeheerders naar een “one-stop-shop” model

Kaart, tijdslijn en TRL



Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

7

Meer informatie

- Reimagining the utility
- The Utility Platform Player in an Era of Decentralization
- Utility Platform Business Model in Electricity Journal
- Deskundige servicepartners | Essent
- 100% groene stroom en duurzame oplossingen | DELTA Energie

De innovatie in de praktijk

DELTA Energie

Delta Energie helpt haar klanten bij het zetten van stappen naar een CO_2-neutraal en duurzamer leven. Deze leverancier biedt naast groene stroom en groen gas ook inzicht in het energieverbruik en gedegen advies om te besparen. Samen met betrouwbare en ervaren partners biedt Delta Energie ook praktische oplossingen zoals zonnepanelen, cv-ketels en laadpalen voor elektrische auto’s. Naast energie producten en diensten levert Delta ook internet, televisie, telefoon (vast en mobiel).

Essent: Samen met onze servicepartners alles in huis

Stroom en gas leveren is waar Essent om bekend staat, maar deze leverancier biedt een omvangrijk spectrum van servicepartners aan. Onder de Essent-vlag isoleren energiemonteurs over het hele land woningen, installeren en onderhouden cv-ketels, monteren zonnepanelen en plaatsen warmtepompen.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Virtuele synchrone generatoren

Een elektriciteitssysteem zonder trage massa vereist nieuwe manieren van stabilisering

- ☑ Technisch
- Sociaal
- Economisch

Beschrijving

Om de stabiliteit van het elektriciteitsnetwerk te handhaven zijn roterende massa's van thermische centrales momenteel essentieel. Naar mate elektriciteit meer uit nieuwe energiebronnen komt zullen er steeds minder thermische centrales draaien, en zijn andere bronnen van stabiliteit nodig.

Synthetische vervangers van fysieke traagheid kunnen een vergelijkbare stabiliteit leveren door met een elektrische installatie op zeer korte termijn (vaak binnen een seconde) te reageren op fluctuaties in het netwerk.

Domeinen, rollen, systemen

- Producenten van vermogenselectronica
- Netbeheerders
- Partijen die energie opwekken/opslaan

Impact op het energiesysteem

De beschikbaarheid van synthetische stabiliteitsproducten verlaagt de afhankelijkheid van thermische centrales en maakt de weg vrij voor een hogere penetratie van hernieuwbare bronnen die deze stabiliteit niet van nature kunnen leveren. Door het verminderen van de must-run capaciteit worden thermische centrales minder vaak gedispatched wanneer ze economisch niet rendabel zijn, wat de netwerkkosten verlaagt.

Relevantie voor referentiearchitectuur

Netbeheerders zullen in bepaalde mate synthetische stabiliteit nodig hebben. Deze moeten zij ofwel zelf in beheer hebben, ofwel moeten verkrijgen van marktpartijen en kunnen aansturen. Dit vereist allereerst een regulerend kader: mag de netbeheerder hiervoor installaties in beheer hebben? Waar de huidige marktinrichting georiënteerd is op het verkrijgen van diensten door netbeheerders bij aangeslotenen zou dat immers kunnen veranderen als hier geen grote centrales meer voor nodig zijn. Daarnaast zijn productdefinities en marktstructuren nodig om deze producten aan te bieden, en standaarden voor communicatie en bemetering om deze diensten op zeer korte termijn (sneller dan enig bestaand product) in te zetten, en deze inzet te verifiëren.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Virtuele synchrone generatoren

Een elektriciteitssysteem zonder trage massa vereist nieuwe manieren van stabilisering

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

8

Meer informatie

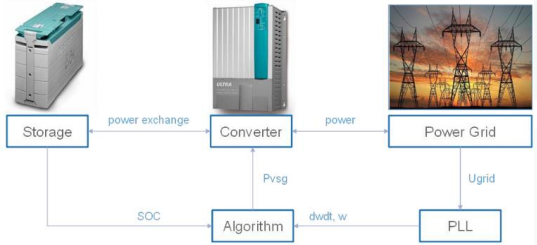
- Nieuwsbericht van National Grid over de uitrol van VSGs in Groot-Britannië
- Projectpagina van het Duitse project ReserveBatt
- Projectpagina van het TSE project Smart Balance
- ActiveGrid | H2020 | CORDIS | European Commission (europa.eu)

De innovatie in de praktijk

In Nederland ontwikkelden TNO en enkele industriële partners een systeemarchitectuur en sturingsalgoritmes voor een virtuele synchrone generator bestaande uit een combinatie van zon PV en batterijopslag. Deze installatie levert zowel frequentie-ondersteuning aan het gehele net als spanningsregeling aan het lokale net door de omvormers slim aan te sturen.

Een Duits consortium onder leiding van TU Clausthal ontwikkelde tussen 2017-2021 een opslagsysteem dat synthetische traagheid levert op distributienetniveau. Hierbij lag de focus op het ontwikkelen van de benodigde hardware en aansturingssoftware voor het opslagsysteem, maar was er ook aandacht voor het definiëren van de use cases en businessmodellen.

In Groot Brittannië wordt door de netbeheerder Dynamic Containment (frequentieondersteuning binnen 1 seconde) sinds eind 2021 succesvol ingekocht bij aangeslotenen. Doordat de synchrone regio veel kleiner is dan continentaal Europa is het nog belangrijker voor de netbeheerder om snelle reserves ter beschikking te hebben in het geval van frequentieverstoringen.



Schematische weergave van de VSG in het Smart Balance project (eindrapportage TNO)

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

X-as-a-Service

XaaS is een algemene, collectieve term voor het leveren van iets als een service.

- ☑ Technisch
- ☐ Sociaal
- ☑ Economisch

Beschrijving

XaaS verwijst naar de levering van een digitaal of fysiek product in bijvoorbeeld een abonnementsvorm, waarbij de gebruiker niet (eenmalig) een product afneemt maar de leverancier op kostenefficiënte wijze probeert te voorzien in een behoefte. Dit is reeds een populair model voor software, maar kent ook in andere domeinen mogelijk toepassingen, waaronder de energiesector. Zo kan een combinatie van energie en energiebesparende maatregelen geleverd worden zonder dat eindgebruikers een grote investering hoeven te doen, of kunnen er diensten voor on-demand data-analyse ontstaan.

Domeinen, rollen, systemen

- Netbeheerders
- Aggregators
- Energieleveranciers
- Market operators
- Alle domeinen waar een vorm van interactie met eindgebruikers is
- Alle (interne) systemen die door digitalisering veranderen

Impact op het energiesysteem

Nutsbedrijven bevinden zich midden in een fundamentele transformatie van unidirectionele energieleveranciers naar energienetwerkbeheerders, operationele controllers en technologieleveranciers.

Naarmate de verantwoordelijkheden en verwachtingen van nutsbedrijven groeien, zal er een evolutie in de adoptie van innovatieve bedrijfsmodellen plaatsvinden. Misschien wel het meest impactvolle nieuwe bedrijfsmodel voor nutsbedrijven is het "X as a service"-model. Historisch gezien voornamelijk aangeboden door softwareleveranciers in de vorm van software as a service, zou een XaaS-model voor grid-specifieke softwaretoepassingen, gegevensbeheer en bedrijfsprocessen nutsbedrijven dynamische voordelen kunnen bieden in vele aspecten van hun kernactiviteiten.

Relevantie voor referentiearchitectuur

XaaS-modellen voor energie sector specifieke softwaretoepassingen, gegevensbeheer en bedrijfsprocessen zijn in opmars en bieden veel voordelen voor een groot aantal actoren in de waardeketen. In een referentiearchitectuur zal daarom aandacht besteed moeten worden aan welke datastromen door welke actoren gegenereerd zouden moeten worden, en welke standaarden voor data-uitwisseling ondersteund moeten worden om de verdere ontwikkeling van de XaaS mogelijk te maken.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

X-as-a-Service

XaaS is een algemene, collectieve term voor het leveren van iets als een service.

Kaart, tijdslijn en TRL

Land en jaar belangrijke innovatieprojecten

- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017
- 2018 - 2019
- 2020 - 2021
- > 2021

Huidige TRL
(Inschatting)

6

Meer informatie

- As a service - Wikipedia
- XaaS: Het 'Anything as a Service' model (met 10 voorbeeldcategorieën) (kinsta.com)
- The Rise of Anything as a Service (XaaS): The New Hulk of Cloud Computing | by Nutanix | Medium
- Equans: heat as a service (zie ook hiernaast)
- Heat as a Service in het VK (zie ook hiernaast)

De innovatie in de praktijk

In de praktijk zien we nieuwe innovatieve vormen van energie dienstverlening ontstaan. Zo biedt het Belgische bedrijf Equans “Heat as a Service” aan eigenaren van appartementsgebouwen. Heat as a Service is een nieuwe oplossing voor eigenaren van appartementen. De gemeenschappelijke verwarmingsinstallatie van het gebouw wordt vernieuwd, maar de eigenaren betalen enkel een variabele prijs voor de gebruikte warmte. Dit wordt middels een all-in contract geregeld waarbij de serviceprovider verantwoordelijk is voor het beheer van de verwarmingsinstallatie.

In het VK zijn vergelijkbare initiatieven. De Britse bedrijven Bristol Energy en Baxi Heating werken samen met Energy Systems Catapult om een pilot te starten met de verkoop van 'heat-as-as-service', in een beweging die de weg vrijmaakt voor de koolstofarme retrofit-revolutie. Energy Systems Catapult creëerde een Heat-as-a-Service-aanbod genaamd een 'Heat Plan' - waarbij consumenten in plaats van eenheden energie (kWh) te kopen, uren warmte in hun huis kopen - genaamd ‘Warm Hours’.

Als onderdeel van de pilot leverde Energy Systems Catapult zijn Living Lab - waar 100 huizen verspreid over Newcastle, Manchester, de West Midlands, Gloucestershire en Bridgend in Wales - werden uitgerust met ‘slimme verwarmingssystemen’ die kamer-voor-kamer temperatuurregeling en een schat aan gegevens over consumentengedrag en de thermische prestaties van het huis bieden.

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Conclusies

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Conclusies

- Het merendeel van de onderzochte innovaties is tot stand gekomen in (internationale) consortia. Dit is inherent aan wat innovatie is: het combineren of toepassen van bestaande technologieën, methodes, processen of systemen tot iets nieuws. Samenwerking is hiervoor een productief middel. De manier waarop innovatie vanuit de publieke sector ondersteund wordt onderkent en versterkt dit.

- Ons energiesysteem digitaliseert snel. Veel digitale innovaties in het energiedomein veranderen processen, systemen, diensten en producten door de hele energiewaardeketen heen. Het aantal innovaties lijkt te correleren met de fijnmazigheid van het netwerk: we zien meer innovaties die eindgebruikers en laagspanning netwerken raken dan op hoogspanningsniveau. Dit is (deels) te verklaren dat hier in relatieve zin ook de meeste nieuwe dynamiek op het netwerk te verwachten is.

- Digitalisering is een ingrijpende en onomkeerbare ontwikkeling. Een groot deel van ons energiesysteem is al verregaand gedigitaliseerd - van vergelijkingssites voor consumenten tot het uitlezen van slimme meters tot marktprocessen voor inzet van flexibiliteit.

- Daarnaast zien we veel innovaties met een relatief hoge TRL, wat betekent dat we mogen verwachten dat deze de komende jaren marktrijp worden en op grote schaal toegepast gaan worden. Een toekomstbestendige integratie van deze innovaties is cruciaal om met vertrouwen de benodigde investering te kunnen doen en lock-in te voorkomen.

- Er lijkt daarom behoefte aan een referentiearchitectuur waarmee bestaande en toekomstige digitale innovaties beter ingepast kunnen worden, en die eenduidig richting geeft aan stakeholders over hoe deze innovaties ingezet kunnen worden om de transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem te faciliteren.

- Veel digitale innovaties zijn afhankelijk van toegang tot (gedetailleerde) gegevens van de consumenten. Bij het ontwerpen van de referentiearchitectuur moet dan ook voldoende aandacht worden besteed aan de beperkingen en eisen die voortvloeien uit Europese en nationale regels (o.a. EU-elektriciteitswetgeving, GDPR, Data Governance Act, Data Act, AI Regulation, e-Privacy Regulation).

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Conclusies

- Duidelijk is ook dat nationale wet- en regelgeving van belang is voor de ontwikkeling van digitale innovaties in de sector en daarmee ook richtinggevend voor een referentiearchitectuur. Daarbij is doorslaggevend dat wet- en regelgeving voldoende ruimte biedt voor innovatie en om zo een meer sturend mechanisme te kunnen ontwerpen met voldoende flexibiliteit. De innovatieruimte is in het verleden soms te complex gebleken om er optimaal gebruik van te maken. Daarnaast dient ook de harmonisatie van Europese regelgeving als een belangrijke drijvende kracht van innovatie te worden gezien, o.a. door middel van samenwerking op Europese schaal en de ontwikkeling van internationale handelsplatformen.

- Tot slot: elektrificatie is een van de grote trends in de energietransitie maar zonder (groene) moleculen gaat het niet lukken op tijd CO_2-neutraal te worden, waarbij de netwerken en waardeketens van de verschillende energiedragers steeds meer verbonden worden. Om dit te bereiken zijn er ook innovaties aan de gas- en warmtekant nodig maar dit zien we vooralsnog maar beperkt terug, o.a. omdat de noodzaak tot flexibilisering in die markten veel minder aanwezig is (in vergelijking met de meer volatiele elektriciteitsmarkt).

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Appendices

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Technology Readiness Level (TRL)

Categorie	Niveau	Omschrijving
Fundamenteel onderzoek	1	Fundamenteel onderzoek
Industrieel onderzoek	2	Toegepast onderzoek
	3	Proof of concept
	4	Implementatie en test prototype
Experimentele ontwikkeling	5	Validatie prototype
	6	Demonstratie prototype in testomgeving
	7	Demonstratie prototype in operationele omgeving
	8	Product/ dienst is compleet en operationeel
Marktintroductie	9	Marktintroductie product/dienst/procedé

Bron: Europese Commissie, Horizon 2020

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa

Expert interviews

Overzicht expertinterviews

Organisatie		naam	functie
	Catapult Energy Systems	R. Dobson	Lead Author EDiT and Data Systems Practice Manager
	ENA	R. Brazier	Director, Innovation and Electricity Systems
	Erasmus Centre for Data Analytics	Y. Ghiassi-Farrokhfal	Academic Director
	Fraunhofer ISE	A. Bett C. Wittwer	Directors Fraunhofer ISE
	Synergrid	P. Reyniers	Secretaris Generaal
	TNO unit Energietransitie	B. Hakansson M. Emde	Programma manager digitale infrastructuur Principal Business Consultant
	Topsector Energie (RVO)	H. Veldkamp	Directeur Programma Digitalisering

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Begrippenlijst / lijst met afkortingen

Afkorting	Betekenis
ADMS	Advanced Distribution Management Systems
aFRR	Automated Frequency Restoration Reserve
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
CGM	Common Grid Model
CGMES	Common Grid Model Exchange Specification
CIM	Common Information Model
DERMS	Distributed Energy Resources Management Systems
DevOps	samentrekking van "development" en "operations"
DLT	Distributed Ledger Technology
DSO	Distribution System Operator
EMS	Energy Management System
ESCO	Energy Service Company
ESDN	Energie Data Services Nederland

Afkorting	Betekenis
IEC	International Electrotechnical Commission
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
ML	Machine Learning
NGO	Non-Governmental Organization
NREL	National Renewable Energy Laboratory
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
SCAP	Security Content Automation Protocol
STIX	Structured Threat Information Expression
TAXII	Trusted Automated Exchange of Intelligence Information
TRL	Technology Readiness Level
TSE	Topsector Energie
TSO	Transmission System Operator
TYNDP	Ten Year Network Development Plan
VPP	Virtual Power Plant

 Copyright © Baringa Partners LLP 2022. All rights reserved. This document is subject to contract and contains confidential and proprietary information.

Baringa