

Digitaliseringsagenda Energietransitie 2020-2035

TNO Whitepaper, December 2019

Contact: michel.emde@tno.nl

Michel Emde
George Huitema
Mente Konsman
Edwin Matthijssen
Aliene van der Veen
Richard Westerga
Wilco Wijbrandi

Digitale innovatie laat het toekomstige energiesysteem functioneren

In de komende jaren is digitale innovatie nodig om te zorgen dat het energiesysteem operationeel blijft draaien op een manier die robuust en efficiënt is en geaccepteerd blijft door gebruikers. De ontwikkelingen van het energiesysteem geven nieuwe uitdagingen om het energiesysteem operationeel te managen waarbij nieuwe mechanismen nodig zijn om het systeem te regelen en operationeel “in control” te laten blijven. Realisatie van deze regelmechanismen vereist in de praktijk een hoge mate van digitalisering.

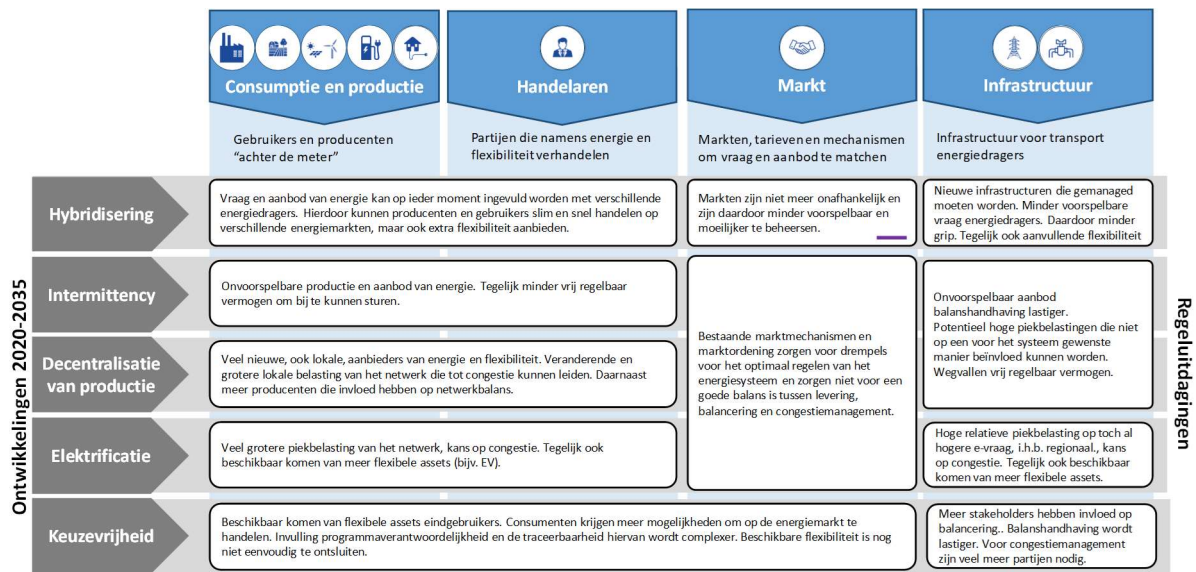
Dit TNO Whitepaper gaat nader in op toekomstige ontwikkelingen van het energiesysteem, de gerelateerde operationele uitdagingen en de daarvoor essentiële digitale innovaties in het energiesysteem. Dit resulteert in een digitaliseringsagenda voor het veranderende energiesysteem 2020-2035.

De gepresenteerde innovatieonderwerpen geven stakeholders inzicht in welke onderwerpen, gezien het belang en de urgentie voor het energiesysteem, opgepakt moeten worden en wanneer. De verschillende thema's adresseren belangrijke integrale onderwerpen en zijn daarmee onderdeel van de kennisroadmaps van TNO.

1 Digitalisering is essentieel voor de energietransitie

Het energiesysteem is ingrijpend aan het veranderen. Er is veel aandacht voor hoe het toekomstige energiesysteem eruit zou moeten zien. Veelal betreft dit het ontwerp van het energiesysteem: welke energiedragers gaan voor welk doel ingezet worden, waar plaatsen we windmolens, gaan we waterstof of elektriciteit transporteren vanaf de Noordzee naar land, welke infrastructuur is er nodig. Naast deze uitermate belangrijke vragen voor komende investeringsbeslissingen is het cruciaal dat het veranderende energiesysteem ook operationeel “in de lucht gehouden” moet worden. Hiervoor is operationeel management nodig. Dit omvat alle processen en mechanismen die ervoor zorgen dat, onder andere, vraag en aanbod geregeld en afgestemd worden, dat netwerken niet overbelast raken en dat de kwaliteit van de (daadwerkelijke) energielevering op peil blijft. Veel van dit regelwerk is in Europa ingericht via marktmechanismen waarmee zaken administratief afgestemd worden, maar om te zorgen dat er gebeurt wat er gebeuren moet zijn er “achter de schermen” allerlei aanvullende mechanismen ingericht. Digitalisering speelt een zeer grote rol, zowel bij het inrichten van marktmechanismen als bij deze aanvullende mechanismen.

Gedurende de energietransitie gaat er veel veranderen in het energiesysteem. Dit brengt met zich mee dat huidige regelmechanismen niet meer voldoende zijn. Er zijn nieuwe en aangepaste mechanismen nodig. Digitale innovaties zijn daarbij onontbeerlijk om het energiesysteem operationeel gemanaged te houden. In Figuur 1 worden de belangrijkste ontwikkelingen in het energiesysteem met bijbehorende nieuwe regeluitdagingen voor verschillende groepen stakeholders weergegeven. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan, leidend tot een agenda voor digitale innovaties in de periode 2020 – 2035.



Figuur 1. Belangrijke ontwikkelingen in het toekomstig energiesysteem met gerelateerde operationele regeluitdagingen voor de verschillende groepen stakeholders.

1.1 Ontwikkelingen in het toekomstig Energiesysteem

De belangrijkste ontwikkelingen in het energiesysteem die een grote impact hebben op de operationele aansturing van het energiesysteem zijn:

- Hybridisering.** Bij hybride energiesystemen zijn meerdere energiedragers aan elkaar gekoppeld. Zo is bijvoorbeeld een hybride warmtepomp in staat om de warmtevraag in te vullen met elektriciteit of gas, of een combinatie van beiden. Een hybride energiesysteem hoeft zich niet te beperken tot een enkel apparaat, maar kan ook uit meerdere componenten bestaan, zoals een warmtenetwerk dat gevoed wordt uit meerdere bronnen (industriële restwarmte, Warmtekrachtkoppelingen (WKK) en warmtepompen). Een ander voorbeeld is de koppeling tussen elektriciteit en waterstof via electrolyzers. Hybride energiesystemen bieden gebruikers en operators de mogelijkheid om slim te handelen op meerdere markten om daarmee bijvoorbeeld kosten te minimaliseren, of opbrengsten te maximaliseren. Daarnaast kunnen hybride energiesystemen een belangrijke rol spelen in het toekomstig energiesysteem als belangrijke bron van flexibiliteit.
- Intermittency.** Het aandeel hernieuwbare energie zal in het toekomstig energiesysteem sterk groeien. Hernieuwbare energiebronnen zoals PV en wind hebben echter de eigenschap dat hun productie niet vrij regelbaar is waardoor het moeilijker te voorspellen is wanneer en hoeveel energie er opgewekt gaat worden. Ook zal het voorkomen dat er veel energie opgewekt wordt op momenten dat er weinig vraag is, of dat er juist weinig energie geproduceerd wordt op het moment dat de vraag hoog is. Deze zogenoemde intermittency leidt tot groeiende onbalans in het energiesysteem. Traditioneel werd onbalans opgelost met fossiel reservevermogen van bijvoorbeeld gascentrales. Dit zogenaamde vrij regelbare vermogen zal echter juist sterk afnemen. Dit betekent dat in het toekomstige energiesysteem vraag en aanbod veel flexibeler op elkaar afgestemd moet kunnen worden.
- Decentralisatie van productie.** De productie van energie vindt niet langer alleen plaats in grote centrales, maar krijgt steeds meer een gedistribueerd karakter. Hierbij kan uiteraard gedacht worden aan PV en wind, maar ook aan decentrale fossiele bronnen zoals warmtekrachtkoppelingen. Op het moment dat veel van de huidige energie-infrastructuur werd ontworpen kon deze ontwikkeling nog niet worden voorzien. Het gevolg is dat er lokaal

steeds meer congestie- en capaciteitsproblemen ontstaan door het aansluiten van decentrale producenten op het energienetwerk.

- **Elektrificatie.** Toepassingen waarvoor traditioneel fossiele brandstoffen werden gebruikt schakelen steeds meer over op elektriciteit. De belangrijkste toepassingen waarvoor dit geldt zijn verwarmen en mobiliteit. Bij verwarmen zullen gasgestookte installaties voor een groot deel worden vervangen door elektrische warmtepompen en warmtenetten met (deels) duurzame elektrische bronnen. Mobiliteit zal met een groeiend aandeel EV worden ingevuld. Ook in dit geval geldt dat het huidige energienetwerk hier niet op ontworpen is en er steeds vaker congestie zal optreden wanneer hier niet slim mee wordt omgegaan. Tegelijkertijd kan EV bijvoorbeeld ook worden ingezet als bron van flexibiliteit.
- **Keuzevrijheid.** Consumenten hebben nu alleen de vrijheid om hun eigen energieleverancier te kiezen, maar het aanbod van energie en flexdiensten waaruit de consument kan gaan kiezen zal groeien door nieuwe spelers in het energiedomein zoals ESCo's (*Energy Service Companies*) en aggregators. Naast het groeiende dienstaanbod krijgt de consument ook meer rechten. Zo is in het Europese Clean Energy Package vastgelegd dat consumenten zelf rechtstreeks op energiemarkten mogen gaan handelen. Consumenten kunnen zich ook verenigen in Energy Communities waarbinnen onderling energiediensten aangeboden en afgenomen mogen worden. Om te voorkomen dat de consument met deze nieuwe diensten en rechten door de bomen het bos niet meer ziet, is het ook belangrijk dat hij/zij meer inzicht krijgt in de eigen (on)mogelijkheden. Hier kunnen technologieën als “connected” apparaten en Home Energy Management Systemen (HEMS) een belangrijke bijdrage aan leveren.

Naast de bovenstaande ontwikkelingen die specifiek zijn voor het energiesysteem, ondergaat de gehele economie en maatschappij een digitale transitie. Hierbij kan gedacht worden aan het beschikbaar komen van steeds grotere hoeveelheden data, Internet of Things, AI, etc. Dergelijke technologieën maken het mogelijk om nieuwe diensten en business modellen te ontwikkelen. Deze digitale transitie zal zeker ook van grote invloed zijn op het energiesysteem van de toekomst.

1.2 Regeluitdagingen in het toekomstig Energiesysteem

De genoemde ontwikkelingen in het energiesysteem brengen nieuwe operationele regeluitdagingen die gedetailleerd worden weergegeven in Figuur 1.

In het algemeen staan voor het toekomstige energiesysteem apparaten en installaties niet meer alleen in dienst van de gebruiker om zijn energiebehoefte in te vullen. Waar mogelijk houden ze ook rekening met beschikbaarheid van energie en transportcapaciteit. Apparaten kunnen taken uitstellen, naar voren halen, energie tijdelijk opslaan of in sommige gevallen zelfs van energiedrager wisselen.

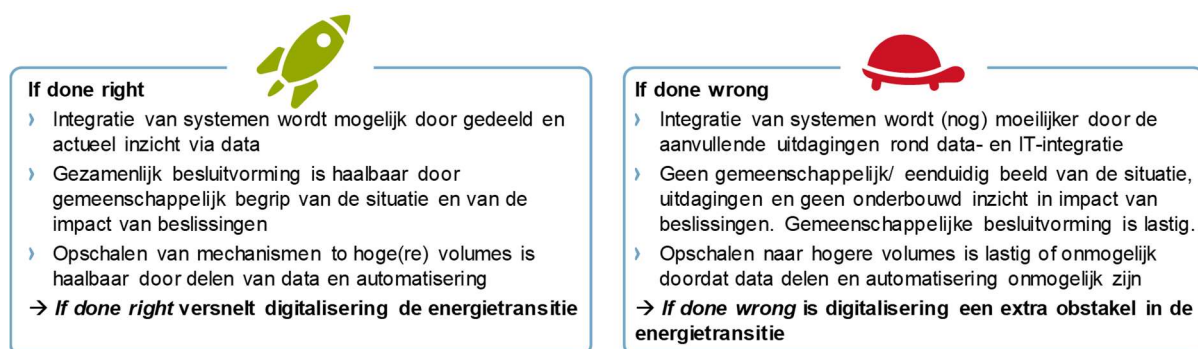
Niet alleen de verbruikers en opwekkers van energie, maar ook de energienetten zelf worden steeds slimmer. Op steeds meer plekken in het net worden metingen gedaan, en wordt er dynamisch geschakeld om de kwaliteit van de energiedrager optimaal te houden, de beschikbare capaciteit optimaal in te zetten en de levensduur van het net te verlengen. Ook worden netten aan elkaar gekoppeld om meer mogelijkheden voor balancering te creëren.

Om dit allemaal in goede banen te leiden moeten operationele systemen van energiepactijen, consumenten en verschillende organisaties samen gaan werken. Deze systemen moeten om kunnen gaan met de diversiteit van apparaten, verschillende belangen en met onzekerheden. Ook moeten ze kunnen schalen tot een nationaal niveau. Markten kunnen mogelijk gebruikt worden als regelmechanisme waarbij goed gedrag en innovatieve oplossingen financieel beloond worden. Bij

die markten horen ook goed gedefinieerde producten, duidelijke afrekeningen en *fallback-mechanismen* voor wanneer marktpartijen zich niet aan gemaakte afspraken houden of op momenten dat de markt niet liquide blijkt te worden. Dit alles moet op een doeltreffende en kosteneffectieve manier worden ingericht, zonder de betrouwbaarheid van ons energiesysteem in gevaar te brengen.

1.3 Digitalisering: versneller of obstakel?

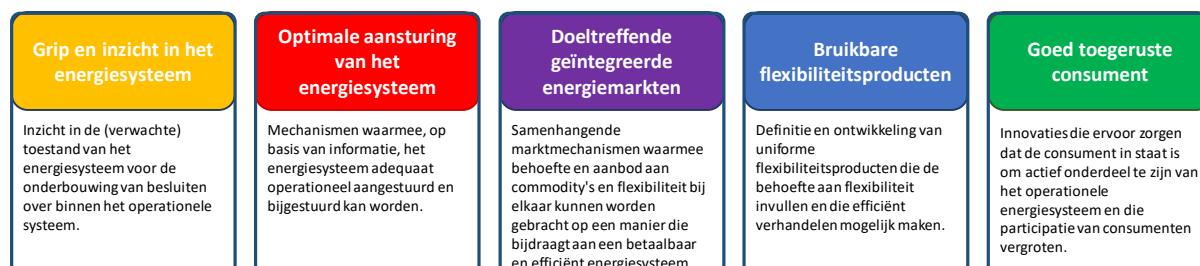
Digitalisatie is genoemd als een essentiële voorwaarde voor de energietransitie. Het is daarbij van groot belang dat de ontwikkeling van deze digitalisering met beleid gebeurt. Wanneer namelijk de ontwikkeling van digitalisering *doelgericht* doorgevoerd wordt kan dit een versnellende factor zijn voor de transitie. Daar tegenover staat dat *wildgroei* in digitalisering juist zorgt voor een aanvullend obstakel door zogenaamde *legacy*-problematiek. Immers digitalisatie in de vorm van informatie voor inzicht voor beslissingen en automatisering zijn essentiële ingrediënten van een soepel verlopende energietransitie. De inzichten die digitalisering kan brengen door informatie eenvoudig, veilig en eenduidig te kunnen delen zijn nodig voor het integreren en samen laten werken van systemen en om gezamenlijk onderbouwde beslissingen te nemen vanuit het gemeenschappelijke belang. Daarnaast zorgt automatisering ervoor dat allerlei mechanismen voor het operationeel management van het energiesysteem efficiënt en opschaalbaar zijn naar de (zeer) grote volumes waar we mee te maken krijgen. In Figuur 2 wordt dit toegelicht.



Figuur 2 Digitalisering kan de energietransitie versnellen. Dit vergt doordachte ontwikkeling. Anders ligt legacy problematiek op de loer die juist een extra obstakel vormt.

2 Digitaliseringsagenda 2020 -2035

In het vorige hoofdstuk is betoogd dat om bovengenoemde operationele regeluitdagingen in het toekomstig Energiesysteem in te vullen digitale innovaties nodig zijn. In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van een digitaliseringsagenda 2020 – 2035. Voor het overzicht zijn deze innovaties geclusterd in een vijftal thema's, zie Figuur 3. Deze thema's zijn respectievelijk gericht op technologie (geel: monitoring, rood: control), markt (paars), leveranciers (blauw) en consument (groen). In de volgende paragrafen worden deze thema's verder uitgewerkt tot een lijst van innovatie-onderwerpen.



Figuur 3 Thema's voor de digitale innovaties benodigd voor toekomstige regeluitdagingen.

Het eerste thema is “**Grip en Inzicht in het energiesysteem**” en is gericht op innovaties die bijdragen aan het verkrijgen van een beter inzicht in de (verwachte) toestand van het energiesysteem. Denk bijvoorbeeld aan het voorspellen van congestiepunten voor de komende uren. Op basis van dergelijke inzichten kunnen maatregelen en besluiten worden genomen die binnen de andere thema's operationeel gerealiseerd kunnen worden.

Het hebben van inzicht heeft vooral waarde als hier ook op geacteerd kan worden. Het thema “**Optimale aansturing van het energiesysteem**” richt zich op de technologie die dit mogelijk moet gaan maken. Eén van de centrale vragen daarbij is: wat is er allemaal nodig om (lokale) flexibiliteit op een kosteneffectieve manier te ontsluiten en aan te sturen.

Naast de technologische innovaties zal er ook het nodige moeten veranderen aan de manier waarop de energiemarkten werken. Dit is het onderwerp van het thema “**Doeltreffende geïntegreerde energiemarkten**”. Hoe kan de handel in verschillende commodity's beter en efficiënter op elkaar worden afgestemd en op welke manier moet flexibiliteit op de energiemarkten ingevuld worden?

Het thema “**Bruikbare flexibiliteitsproducten**” gaat dieper in op deze laatste vraag. Om het aanbod en de vraag naar flexibiliteit te bevorderen is het belangrijk dat er uniforme flexibiliteitsproducten ontstaan die op een transparante en efficiënte manier verhandeld kunnen worden. Op deze manier moet doorbroken worden dat er geen flexibiliteit wordt aangeboden, omdat er geen duidelijke vraag is en vice versa.

Een belangrijke bron van flexibiliteit die nu nog nauwelijks wordt aangesproken is de consument. In het thema “**Goed toegeruste consument**” wordt gekeken naar manieren om de consument actiever te laten participeren in het toekomstige energiesysteem. Daarbij is er niet alleen aandacht voor nieuwe diensten en wet en regelgeving, maar ook voor technologie die de consument hierbij ondersteunt.

De innovatieopgaven binnen deze thema's wordt in de onderstaande diagrammen verder uitgewerkt.

Grip en inzicht in het energiesysteem

Om grip op het energiesysteem te krijgen is het belangrijk om inzicht te hebben in de toestand van (delen van) het energiesysteem. Voor het toekomstige energiesysteem is het nodig om informatie te verkrijgen over de huidige toestand (uit bijv. sensoren en apparatuur) en over de te verwachten toestand (uit voorspellingen), en om deze informatie efficiënt en gecontroleerd te kunnen delen tussen relevante partijen. Daarnaast moet achteraf informatie beschikbaar zijn om te kunnen checken wat er is gebeurd (traceren), bijvoorbeeld om regelmechanismen te optimaliseren, maar ook om bijvoorbeeld financiële afrekening tussen partijen mogelijk te maken.

Doelsituatie 2035

Het delen van data zal tussen (steeds meer) partijen moet op een robuuste manier geregeld worden zodat de partijen in staat zijn om vanuit een gemeenschappelijk en onderbouwd beeld operationele beslissingen te nemen. De informatie levert de input voor het handelen in de verschillende regelmechanismen. Dit data-delen vergt organisatie tussen partijen met standaard werkwijzen, informatiestandaarden en technische voorzieningen.

Op slimme plekken in de infrastructuur zijn sensoren aanwezig die, al dan niet aangevuld met modellen, veel meer inzicht geven in de huidige toestand. Dit zorgt er onder andere voor dat er proactiever opgetreden kan worden als er ongewenste situaties dreigen te ontstaan. Hierdoor is het mogelijk om op cruciale plekken in de bestaande infrastructuur redundantie te benutten als aanvullende capaciteit op momenten dat die nodig is. Informatie van eindgebruikers worden o.a. vanuit de slimme meter ontsloten zodat een actueel beeld bestaat van de huidige vragen aanbod, maar ook flexibiliteit "achter de meter". Geavanceerde modellen (analytische modellen en machine learning) zorgen voor een betrouwbare voorspelling van vraag, aanbod, beschikbare flexibiliteit en mogelijk issues op het gebied van balanceren en capaciteitsmanagement. Deze forecasts worden continu gevoed met actuele informatie over de huidige toestand van het systeem en van de markt.

State of the art

In verschillende sectoren wordt er gewerkt aan gestructureerd en veilig data delen, met bekende initiatieven als iShare (vanuit logistiek) en International Data Spaces (vanuit industrie). In het energiedomein is hier in feite nog niet mee begonnen, hoewel de noodzaak hiervan nu wel aangewakkerd wordt door de Europese regelgeving (Clean Energy Package). Standaarden als IEC 61850 IEC 61970 (die een common information model bevat) rond ontsluiting van data uit elektriciteitssystemen zijn intussen gemeengoed. Rond data uit de slimme meters zijn eerste apps ontwikkeld die bijvoorbeeld een gebruiker inzicht geeft in het gebruik. Deze toepassingen zijn ad hoc ontwikkeld en leveren nog geen direct handelingsperspectief. Bij individuele infrastructuren is steeds meer sprake van sensoren die geautomatiseerd ontsloten kunnen worden (elektriciteit: vooral bij hoogspanning en middenspanning (onderstations), op laagspanning is dit in ontwikkeling). Er is nog geen systeem-breed beeld van benodigde informatie. Forecasting van vragen aanbod wordt al gebruikt door marktpartijen, maar duurzame opwek is daarbij nog onderbelicht, hoewel hier al wel initiatieven lopen.

Innovatieopgave

In de komende jaren zijn innovaties nodig op het gebied van gestructureerd en veilig data delen. De sensoriek en data in verschillende delen van het energiesysteem moeten op het niveau komen dat ervoor zorgt dat er veel meer handelingsperspectief ontstaat bij en tussen partijen. Er zal gericht gewerkt moeten gaan worden aan het creëren van benodigde data en van modellen waarmee belangrijke aspecten van het energiesysteem gemonitord en voorspeld kunnen worden, in het bijzonder ten aanzien van vraag, aanbod en flexibiliteit.

Innovaties- op korte termijn ontwikkelen:

- Lokaleiteit: Ook voor marktpartijen (bijv. aggregators) beschikbaar maken van betrouwbare informatie over de locatie van een eindgebruiker
- Advanced monitoring van infrastructuur als input voor proactief handelen
- Voorspelling en profilering van flexbronnen
- Smart forecasting van congestie
- Voorspelling algoritmes warmtevraag
- Stimuleren groene energie door traceerbaarheid van productie tot consumptie
- IT-architectuur voor gestructureerd en veilig data delen. Integraal aandacht voor (cyber) security.
- Inrichten informatiedeling voor secundaire processen met grote aantallen stakeholders (provisioning, afhandeling, billing)

Innovaties - ontwikkelen vóór 2035:

- Algoritme voor het voorspellen van energiemarkten
- Slim monitoren gaskwaliteit

Optimale aansturing van het energiesysteem

Voor een optimale aansturing van het energiesysteem is het noodzakelijk dat apparaten en installaties niet alleen rekening houden met de gebruiker en energie-efficiëntie, maar ook met de beschikbaarheid van energie en de capaciteit van de infrastructuur. Ook wordt de infrastructuur zelf slimmer. Om dit voor elkaar te krijgen zijn regelsystemen met goed gespecificeerde protocollen en slimme algoritmen nodig.

Doelsituatie 2035

In 2035 is het merendeel van alle apparaten *connected*. Ondanks dat het verschillende apparaten van verschillende merken betreft, werken ze allemaal samen om optimaal gebruik te maken van de beschikbare energie, terwijl ze de eindgebruiker tevreden houden. Aangezien van apparaten de locatie in het energienet bekend is, kan optimaal gebruik gemaakt worden van de beschikbare netwerkcapaciteit. Dit geldt binnen en tussen energiedragers, infrastructuur en schaalniveaus. Sommige apparaten zijn hybride en kunnen schakelen tussen verschillende energiedragers, om zo optimaal gebruik te maken van de op dat moment beschikbare (duurzame) energiebronnen. Ook zijn er apparaten die energie tijdelijk kunnen opslaan, of energie kunnen converteren. Systemen gebruiken voorspellingen van vraag en aanbod van energie maar kunnen ook goed omgaan met onverwachte gebeurtenissen. Daarnaast zal het energienet zelf slimmer zijn, om de kwaliteit van de energielevering bij hogere (lokale) belasting of productie te kunnen blijven garanderen. Er is een keten ontstaan van bedrijven die flexibiliteit op een kosteneffectieve manier kunnen ontsluiten en die waarde kunnen halen uit het optimaal aansturen van apparaten. Door de juiste standaarden te gebruiken kunnen deze bedrijven op technische vlak eenvoudig samenwerken. Deze bedrijven kunnen waarde uit flexibiliteit halen door actieve acteren op energiemarkten en diensten te leveren aan netbeheerders. Regelgeving en goede afspraken binnen die energiesector maken dit mogelijk.

State of the art

Systemen die kunnen optimaliseren op basis van financiële prikkels (bijv. feed-in tariffs en time-of-use tariffs) zijn al op de markt in landen waar het relevant is. Deze systemen werken vaak nog met een beperkte set aan apparaten, en zijn beperkt tot een specifiek optimalisatiesysteem. Het S2 protocol (voorheen bekend als EFl), wat wordt gestandaardiseerd in de CEN/CENELEC EN50491-12 serie, probeert dit te doorbreken, door flexibiliteit op een apparaat- en optimalisatieafhankelijke manier te beschrijven. OpenADR is zo'n optimalisatiesysteem uit de VS wat al op enkele plekken geïmplementeerd is. Andere relevante standaarden en raamwerken voor dit thema zijn IEC 61850 serie (met name 61850-7-420), USEF, DLMS/COSEM. Meer geavanceerde systemen die het inzetten van flexibiliteit mogelijk maken, zoals HeatMatcher en Triana, zijn in verschillende pilotprojecten gedemonstreerd. Voor de commerciële optimalisatie door middel van value stacking van flexibiliteit kan een systeem als ReFlex gebruikt worden. Hier kan de flexibiliteit gebruikt worden voor het optimaal inkopen van energie op een energiemarkt, terwijl gelijktijdig ook congestiemanagementdiensten aan de netbeheerder geleverd worden. Dit laatste kan bijvoorbeeld via het USEF Flex Trading Protocol (UFTP). In de toekomst zouden apparaten zelfs onderling energie kunnen verhandelen via Transactive Energysystemen. PowerMatcher is een voorbeeld van een dergelijk systeem.

Innovatieopgave

Systemen moeten robuuster en veiliger gemaakt worden, en de kosten voor het ontsluiten van flexibiliteit moeten omlaag. Ook moet onderzocht worden welke oplossing het beste is voor welk probleem, en hoe organisaties in de praktijk kunnen samenwerken. Er moet nog technologie ontwikkeld worden voor nieuwere energiesystemen, zoals warmtesystemen en systemen met conversie-technologie.

Innovaties-op korte termijn ontwikkelen:

- Slimme fallback-mechanismen bij falende markt
- Lokale iteit in energiedata voor lokale interventies
- Demand-supply matching warmte
- Proactief handelen op basis van advanced monitoring
- Smart forecasting van congestie
- Voorspellen en profileren van flexbronnen
- Energie-efficiëntie door slimmer aansturen
- Gestructureerd en veilig data delen
- Security en anomalie-detectie

Innovaties - ontwikkelen vóór 2035:

- Balanshandhaving en congestiemanagement met conversie en opslag assets
- Monitoren, analyseren en regelen gaskwaliteit
- Plug-and-play devices
- Aggrega tor platform voor flexibiliteit
- In-home energy cost optimizer
- Zelflerende karakteristieken van devices voor betere control

Doeltreffende geïntegreerde energiemarkten

Met de energietransitie verandert ook de rol van de markten. Door het grillige gedrag van sommige duurzame energiebronnen (intermittency) wordt energie op steeds kortere termijnen verhandeld. Ook neemt het aantal spelers op de markt toe. Daarnaast ontstaan er meer verhandelbare diensten, en wordt er onderscheid gemaakt tussen de verschillende bronnen van energie: sommige afnemers willen alleen nog maar duurzame energie kopen. Er treden nieuwe spelers tot de markt toe. Er komen marktplaatsen/facilitators die er voor zorgen dat kleinere spelers nu zelf kunnen inkopen i.p.v. via een leverancier. Wanneer energiemarkten veranderen, zal ook de accounting en settlement van energie moeten mee veranderen.

Doelsituatie 2035

Meer volumes worden op kortere termijnen verhandeld. Het aantal spelers en het aantal transacties zal toenemen. De energiemarkten zijn niet meer alleen toegankelijk voor energieleveranciers en grote producenten en afnemers, maar ook kleinere bedrijven die energie slimmer willen inkopen.

Meer aspecten van energie krijgen waarde, zoals de bron van de energie of de locatie. Deze aspecten kunnen de prijs van energie beïnvloeden. Garanties van Oorsprong kunnen niet alleen achteraf verhandeld worden, maar ook real-time, zodat consumenten daadwerkelijk op ieder moment van de dag energie van de duurzame bronnen kan afnemen. Er ontstaan nieuwe markten voor nieuwe diensten, zoals diensten voor congestiemanagement. Op deze markten wordt de locatie van producenten en consumenten expliciet meegenomen. Deze nieuwe markten kunnen anoniem (via exchange trading) of bilateraal ("over the counter") ingericht worden. Daarnaast kunnen markten specifiek voor flexdiensten of geïntegreerd met andere energiemarkten worden opgezet. Wanneer er sprake is van een autarkisch (zelfstandig) net kan er ook een lokale markt zijn, al kan die wel centraal gefaciliteerd worden.

Er komen steeds meer interconnecties tussen de netten van verschillende landen. Om die interconnecties optimaal te gebruiken, moeten markten ook internationaal efficiënt worden gekoppeld. Ook kunnen markten van verschillende energiedragers impliciet aan elkaar gekoppeld worden via conversie-installaties. Er is meer afstemming tussen markten nodig, om ervoor te zorgen dat bijvoorbeeld een dienst voor de TSO niet problemen veroorzaakt voor de DSO. Marktpartijen kunnen soms hun beloften niet nakomen. Dit zal ook gelden voor nieuwe diensten. Daarom is het belangrijk om rekening te houden met situaties waarin de markt niet goed functioneert. Nieuwe fallbackmechanismen zullen geïmplementeerd moeten worden om ervoor te zorgen dat het net betrouwbaar blijft. Er moet aangetoond kunnen worden dat een dienst of energie daadwerkelijk geleverd is. Voor nieuwe diensten zullen nieuwe datastromen gefaciliteerd moeten worden om accounting en settlement correct af te handelen.

State of the art

Voor betere benutting van energie worden interconnecties tussen elektriciteitsnetten inmiddels uitgerust met flow-based marktkoppelingen. Garanties van Oorsprong zijn verhandelbaar, dankzij systemen van CentriQ. Sommige energieleveranciers zoals NieuweStroom willen consumenten een directere toegang tot de markt bieden, door per uur energietarieven door te geven. Er zijn initiatieven gaande om partijen zelf toegang te geven tot een laagdrempelige marktplaats, zoals het platform van ETPA en het ENTRNCE platform van EXE. Daarnaast zijn er veel initiatieven gaande voor congestiemanagement. USEF definieert een bilaterale markt, waarmee Aggregators netbeheerders congestiemanagementdiensten kunnen leveren. Andere relevante standaarden zijn IEC 62325, IEC CIM en een deel van de ENTSO-e netcodes. GOPACS en de Enera pilot van EPEX SPOT zijn marktplaatsen waar flexibiliteit of energiehandel kan worden ingezet ten behoeve van het ontlasten van het distributienet.

Innovatieopgave

Markten voor nieuwe producten en diensten vormen een grote uitdaging. Onderzoek is nodig naar wat in de praktijk de meest effectieve oplossing is voor lokaal congestiemanagement. Er zullen mechanismen ontwikkeld moeten worden voor real-time Garanties van Oorsprong, zodat afnemers de garantie hebben dat ze op ieder moment van de dag energie uit de gewenste (duurzame) bron kopen. Markten zullen verder geïntegreerd moeten worden, zeker wanneer consumenten flexibeler willen kunnen kiezen uit verschillende energiedragers. Ten slotte zullen met nieuwe markten ook passende auditing, settlement en billing-procedures ontwikkeld moeten worden.

Innovaties-op korte termijn ontwikkelen:

- Lokale standaard onderdeel van marktmechanismen
- Stimuleren groene energie door traceerbaarheid van productie tot consumptie.
- Slimme fallback mechanismen bij marktfalen
- Onderzoek naar marktkoppelingen en afhankelijkheden
- Auditing energiegebruik
- Gestructureerd en veilig data delen

Innovaties - ontwikkelen vóór 2035:

- Algoritme voor het voorspellen van energiemarkten
- Aggregator platform voor flexibiliteit

Bruikbare flexibiliteitsproducten

Benutten van energieflexibiliteit is belangrijk in het toekomstige energiesysteem. Om de waarde van deze energieflexibiliteit uit te nutten zullen transparante flexibiliteitsproducten en -diensten op de markt moeten komen.

Doelsituatie 2035

In 2035 is de behoefte aan flexibiliteitsproducten en -diensten groot. Een behoorlijk aantal gedecentraliseerde bronnen van energie voor flexibiliteitsproducten is beschikbaar. Het ontsluiten van een groot aantal van deze bronnen, en het bundelen ervan tot gestandaardiseerde flexibiliteitsproducten en -diensten zal rond die tijd gemeengoed zijn. Er is een goed functionerende markt (of markten) voor deze producten en diensten. Transparantie, openheid en prijsvormend mechanisme zijn belangrijke voorwaarden voor een liquide markt. Het ontsluiten en eventueel bundelen van flexibiliteit biedt kansen voor een technische aggregator die gericht is op een eenvoudige manier bronnen te ontsluiten, en ze te kunnen beïnvloeden. Voor het vermarkten van flexibiliteitsproducten en -diensten zijn commerciële aggregators gebaat bij een goede marktwerking en koppeling van de geaggregeerde flexibiliteitsbronnen op deze markten. Afspraken maken tussen alle betrokken partijen over de ontsluiting, benutting, marktwerking en alle contracten en afspraken die hiermee gepaard gaan vergt een ontwikkeling op het vlak van informatiedeling, over de manier van beïnvloeding van fysieke bronnen en systemen (IoT) en de validatie van het nakomen van afspraken.

State of the art

Momenteel is er veel aandacht voor flexibiliteit. ICT-technologieën voor het ontsluiten van flexbronnen worden op Europees niveau al in standaarden gebracht (EFl/S2, OpenADR). Bij flexibiliteitsproducten is het kunnen activeren van flexibiliteit mogelijk met slimme algoritmes (PowerMatcher) of frameworks (USEF). Een belangrijk aspect voor commerciële aggregators is het kunnen voorspellen van beschikbaarheid van flexibiliteit en de verwachte effecten van activatie (e.g. REFLEX). Al deze ontwikkelingen zijn verder dan proof-of-concept, en klaar om in de markt te worden ingezet.

Innovatieopgave

Op korte termijn zal voor flexibiliteitsproducten en -diensten vraag en aanbod bij elkaar gebracht moeten worden. Hiervoor is het ontwikkelen van (geautomatiseerde) afspraken tussen marktpartijen een voorwaarde. Het ontsluiten van flexbronnen zal op basis van aafgesproken manier makkelijk gemaakt moeten worden voor de eigenaren van deze bronnen en de partijen die deze benutten (technische en commerciële aggregators). Deze systemen zullen een digitale stekker moeten krijgen die werkt volgens een afgesproken manier. De marktvraag voor flexibiliteitsproducten en -diensten moet beter gespecificeerd worden en dat kan o.a. door het helder maken aan welke producten en diensten behoefte is. Een afspraak over hoe deze producten en diensten eruit zien en hoe ze functioneren is dan ook een voorwaarde. Het maken van afspraken vergt ook dat deze afspraken kunnen worden vastgelegd en verrekend. ICT-technologie voor het delen van informatie en voor transacties zullen hierbij cruciaal zijn en nog een stap verder gebracht moeten worden.

Innovaties-op korte termijn ontwikkelen:

- Definieren van standaard flexibiliteitsproducten en -diensten, inclusief lokaliteit
- Gestructureerd en veilig data delen
- Voorspelling en profilering van flexbronnen
- Het bij elkaar brengen van commerciële vraag en aanbod van flexdiensten en -producten
- Het afhandelen van transacties tussen partijen met deze producten en diensten.

Innovaties - ontwikkelen vóór 2035:

- Congestie management met conversie en opslag
- Balancerings met conversie en opslag

Goed toegeruste consument

De elektriciteitsmarkt heeft door liberalisering en de beschikbaarheid van nieuwe technische, digitale, mogelijkheden de afgelopen jaren grote veranderingen doorgemaakt. Deze ontwikkelingen zullen verder doorzetten. Voor de diverse energiepartijen betekent dit meer keuzes en mogelijkheden. Zo moet een kleinverbruiker (consument of bedrijf met een beperkte aansluiting) bijvoorbeeld kunnen kiezen welke energieproducent hij gebruikt. Ook krijgt de kleinverbruiker de mogelijkheid om flexibiliteit aan te bieden aan meerdere partijen in het energiesysteem om zo geld te verdienen en/of om bij te dragen aan de energietransitie. In november 2016 heeft de Europese Commissie een nieuw pakket energieregeling gepubliceerd. De nieuwe richtlijnen en verordeningen (Clean Energy Package) regelen en stimuleren dat kleinverbruikers in staat worden gesteld om deel te nemen aan elektriciteitsmarkten. Hiervoor hebben kleinverbruikers die actief op elektriciteitsmarkten willen participeren nieuwe tools en diensten (equipment) nodig.

Doelsituatie 2035

Eindafnemers, inclusief kleinverbruikers, zullen niet alleen verbruikers zijn, maar ook producenten van energie en aanbieders van flexibiliteit. Zij participeren op gelijke voet met andere marktdeelnemers en beheren op die manier hun energieverbruik. Als je in 2035 op straat iemand zou vragen hoe hij grip houdt op zijn energierekening, zul je dingen horen als 'ik krijg een appje als ik veel heb verbruikt tijdens de donkere uren', 'ik heb de opbrengst van mijn zonnepanelen tijdens onze zomervakantie al voor een mooi prijs verkocht aan de buurvrouw' of 'met mijn nieuwe slimme warmtepomp blijf ik binnen een heel lage bandbreedte'.

State of the art

Veel technologie die nodig is om de consument toe te rusten is er momenteel al: smart home/domotica-apparatuur is algemeen verkrijgbaar en er zijn ook al aanbieders van apps om verbruik, productie en flexibiliteit te beheren. Het installeren en onderhouden van hardware bij consumenten thuis of in consumentenapparatuur is momenteel relatief duur. Hoge kosten van vervanging kan daarom zorgen voor 'lock-ins'. Relevante standaarden voor de consument zijn CEN/CENELEC EN50491-12 serie en DLMS/COSEM.

Innovatieopgave

Nieuwe toepassingen voor consumenten zullen complexere optimalisaties en inzichten gaan geven zodat op meerdere markten energie en/of flexibiliteit te kopen- of verkopen zijn. De benodigde innovatie is dan ook niet het maken van deze apps, maar om ervoor te zorgen dat de kosten van de toepassingen laag zijn, zonder dat de consument zijn keuzevrijheid verliest. Een andere innovatie betreft elektriciteitsmarkten en flexibiliteitsmarkten die hun diensten zo aanbieden dat consumenten gemakkelijk hier actief op kunnen zijn. Het 'equipment' van de consument moet plug-and-play geautomatiseerd toegang bieden tot deze markten op een manier die hij wenst. Het is nog de vraag in hoeverre dit ook 'gemakkelijk' wordt gemaakt, ook al schrijft de verordening dit voor. Er moeten operationele vereisten voor elektriciteits- en flexibiliteitsmarkten komen om toegang tot deze markten voor consumenten te vergroten. Daarbij is indirecte toegang, via een leverancier of een andere dienstverlener, vaak ook een geldige optie mits dit de consument meer voordeel dan nadeel oplevert. Deze vereisten moeten worden geïmplementeerd in toepassingen die (als onderdeel van een dienst) aan consumenten verkocht worden.

Innovaties-op korte termijn ontwikkelen:

- Gestructureerd en veilig data delen
- Zelflerende karakteristieken van devices voor betere control
- Stimuleren groene energie door traceerbaarheid van productie tot consumptie
- Standaard flexibiliteitsproducten

Innovaties - ontwikkelen vóór 2035:

- Zorgen dat de technologie ook op de iets langere termijn aansluit bij de markten en de apparaten die consumenten al hebben.
- Plug-and-play devices
- In-home energy cost optimizer
- Zelflerende karakteristieken van (in-home) devices voor betere control