

Eindrapportage Dali

Distribution Automation Light (openbare versie)



Door: Jaap Kohlmann (senior DSO-architect Enexis), Guido Puts (ICT-architect Enexis), Casper Cramer (IT-consultant), Ivan Theunissen (tactisch projectmanager Enexis)

Datum: 26-11-2020

Projectnummer: DE1160032

Penvoerder: Enexis Netbeheer B.V.

Projectperiode: mei 2016 – april 2020

Contactgegevens: jaap.kohlmann@enexis.nl

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

Managementsamenvatting

Met het oog op een steeds complexer energiesysteem en stevige klimaatdoelstellingen startte Enexis in 2016 met het toevoegen van sensoren aan haar netwerkstations. We deden dit in het kader van het project Dali, voluit Distribution Automation Light. Met Dali wilden we inzicht krijgen in de energiestromen in het net en mogelijkheden onderzoeken om de openbare verlichting slim aan te sturen. Gedurende het project bouwden we een nieuwe IT/OT-keten op binnen Enexis, besteedden we hardware aan en voorzagen we 4.286 middenspanningsstations van Dali. De uitdagingen, resultaten en aanbevelingen van dit project beschrijven we in dit document.

De belangrijkste projectresultaten:

- Ondanks technische en personele uitdagingen lukte het om succesvol een nieuwe keten op te bouwen en 4.286 Dali-boxen te installeren in het veld.
- Dali liet op meerdere fronten zien dat het bijdraagt aan de uitdagingen van de energietransitie én aan energiebesparing in het net.
- De aangetoonde potentie van Dali, in combinatie met de dalende kosten waar deze keten voor kan zorgen, was voor Enexis een reden om Dali na de pilot verder uit te rollen.
- De keten die er nu staat, bewees meermalen veilig en schaalbaar te zijn. Daarnaast kan Dali zorgen voor de broodnodige flexibiliteit. Het systeem is daardoor een goede basis om steeds meer informatie uit het net te halen. De data kunnen worden ingezet voor excellent netbeheer en het faciliteren van de energietransitie.
- Anders dan bij traditionele projecten met een duidelijke opdracht, requirements en doelstellingen, kozen we bij Dali voor een aanpak waarin agile werken, goede communicatie en stakeholdermanagement centraal stonden. Hierdoor konden we rekenen op een groot draagvlak, maar konden we als projectteam ook snel inspelen op veranderende omstandigheden.
- De inbedding en borging van Dali binnen de organisatie was van groot belang om na de succesvolle demo de uitrol te kunnen opschalen. Alle verantwoordelijkheden, budgetten en benodigde competenties belegden we in de lijn. De agile werkwijze en de brede ketensamenwerking houden we na afronding van het project aan.

Inhoud

I.	Inhoudelijk eindrapport.....	4
1.	Inleiding	4
1.1	Achtergrond.....	4
1.2	Aanleiding en doelstelling	4
2.	Werkwijze	6
3.	Resultaten.....	8
3.1	Algemeen.....	8
3.2	Dali-hardware en -installatie	9
3.1.1	De (functionele) eisen	9
3.1.2	De aanbestedingen.....	10
3.1.3	Olievlektactiek voor implementatie	11
3.3	IT/OT-keten	12
3.4	Toegevoegde waarde Dali	14
3.4.1	Energiebesparing	15
3.5	Huidige status Dali.....	18
4.	Conclusie en aanbevelingen	18
4.1	Discussie en conclusie	18
4.2	Aanbevelingen.....	20
II.	Uitvoering van het project.....	22
5.	Uitdagingen tijdens het project.....	22
5.1	Technische uitdagingen	22
5.2	Organisatorische uitdagingen	22
5.3	Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan.....	23
6.	Kennisverspreiding en publiciteit	24
6.1	Wijze van kennisverspreiding.....	24
6.2	Communicatie en PR-mogelijkheden	24

I. Inhoudelijk eindrapport

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Enexis Netbeheer brengt energie waar mensen licht en warmte nodig hebben. Via een grotendeels onzichtbaar netwerk voorzien we ruim 3 miljoen huishoudens en bedrijven in Nederland van elektriciteit en gas. Altijd en overal. Veilig en betaalbaar. Dankzij state-of-the-artdienstverlening en betrouwbare netwerken. We zijn hierdoor ook voorbereid op duurzaam en flexibel tweerichtingsverkeer op het energienet.

Met technische en sociale innovaties zorgen we ervoor dat terugleveren van zelf opgewekte, duurzame energie mogelijk is. Én dat er altijd genoeg duurzame energie beschikbaar is. Dat doen we vol trots, klantvriendelijk en vanuit het bewustzijn dat we maar één aarde hebben, waar we samen zuinig op moeten zijn.

De klimaatdoelstellingen en de bijbehorende energietransitie zorgen voor grote uitdagingen in het energienet. Door de snel toenemende decentrale opwek en de almaar stijgende behoefte aan energie (o.a. door de elektrificering van Nederlandse huishoudens en de opkomst van het elektrisch vervoer) moet steeds slimmer met energie worden omgegaan. De complexiteit van ons energiesysteem neemt hierdoor toe en daarmee ook de wens om meer inzicht te krijgen in de energiestromen en gebeurtenissen in het net.

Digitalisering van de netten helpt ons als netbeheerder om ook in de toekomst het energienet betaalbaar en betrouwbaar te houden. Daarnaast kunnen we op basis van data uit de netten slimmere besluiten nemen op het gebied van netplanning, onderhoud en storingen. Om goede datagedreven besluiten te kunnen nemen hebben we alleen realtime informatie uit de netten nodig. Daarom zet Enexis op meerdere vlakken in op het digitaliseren van componenten en berekeningen.

1.2 Aanleiding en doelstelling

Met het project Distribution Automation Light (Dali) wil Enexis meer inzicht krijgen in de energiestromen op haar netten. We rollen al een aantal jaren succesvol Distributie Automatisering (DA) uit in ons verzorgingsgebied. DA maakt het mogelijk om de netten op afstand te observeren en besturen. Het vergt alleen een relatief grote investering. Bovendien kunnen we met DA niet voldoen aan de groeiende vraag naar allerlei nieuwe functionaliteiten die door de energietransitie de afgelopen jaren ontstaan. Daar komt bij dat we DA alleen op strategische punten installeren, terwijl nu de behoefte ontstaat aan een oplossing voor alle middenspanningsruimtes. De wens om alle nieuwe functionele eisen samen te brengen en de zoektocht naar een betaalbare, flexibele oplossing maakten dat Enexis dit project opstartte.

Voortborduren op TKI Smart Grid

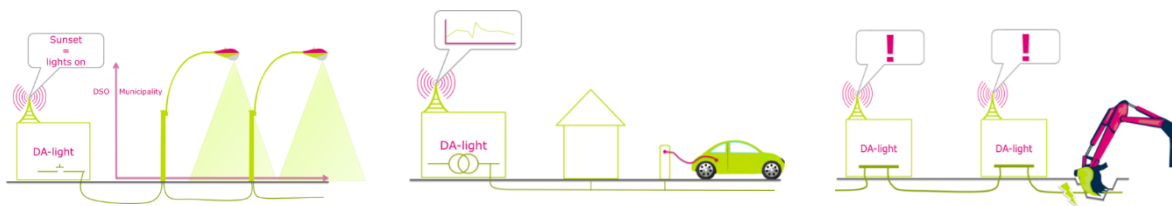
Samen met andere netbeheerders en leveranciers onderzochten we tijdens een TKI Smart Grid- project (Kostenreductie MS/LS-instrumentatie, TKISG02010) overigens al eerder welke mogelijkheden er zijn om nieuwe technologie kostenefficiënt te integreren in MS/LS-stations. Hierdoor worden namelijk grote energiebesparingen mogelijk. Mede op basis van de resultaten uit dit project richten we ons nu op de introductie van Dali. Een systeem dat geïnstalleerd kan worden in alle MS/LS-stations in Nederland en dat inzicht geeft in elektriciteitsverbruik en netverlies.

Vorbereidend onderzoek

Ter voorbereiding op het Dali-project vond er een vooronderzoek¹ plaats bij Enexis om te toetsen of Dali voldoende potentie had. Hieruit moest vooral duidelijk worden of we met Dali in voldoende mate konden zorgen voor een slim energiemanagementsysteem in MS/LS-stations dat beter netbeheer mogelijk maakt dankzij meer inzicht en uitgebreidere controle mogelijkheden in het net. De resultaten van het vooronderzoek en de TKI Smart Grid vormden voldoende aanleiding om door te pakken. Na het vooronderzoek startten we zodoende met de ontwikkeling van Dali en de uitrol van Dali-boxen naar ruim 4.000 middenspanningsstations. Nu het project is afgerond gaan we de Dali-boxen uitrollen naar alle stations.

De belangrijkste functionele eisen die we aan Dali stelden waren (zie figuur 1):

1. Het slim aansturen van de openbare verlichting
2. Het meten van de netbelasting
3. Snel inzicht in storingen door het uitlezen van kortsluitverklappers
4. Ruimte voor nieuwe sensoren en actuatoren (zoals een deurcontact)



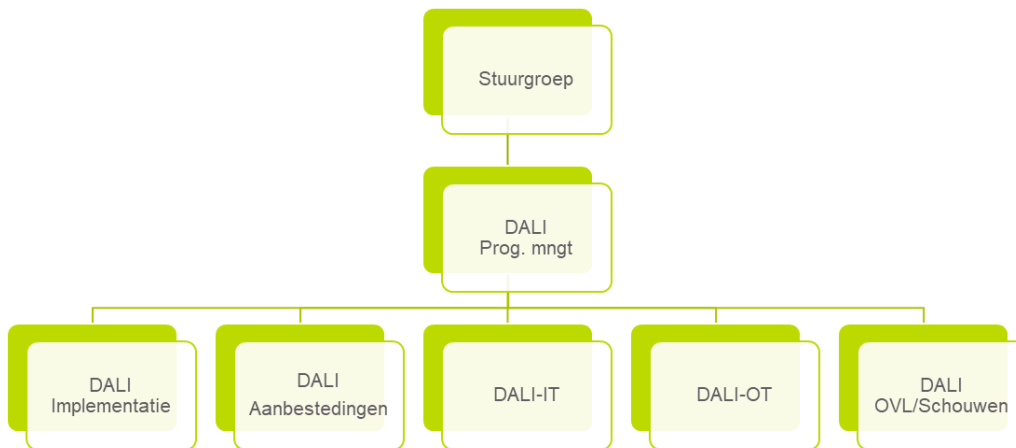
Figuur 1: Functionele eisen Dali

¹ <https://energeia.nl/nieuws/40058234/enexis-schaalt-onderzoek-naar-ervanger-toonfrequentetechniek-op>

2. Werkwijze

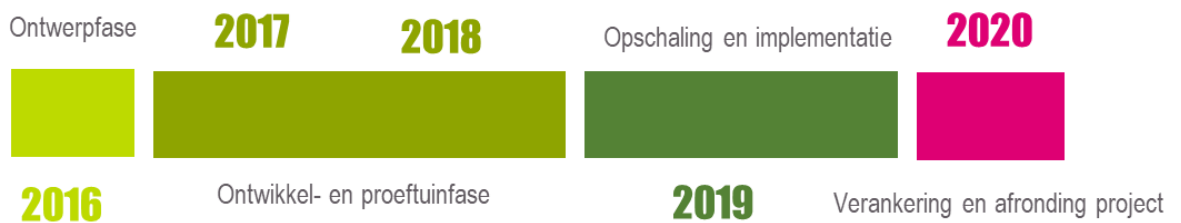
Het op grote schaal uitrollen van sensoren op middenspanningsstations en die breed ter beschikking stellen aan de (toekomstige) eindgebruikers is een nieuwe discipline voor netbeheerders. De digitale component en de uitdagingen die daarbij horen vergen een agile manier van denken en doen.

Gedurende het project formeerden we diverse werkpakketten ten behoeve van verschillende projectonderdelen. In Figuur 2 is te zien welke.



Figuur 2: projectstructuur Dali

Van ontwikkeling tot implementatie is dit project onder te verdelen in een aantal fases (zie Figuur 3). Een stuurgroep hield toezicht op het gehele project. De samenstelling van de stuurgroep wisselde afhankelijk van de fase van het project.



Figuur 3: Projectfases Dali

Ontwerpfase

In de ontwerpfase zetten we de contouren van het nieuwe systeem op papier, vormden we de werkpakketten en leverden we een basisontwerp op.

Ontwikkel- en proeftuinfase

In deze fase bouwden we op een agile manier aan het hele systeem. Daar waar nodig testten we componenten direct. Hiervoor richtten we twee proeftuinen in. Het doel van deze fase was om een *minimal viable product* (MVP) op te leveren waarmee we de uitrol in het veld konden starten. Het MVP moest voldoen aan de eisen van de gebruikers.

Opschaling en implementatie

In deze fase lag onze focus op het verbeteren van het MVP en de implementatie bij de uitvoerende organisatie ten behoeve van de uitrol. We wilden in fases alle Enexis-vestigingen betrekken bij de uitrol en geleidelijk opschalen naar de uitrol van circa 4.000 Dali-boxen ten behoeve van de demo.

Verankering en afronding van het project

In deze fase evalueerden we het project en maakten we afspraken binnen de organisatie om te kunnen zorgen voor verdere verankering van het project binnen de betrokken teams en uiteindelijk de volledige uitrol. Bij de afronding van het project wilden we de continuïteit van de keten en daarmee de uitrol volledig geborgd hebben.

3. Resultaten

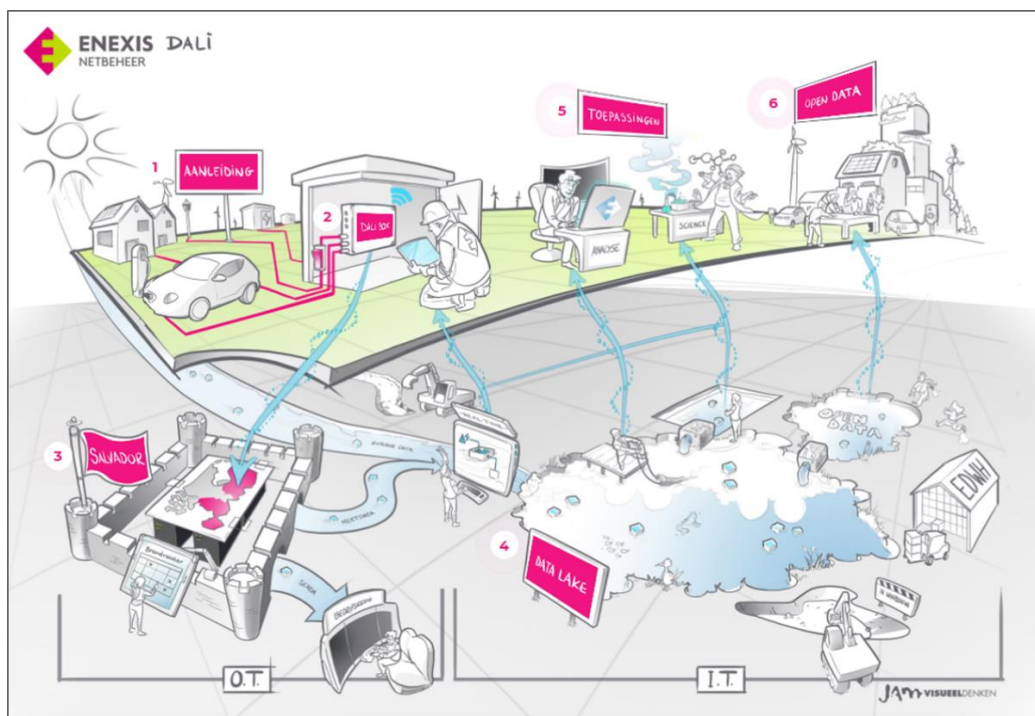
Gedurende de looptijd van Dali ontwikkelden we meerdere vernieuwende onderdelen. In dit hoofdstuk staan we stil bij de geboekte resultaten en beantwoorden we een viertal onderzoeksvragen.

Onderzoeksvragen

- H3.1 Hoe richt je een keten in die in staat is om data uit het net te ontsluiten en beschikbaar te stellen aan de organisatie zelf en derden?
- H3.2 Hoe kom je tot betrouwbare, eenvoudig te installeren en gebruiksvriendelijke hardware en hoe zorg je voor een gedegen implementatie in de organisatie?
- H3.3 Hoe ziet een IT/OT-keten eruit waarin veiligheid, schaalbaarheid en beschikbaarheid belangrijke aandachtspunten zijn?
- H4 Welke toegevoegde waarde biedt de uitrol van Dali voor de organisatie en welke kansen liggen er voor de toekomst?

3.1 Algemeen

Tijdens het Dali-project lag de focus op het opleveren van een compleet werkende keten door de hele Enexis-organisatie heen. Van de sensor in het station tot aan het gebruik van de data intern en extern, alles moest geregeld zijn. Onze missie was bovendien om de data die we verzamelden beschikbaar te stellen aan alle relevante stakeholders. En wel op zo'n manier dat die data een bijdrage leverden aan de doelstellingen van Enexis. Kijkend naar de doelstellingen van dit project konden we daardoor de verschillende componenten in het project niet los van elkaar zien. Daarom werkten we vanaf de start aan de opbouw van een complete keten. Figuur 4 geeft in hoofdlijnen weer hoe Dali binnen Enexis is opgebouwd.



Figuur 4: Inrichting Dali-project

De werkpakketten die we gedurende het project inrichtten droegen ieder bij aan een deel van de Dali-keten. We toetsten continu of de vraagstukken vanuit de aanleiding (1) nog relevant waren en of er nog nieuwe functionaliteiten gewenst waren. Daar waar nodig stuurden we bij. Dit deden we in overleg met de gebruikers van de keten, intern (5) en extern, in de vorm van open data (6).

Hoofdonderdelen programma

In hoofdlijnen zijn er twee belangrijke onderdelen te onderkennen in het programma:

1. De benodigde hardware in het veld en de inrichting van werkprocessen en tools ten behoeve van de installatie van deze hardware (2).
Er moesten zoveel Dali-boxen geïnstalleerd worden dat het essentieel was dat dit goed gebeurde met kwalitatief hoogwaardige componenten. Enerzijds om de betrouwbaarheid en kwaliteit van de data te kunnen waarborgen, anderzijds om de druk op de schaars beschikbare, uitvoerende medewerkers zo laag mogelijk te houden.
2. De IT/OT-keten.
Dit is een compleet nieuwe keten die de hardware in het veld managet en de data op een veilige manier ontsluit. Hiervoor richtten we bij Enexis in het OT-domein een omgeving in genaamd Salvador (3) en in het IT-domein een *datalake* (4).

Het belang van samenwerken en ketendenken

Het succes van dit project was in belangrijke mate afhankelijk van de samenwerking tussen alle disciplines en het ketendenken. Onderschat het belang hiervan niet bij het inrichten van dit soort ketens.

Grote urgentie

Zoals we beschreven in hoofdstuk 1.2 was de potentie en urgentie van Dali voor Enexis groot. Op de eerste plaats omdat Dali kan helpen met de energietransitie². Op de tweede plaats omdat de huidige techniek waarmee openbare verlichting wordt aangestuurd verouderd is en niet meer aan de eisen van deze tijd voldoet³. Het grote voordeel van Dali is dat dit systeem flexibel in te zetten is. Dat maakt het toekomstbestendig.

3.2 Dali-hardware en -installatie

Een belangrijk onderdeel van het Dali-project was de ontwikkeling van de hardware die nodig is om een station aan alle functionele eisen te laten voldoen. Binnen het project is dit in een aantal fases aanbesteed en opgepakt. Het hart van Dali in het middenspanningsstation is de intelligente Dali-box, die zorgt voor de communicatie naar buiten toe.

3.2.1 De (functionele) eisen

Het veilig, betrouwbaar en verantwoord inzetten van Dali-boxen in de (bestaande) infrastructuur van Enexis, met dataverbindingen naar onze centrale concernsystemen, vraagt om een uitgebreid pakket van eisen. Naast de functionele eisen stelden we voorwaarden op tal van vlakken. Bijvoorbeeld op het gebied van: praktische inzetbaarheid, schaalbaarheid, beheersbaarheid (op afstand), systeemgedrag, communicatie, datasecurity, omgevingscondities en levensduur.

² <https://www.ad.nl/economie/elektriciteitsnet-kan-wildgroei-zonneparken-niet-aan~a80b1616/>

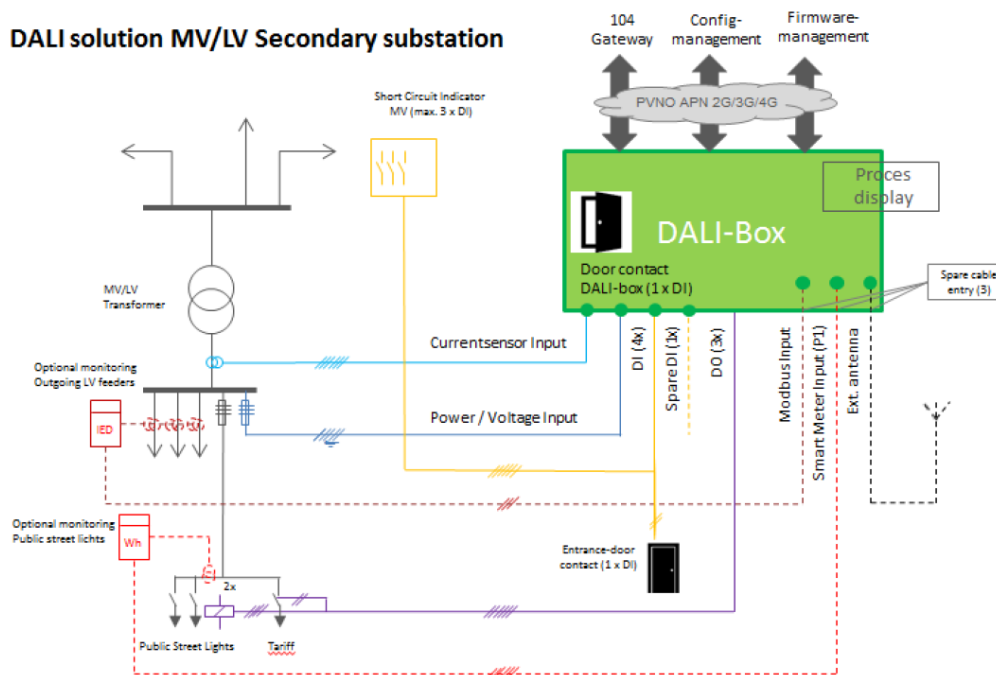
³ <https://www.destentor.nl/deventer/deze-50-jaar-oude-techniek-zorgt-voor-donkere-straten-in-overijssel~a1281917/>

Bij het formuleren van eisen wogen we continu twee zaken tegen elkaar af:

1. Wat is voor Enexis noodzakelijk of wenselijk?
2. Wat kan de markt momenteel leveren?

Het TKI Smart Grid-project (zie paragraaf 1.2), de Dali-pilot en een marktconsultatie leverden belangrijke inzichten op. We triggerden de markt hierdoor ook zichzelf te ontwikkelen. Bij de aanbesteding streefden we naar een Dali-box die betaalbaar is en die zodoende een positieve businesscase zou opleveren. Tegelijkertijd bouwden we de ruimte in om nieuwe sensoren aan Dali-boxen toe te kunnen voegen, zodat ze mee kunnen groeien met veranderingen in de Enexis-omgeving en excellent netbeheer in de toekomst kunnen blijven faciliteren.

In Figuur 5 is een schematische weergave te zien van de componenten we aanbesteedden. De requirements voor de Dali-box zijn terug te vinden via TenderNed⁴ en te gebruiken als naslagwerk.



Figuur 5: Schematisch overzicht Dali-box

3.2.2 De aanbestedingen

Bij het betrekken van producten uit de markt zijn we bij Enexis gehouden aan Europese regelgeving voor aanbestedingen. Voor het vinden van een leverancier voor de Dali-boxen en een aantal sensoren zetten we daarom een openbare aanbestedingsprocedures uit in de markt. Omdat het hier gaat om producten uit een groeimarkt, waar aanbieders graag een aandeel in verwerven, was de interesse bijzonder groot. Meer dan tien marktpartijen brachten een offerte uit voor levering van de Dali-box. Onder deze partijen bevonden zich gevestigde bedrijven die actief zijn in de hogere segmenten van MS-stationsautomatisering, maar ook bedrijven gespecialiseerd in beveiliging met sensoren én start-ups uit het IT-domein. De aangeboden oplossingen varieerden van modulair opgebouwde systemen tot specifiek ontwikkelde maatwerkproducten.

⁴ <https://www.tenderned.nl/tenderned-tap/aankondigingen/86844;section=2>

Met name de start-ups bleken in staat om op basis van het uitgevraagde volume een perfect passende oplossing te bieden tegen een scherpe prijs. Hierdoor kwamen we uit op een significant lagere *total cost of ownership* dan initieel begroot.

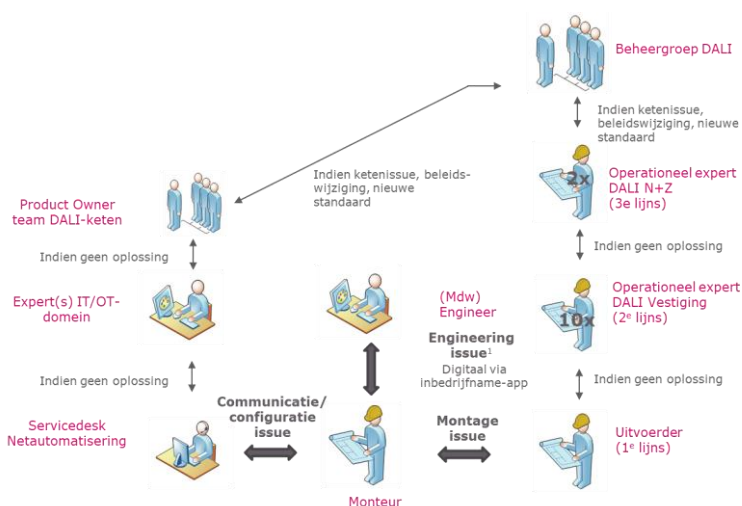
Wat ons ook verraste was het aantal nieuwkomers dat in staat was om binnen dit complexe domein een passend product aan te bieden. Dit biedt een groot potentieel voor netbeheerders die overwegen te migreren naar smart grids.

3.2.3 Olievlektactiek voor implementatie

Als je een nieuw product wilt toevoegen aan de infrastructuur van Enexis, is het belangrijk dat vóór de operatie helder is hoe met deze nieuwe component moet worden omgegaan. Zowel bij de aanleg als tijdens de inbedrijfstelling en het beheer (storingen en eventueel onderhoud). Omdat het in het geval van Dali gaat om digitale techniek, die moet worden toegevoegd aan een van oorsprong op primaire techniek (E/G-netten) gerichte operatie, levert dit uitdagingen op. Vandaar dat we kozen voor implementatie volgens het olievlekprincipe. We implementeerden de smart-gridtoepassing in eerste instantie in twee vestigingen van Enexis en zorgden op korte afstand voor nazorg. Doordat we bij het opstellen van het programma van eisen al gefocust hadden op een snelle en eenvoudige montage en doordat we vrijwel direct konden inspringen als dit nodig was, verliep de implementatie opvallend soepel. Hierdoor konden we bovendien rekenen op een goed draagvlak, waardoor ook andere Enexis-vestigingen Dali met open armen ontvingen. Binnen enkele maanden instrueerden we de overige tien Enexis-vestigingen hoe met deze nieuwe componenten om te gaan. De olievlektactiek werkte zoals verwacht. We bevelen deze werkwijze dan ook van harte aan voor de introductie van meer complexe, nieuwe componenten en implementatieprojecten.

Oprichting ketenbeheergroep

Voor het Dali-project besloten we een ketenbeheergroep op te richten. Ten eerste omdat het bij de implementatie van nieuwe componenten vrijwel onmogelijk is om rekening te houden met alle mogelijke bedrijfsomstandigheden. Ten tweede omdat complexe, nieuwe digitale producten in het begin voor verrassingen kunnen zorgen. En ten derde omdat de werking van de Dali-boxen de hele keten beïnvloedt. In Figuur 6 is de opzet van de beheergroep afgebeeld. Het betreft hier nog uitsluitend het team dat verantwoordelijk was voor het stationdomein (dus nog exclusief het ICT- domein).



Figuur 6: Inrichting Dali-beheergroep (met focus op aanlegfase)

Periodiek op onderdelen evalueren

Gedurende het project evalueerden we periodiek. Tijdens evaluaties beoordeelden we Dali op de volgende onderdelen: beleid, kengetallen en componenten & werkwijze.

Uit de evaluatie van het beleid werd duidelijk hoe we de toepassing van Dali konden optimaliseren. Bijvoorbeeld door Dali ook bij nieuwbouw van meet af aan in te zetten en door bepaalde meetgrootheden aan te passen. Met een ontwerp gericht op flexibiliteit en schaalbaarheid was dit laatste gemakkelijk te realiseren.

Uit de evaluatie van de kengetallen werd duidelijk dat de kosten voor de inbedrijfstelling van Dali hoger waren dan ingeschat. De totale projectkosten bleken echter zoals begroot. De hogere kosten voor arbeidsuren werden ruim goedge maakt door de lagere aanschafprijs van componenten.

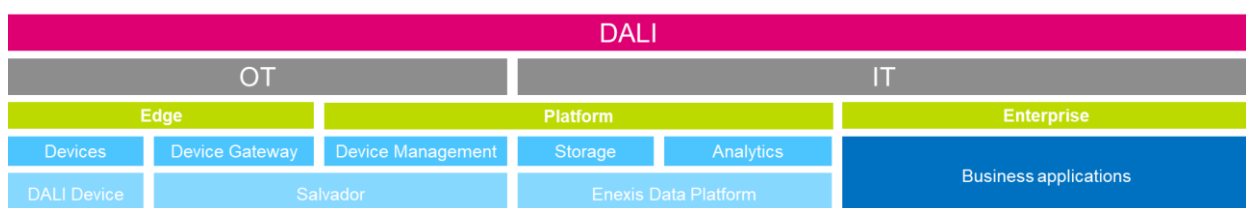
Terugkijkend op de veiligheid, de kwaliteit, de gebruikservaringen en de storingen kunnen we concluderen dat Dali geen zorgpunten opleverde, dat het systeem aansluit bij de behoefte en levert wat ervan mag worden verwacht. Door de gedegen voorbereiding en de intensieve samenwerking tussen de verschillende deelnemende partijen verliep de installatie van de Dali-boxen bovendien boven verwachting goed.

3.3 IT/OT-keten

Naast het verwerven en installeren van de Dali-boxen en de aanverwante hardware is de inrichting van de IT/OT-keten een succesbepalend onderdeel binnen het Dali-project. OT staat voor operationele techniek. Dit is het gedeelte van de keten van waaruit de Dali-boxen worden beheerd en de data worden ontsloten. Dit gebeurt vanuit de twee bedrijfsvoeringscentra van Enexis. In het OT-deel van het domein stellen we bij Enexis hoge eisen aan veiligheid en stabiliteit.

IT staat voor informatietechnologie. Dit is het deel van de keten waar de verzamelde data na ontsluiting terechtkomen en waar ze worden voorbereid voor gebruik breder in de organisatie. De inrichting van het IT-domein is gericht op wendbaarheid en flexibiliteit. In het IT-domein is relatief eenvoudig bij data te komen via bedrijfsmiddelen van Enexis, zoals een laptop.

Normaliter zijn het IT- en het OT-domein strikt gescheiden, maar voor Dali zochten we naar een mogelijkheid om de data uit het OT-domein beschikbaar te krijgen in het IT-domein. Alleen dan konden we de potentie van Dali immers optimaal benutten. Figuur 7 toont een overzicht van de globale architectuur van de Dali-keten.



Figuur 7: Overzicht van de IT/OT-keten

De Dali-boxen communiceren met het Salvador-softwareplatform. Binnen het OT-domein is dit platform verantwoordelijk voor:

1. het configureren en plaatsen van nieuwe DALI-boxen;
2. het verzamelen van de data uit alle DALI-boxen;
3. het distribueren van de data naar het Enexis Data Platform (datalake).

Koppeling met OT

We kozen ervoor om de Dali-boxen met het OT-domein te laten communiceren omdat de sturing van de openbare verlichting een publieke functie heeft en omdat de systemen van ons bedrijfsvoeringscentrum (BVC) ook opereren vanuit het OT-domein. Deze keuze bracht echter de nodige uitdagingen met zich mee. Zo moest de uitrol plaatsvinden via de OT-datacenters op het terrein van Enexis, waar de toegang tot internet wordt beperkt door zogenaamde *air-gapped* systemen. Om toch voor een flexibel en schaalbaar systeem te kunnen zorgen pasten we moderne *cloud native* technieken toe en zetten we stevig in op *containerization & orchestration*. Deze technieken maken de software flexibeler inzetbaar en daardoor wordt de (potentiële) stap naar een *public cloud* in de toekomst eenvoudiger.

Continue verbinding

Dali produceert grote hoeveelheden data. Met behulp van uitleesbare verklikkers is het mogelijk om kortsluiting in het net snel te signaleren. Daarnaast worden door de Dali-boxen de afgaande laagspanningsvelden gemeten. Deze informatie wordt realtime verzameld doordat tussen de OT-omgeving en de DALI-boxen continu een verbinding openstaat. Alle verzamelde data worden vervolgens direct doorgezet naar het Enexis Data Platform (datalake).

Het datalake

Het Enexis Data Platform binnen het IT-domein zetten we op voor langdurige opslag en de verdere preparatie van sensordata voor analytische toepassingen. We bouwden dit platform op in de *cloud native* architectuur van Enexis. Zo zorgden we voor een schaalbare omgeving die grote volumes aan sensordata kan verwerken.

Nieuwe afdeling

Binnen het IT-domein richtten we een nieuwe afdeling in: Smart Data Solutions. Deze afdeling zorgt ervoor dat de sensordata aan IT-zijde op verschillende manieren beschikbaar zijn:

- als realtime informatiestroom voor business-toepassingen;
- als datalake-opslag voor het langdurig tegen lage kosten bewaren van de enorme hoeveelheden detailgegevens, en
- als geprepareerde data die gecombineerd kunnen worden met onder andere informatie over de gerelateerde bedrijfsmiddelen en nettopologie ten behoeve van analytische toepassingen en bedrijfsapplicaties.

De sensordata konden we hierdoor onder andere al gebruiken voor: het ontdekken van energiediefstal, het signaleren van openstaande deuren en het signaleren van afwijkende waarden in stations die reden kunnen zijn voor nadere inspectie.

Intensieve samenwerking & duidelijke afspraken

Vele applicaties samen zorgen bij Dali voor een functionele keten. De interactie tussen al die applicaties goed laten verlopen vraagt om intensieve samenwerking tussen alle betrokken teams en duidelijke afspraken over de communicatielijnen. Door die goed in kaart te brengen is altijd overzichtelijk wie waarvoor verantwoordelijk is. Zo werkten we tussen Salvador en het Enexis Data Platform met een extern interfacedocument. Hierin benoemden we welke informatie je uit Salvador kan verwachten en hoe die is vormgegeven. Het principe van garantie op volgordelijkheid per DALI-box staat er bijvoorbeeld in beschreven. Deze informatie is van belang voor de verdere verwerking van data binnen Enexis, omdat deze implementatiekeuzes kan beïnvloeden. Daarnaast werkten we met een Dali-telefoonboek om elk type meting uit een Dali-box te kunnen classificeren. Het Dali-telefoonboek is een ketenbreed document dat ervoor zorgt dat elke aangesloten applicatie een interpretatieslag kan maken op de data en zo interessante businesscases kan ontwikkelen.

Toekomst

In de aankomende jaren rollen we DALI verder uit. Het Enexis Data Platform wordt het centrale dataplatform van Enexis en uiteindelijk is het de bedoeling dat zo'n 35.000 middenspanningsstations met een Dali-box worden uitgerust. Om dat mogelijk te maken zullen we moeten blijven investeren in de stabiliteit en betrouwbaarheid van de keten. Een keten die steeds belangrijker zal worden nu de rol van netbeheerders verandert.

De grote kracht van de huidige inrichting van het systeem is dat zowel Salvador als het Enexis Data Platform niet alleen gebouwd is voor Dali. De softwarearchitectuur van Salvador is zo opgezet dat het mogelijk is om ook andere apparatuur erop aan te sluiten. Gas- of warmtemeters bijvoorbeeld. De combinatie van Salvador en het Enexis Data Platform maakt het in de toekomst mogelijk om compleet nieuwe scenario's te ontwikkelen, terwijl de basissystemen gewoon kunnen blijven draaien.

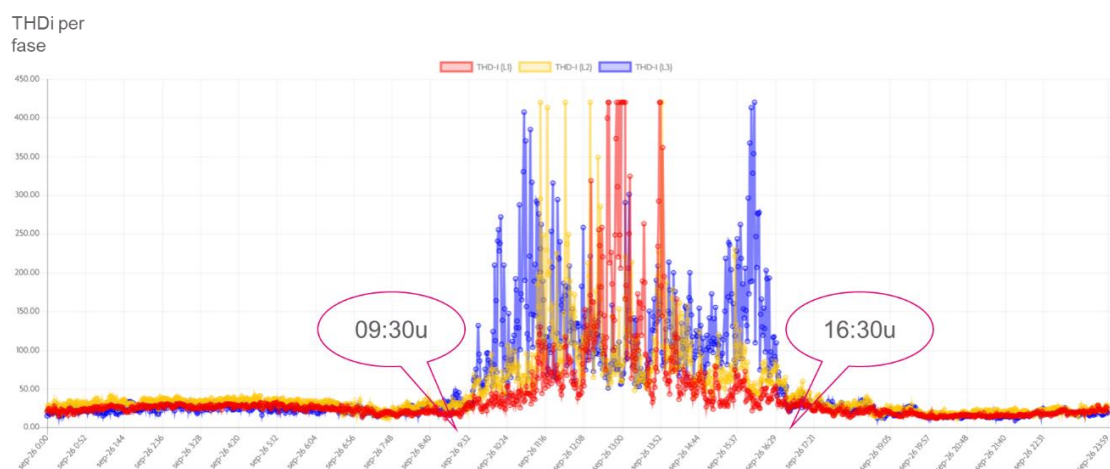
3.4 Toegevoegde waarde Dali

In algemene zin kunnen we stellen dat Dali meer oplevert dan we vooraf hadden verwacht. Dali resulteerde in:

- het faciliteren van de energietransitie
(Door inzicht te geven in de netbelasting. Vraag en aanbod kunnen daardoor beter worden voorspeld.)
- slim netbeheer door de beschikbaarheid van meer meetdata
(Denk aan: het detecteren van de overbelasting van assets, het sneller oplossen van storingen, het beheersen van de spanningshuishouding, de detectie van energiediefstal en de detectie van open stationsdeuren.)
- een toekomstbestendig alternatief voor de huidige toonfrequent (TF)-ontvangers
(Dali zorgt namelijk voor meer flexibiliteit in de aansturing van openbare verlichting.)

Nieuwe inzichten

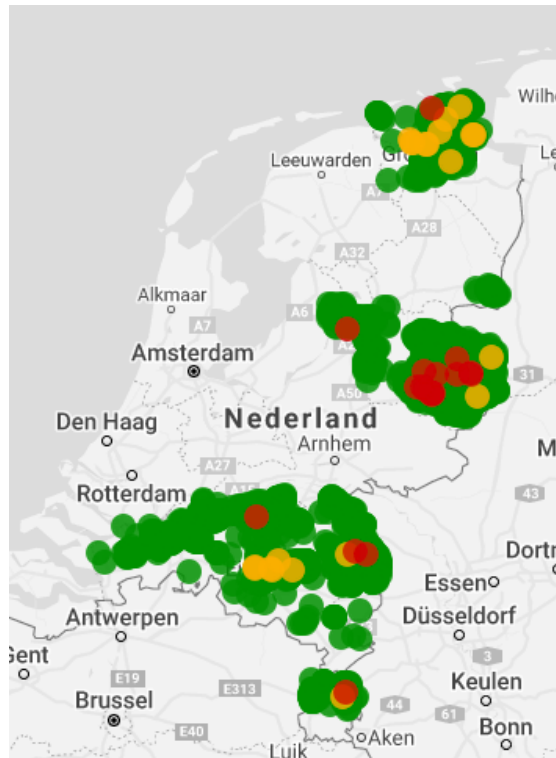
De uitgebreide beschikbaarheid van data leverde tevens nieuwe inzichten op. Door metingen die nodig waren om energiediefstal vast te stellen constateerden we bijvoorbeeld dat de grootschalige opkomst van zonnepanelen (omvormers) een grote impact heeft op de spanningskwaliteit en in het bijzonder de hogere harmonische frequenties in de spanning (zie Figuur 8). Hierop kunnen we nu proactief acteren, waardoor we kunnen zorgen voor een betere energiehuishouding en een stabiel net.



Figuur 8: Harmonische versterking op een Dali-station

Alarmen instellen mogelijk

Om optimaal gebruik te maken van de inzichten die Dali verschaft ontwikkelden we meerdere tools en dashboards binnen Enexis. Een van de dashboards (zie Figuur 9) stelt ons in staat om op detailniveau de metingen van Dali te zien. Tevens voegden we functionaliteiten toe aan de dashboards waardoor het mogelijk wordt om alarmen in te stellen. Denk bijvoorbeeld aan een signaal bij afnemende spanningskwaliteit, openstaande deuren en overbelastingen van de transformator.



Figuur 9: Meetdata dashboard Dali

Een van de voorbeelden van een situatie waarin een alarm helpt bij onze bedrijfsvoering is het signaal bij een openstaande stationsdeur. De Dali-box verzendt bij een open deur automatisch een melding. Na ontvangst in het datalake wordt er op basis van bedrijfsafspraken een bericht gezonden aan de bedrijfsvoering. Deze methode vult andere veiligheidsmaatregelen op het gebied van openstaande deuren aan en geeft extra handvatten om onveilige situaties snel op te lossen.

3.4.1 Energiebesparing

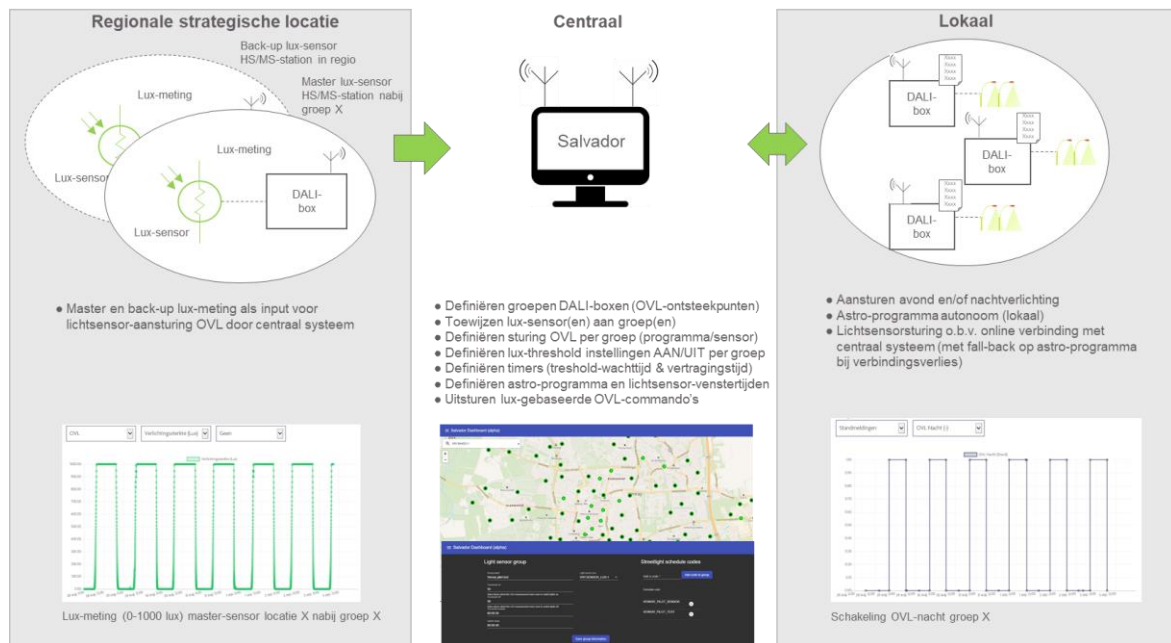
Een van de doelstellingen van project Dali is het realiseren van energiebesparing. Hiermee draagt Dali ook bij aan het behalen van de klimaatdoelstellingen. Dankzij het palet aan functionaliteiten kan Dali op meerdere fronten zorgen voor energiebesparing. De belangrijkste bronnen van besparing zijn het slimmer aansturen van de openbare verlichting, het opsporen van fraude in het net en de reductie van technische netverliezen. In het demo gebied is duidelijk geworden dat de energiebesparing 2,4 GWh per jaar is. Dit geeft een potentiële energiebesparing van 23,1 GWh per jaar na volledige uitrol van Dali in 2025. Het besparingspotentieel van 27 GWh/jaar zoals beschreven in het projectplan wordt hiermee niet volledig behaald, maar met de mogelijkheden die Dali biedt is de verwachting dat dit op termijn haalbaar is.

3.4.1.1 Meer inzicht en slimme aansturing openbare verlichting

Dali biedt binnen het Enexis-verzorgingsgebied een alternatief voor de huidige aansturing van de openbare verlichting. Nu gebeurt dat nog met behulp van een toonfrequent (TF)-signaal dat op strategische punten in het net wordt geïnjecteerd. Deze techniek voldoet alleen niet meer aan de hoge standaard die Enexis stelt aan betrouwbaarheid en betaalbaarheid.

Daarom faseren we deze uit in de komende jaren. Met Dali kunnen we de openbare verlichting op zo'n manier aansturen dat zowel de betrouwbaarheid van het lichtnet als de flexibiliteit van de aansturing toeneemt.

Een van de functionaliteiten die Dali biedt, is het aansturen van de openbare verlichting op basis van de lichtintensiteit, gemeten door een sensor in een gebied (zie figuur 10). Inzet van deze Dalilichtsensorsturing maakt het mogelijk om het energieverbruik van openbare verlichting te minimaliseren terwijl de lichtintensiteit blijft voldoen aan de veiligheidsnormen. De te behalen besparingen zijn afhankelijk van lokale omstandigheden die bepaald worden door gemeenten, zoals de nagestreefde minimale lichtintensiteit en eerder toegepaste brandprogramma's.



Figuur 10: Proces van aansturing openbare verlichting

In een van de pilot gebieden is bijgehouden wat de tijdswinst is van het schakelen via deze lichtsensor ten opzichte van het traditionele schakelprogramma die gebaseerd is op de astronomische tijd. Hierin is een tijdswinst behaald van gemiddeld 11 minuten per dag voor dat gebied. Dat geeft een gemiddelde besparing van 1,6% per dag. Met een totaal energieverbruik van 265.994.632 kWh per jaar komt de potentiële besparing uit op 4,3 GWh per jaar bij volledige uitrol, zoals weergegeven in tabel 1.

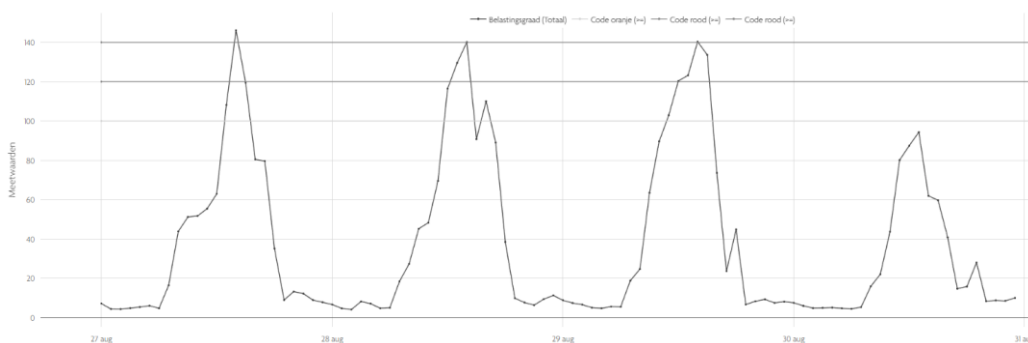
Traditioneel rooster	Dali sensorsturing	Besparing %	Geschatte besparing per jaar voor de demo	Potentiele besparing geheel Enexis gebied
690 min per dag	679 min per dag	1,6%	0,5 GWh/jaar	4,3 GWh/jaar

Tabel 1: potentiële energiebesparing dankzij Dali

Deze energiebesparing kan worden gerealiseerd met weinig impact op de huidige schakeltijden van de openbare verlichting. De flexibiliteit van Dali maakt het mogelijk om met bijvoorbeeld het instellen van een lagere licht intensiteit nog meer energiebesparing te realiseren.

3.4.1.2 Beperking energieverlies

Dali meet de energiestromen in het net. Deze energiestromen geven Enexis veel inzicht in de toestand van het net en helpen bij het detecteren van afwijkingen. Hierdoor kunnen we vroegtijdig ingrijpen, bijvoorbeeld bij verhoogde kabel- en transformatorbelastingen. In figuur 11 zie je een voorbeeld van een belasting die de ingestelde grenswaarde overstijgt. Door deze excessen tijdig te signaleren en direct de benodigde aanpassingen in het net door te voeren worden de componenten minder zwaar belast. Dit zorgt voor een grotere betrouwbaarheid van het energienet en minder netverlies. Op dit moment is er nog geen uitspraak te doen over de hoeveelheid reductie van energieverlies op dit vlak. Een ander aspect hierin is de beschikbare ruimte voor inpassing van duurzame energiebronnen. Met behulp van onder andere Dali data wordt het mogelijk om de beschikbare ruimte beter te managen en daarmee meer plek te creëren voor zonne- en windparken in ons net. Naar verwachting wordt hiermee 20 tot 30%⁵ extra ruimte gecreëerd voor nieuwe zonneparken.



Figuur 11: Belasting van de transformator

Binnen het Enexis-werkgebied vindt er ook op aanzienlijke schaal energiediefstal plaats^[1], vaak ten behoeve van de hennepsteelt. Dali helpt dit probleem te beperken door afwijkingen in het net te detecteren, op basis waarvan politie en gemeenten nader onderzoek kunnen doen. Dali draagt zo ook bij aan een aanzienlijke energiebesparing en kostenreductie^[2]. De afgelopen 12 maanden werd op deze manier in totaal 1.880.027 kWh aan energie bespaard. Let op: dit is de energie die voor de kweek van de aangetroffen hennepplanten is gestolen. De energie die nodig was voor voorgaande en toekomstige oogsten is hierin niet meegenomen. In werkelijkheid zal de besparing die met Dali te realiseren is dus veel hoger zijn. Bij een volledige uitrol van Dali groeit de energiebesparing naar verwachting door naar 18.800.000 kWh per jaar, oftewel een totaal van 18,8 GWh per jaar.

⁵ <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/eerste-pilots-met-curtailment-van-zonneparken>

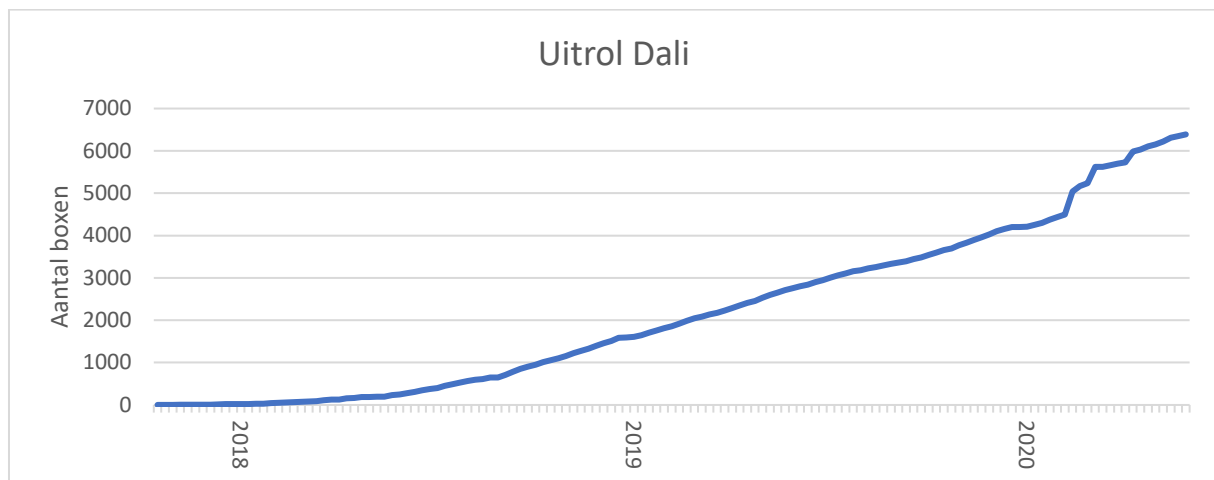
^[1] <https://www.enexisgroep.nl/nieuws/hennepkwekerijen-stelen-114-miljoen-kwh-stroom-in-2019/>

^[2] https://www.limburger.nl/cnt/dmf20181213_00084287/enexis-kan-binnenkort-digitaal-drugslabs-en-hennepplantages-opsporen

3.5 Huidige status Dali

In de eerste periode van dit project lag de focus op het opbouwen van de Dali-keten binnen Enexis en het verwerven van de benodigde materialen zoals de Dali-box. Vanaf 2017 deden we testen in het veld met het installeren van de box en de werking van de ICT-keten. Eind 2017 waren de werkinstructies en de benodigde middelen op een dusdanig niveau dat de uitrol van Dali formeel gestart kon worden binnen de organisatie. Na een opstartfase waarbij de uitrol binnen de vestigingen van Enexis geïmplementeerd en geoptimaliseerd werd, kwam de uitrol medio 2018 in een stroomversnelling.

Eind 2019 bereikten we ruimschoots het beoogde doel van het Dali-project: de uitrol van 4.286 boxen, zie ook figuur 12. Inmiddels rollen we jaarlijks tussen de 4.000 en 6.000 Dali-boxen uit binnen het Enexis-verzorgingsgebied. Uiteindelijk zullen door Enexis 35.000 Dali-boxen in Nederland worden geplaatst. Dit toont aan dat het Dali-project zeer succesvol was. Het werd voor Enexis zelfs van strategisch belang.



Figuur 12: Uitrol Dali

De versnelling in de uitrol begin 2020 is ook interessant om te zien. Dit kwam door een storing in de openbare verlichting. In zeer korte tijd werd het toonfrequente signaal toen bij bijna 1.000 middenspanningsstations vervangen door Dali-boxen. Dit illustreert mooi de flexibiliteit en schaalbaarheid van Dali.

4. Conclusie en aanbevelingen

4.1 Discussie en conclusie

De stevige Dali-keten waar Enexis nu over beschikt maakt het voor de organisatie mogelijk om haar rol van netbeheerder meer datagedreven en efficiënter te vervullen. De Dali-keten is in staat om dagelijks miljoenen metingen veilig te verwerken met een hoge databeschikbaarheid en -kwaliteit. Bovendien is de keten flexibel en schaalbaar ingericht. Hierdoor is er ruimte voor groei en het toevoegen van nieuwe functionaliteiten. Binnen Enexis zijn daarnaast diverse teams opgericht die op IT- én OT-vlak verantwoordelijk zijn voor het beheer van deze nieuwe datastromen. Hiermee heeft het project meer opgeleverd dan verwacht en kunnen we de uitrol eenvoudig opschalen.

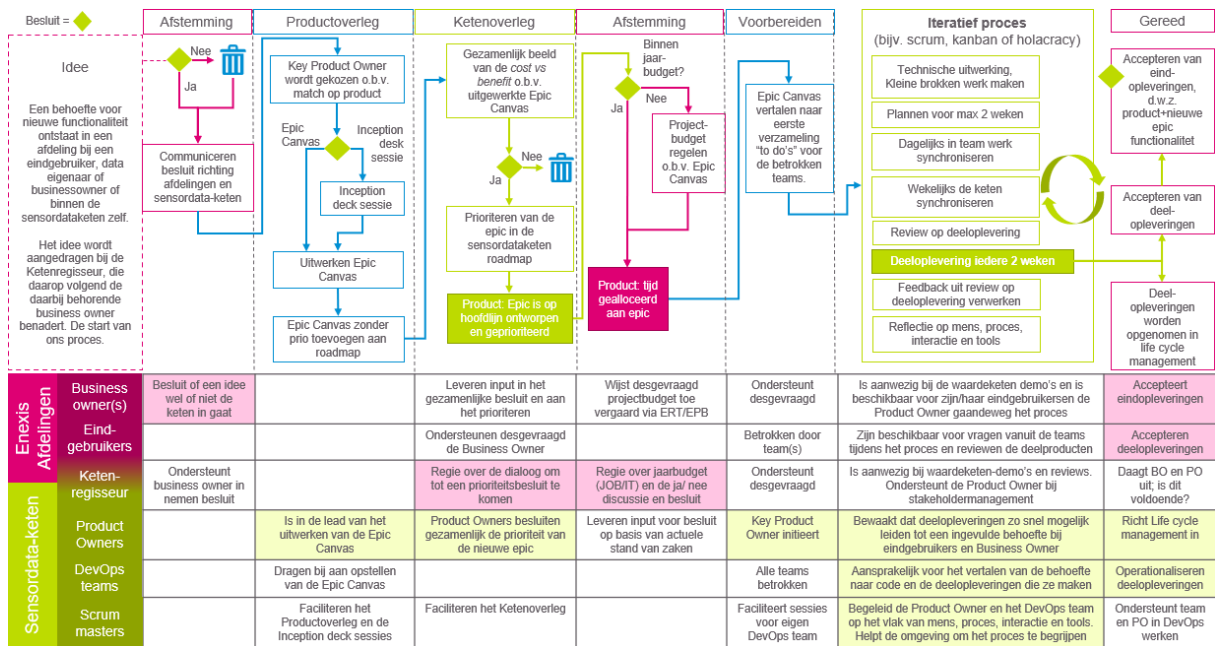
Dat Dali binnen Enexis flinke uitdagingen met zich zou meebrengen was van tevoren bekend. De uitdagingen en de impact van het project op de organisatie waren echter groter dan verwacht. Het ontsluiten van sensordata uit de netten is niet iets wat je snel opzet en kan afdoen met het bestellen van een aantal sensoren en een cloudaccount. Door technische uitdagingen en een verminderde uitvoercapaciteit bij de afdeling Infra liep het project in totaal twee jaar vertraging op.

Inmiddels werd Dali goed opgeleverd en is de demo met 4.286 boxen succesvol afgerond. Al gedurende de installatie van de boxen werd ons de urgentie en de potentie van Dali helder. Daarom besloot Enexis om conform plan alle middenspanningsstations in haar verzorgingsgebied te voorzien van Dali. Het doel is eind 2025 hier grotendeels mee klaar te zijn, zodat de huidige TF-zenders in het gehele Enexis-gebied uitgefaseerd kunnen worden.

Zoals beschreven bij de resultaten biedt Dali op meerdere vlakken toegevoegde waarde aan de uitdagingen van Enexis en de energietransitie. Dali biedt cruciaal inzicht in de toestand van onze netten en creëert daarmee de mogelijkheid om slimmer en beter netbeheer uit te voeren. Hierdoor wordt het bestaande net beter benut en zwaar belaste componenten tijdig vervangen. Daarnaast draagt Dali bij aan de energiebesparende doelstellingen van het klimaatakkoord met een potentie van 23,1 GWh op jaarbasis. Het slimmer aansturen van de openbare verlichting heeft niet geresulteerd in de verwachte reductie van 60 minuten per dag, maar zoals beschreven maakt de techniek het wel mogelijk om dit te realiseren. Een verdere reductie zal in afstemming met de verantwoordelijke gemeenten plaats moeten vinden.

Enexis koos er bewust voor om een deel van het project agile uit te voeren. Mede door de nieuwe materie en de hoeveelheid vraagstukken zou het te risicovol en tijdrovend zijn om dit traditioneel aan te pakken. Door te starten met wat we al wisten en te zorgen voor flexibiliteit ontstond er een keten die kon meegroeien met de nieuwste inzichten en technieken. Het datalake startten we met een Azure-account van een medewerker, maar inmiddels staat er een volwaardige, toekomstbestendige omgeving, beheerd door een nieuwe afdeling binnen Enexis.

Het succes van het project is in belangrijke mate bepaald door de intensieve samenwerking tussen alle afdelingen die erbij betrokken waren. Door vanaf dag één iedereen te betrekken bij de visie en het ontwerp waren het draagvlak en de betrokkenheid enorm. En dat zijn ze nu eigenlijk nog. De afdelingen die momenteel verantwoordelijk zijn voor het beheer en de doorontwikkeling van Dali weten elkaar nog altijd goed te vinden. Ze spraken een 'way of working' met elkaar af waardoor ze ook na afronding van het project met elkaar in contact bleven (zie figuur 13). De samenwerking tussen de verschillende bedrijfsonderdelen, teams en collega's tijdens Dali is binnen Enexis een voorbeeld geweest voor toekomstige trajecten.



Figuur 13: Manier van werken binnen de Dali-keten

Ondanks de uitdagingen waar we voor gesteld werden en de vertraging die het project opleep, kan Dali als een zeer succesvol project worden beschouwd. Dali toonde aan dat het mogelijk is om met bestaande technieken een compleet nieuwe keten in te richten waarmee op grote schaal data ontsloten kunnen worden uit de netten. Deze data en de mogelijkheid om de openbare verlichting slim aan te sturen zorgden ervoor dat binnen Enexis tal van nieuwe projecten werden gestart om meer uit de beschikbare data te kunnen halen. Dali hielp Enexis te veranderen van een organisatie met een technische netfocus naar een netbeheerder die efficiënt en gericht de energietransitie faciliteert. Hoe waardevol dit was blijkt uit het besluit om Dali volledig uit te rollen, maar ook uit de gesprekken die inmiddels zijn opgestart met collega-netbeheerders over samenwerking op dit vlak. Wij verwachten dan ook dat binnen Europa de komende jaren op steeds grotere schaal zal worden gekozen voor oplossingen waarbij data worden ingezet om de energietransitie te kunnen versnellen en zo klimaatdoelstellingen te realiseren.

4.2 Aanbevelingen

Partijen die een vergelijkbaar traject willen opstarten kunnen we het volgende aanbevelen:

- Bij vernieuwende trajecten zoals deze krijg je onherroepelijk te maken met voortschrijdend inzicht. Wacht niet tot je visie en ideeën 100% uitgekristalliseerd zijn, dan loop je het risico nooit of te laat te beginnen. Zorg voor een gedeeld beeld in de organisatie en werk agile toe naar de eindoplossing.
- Dali had veel impact op de Enexis-organisatie. Er ontstonden nieuwe teams, nieuwe werkwijzen en nieuw beleid. En dat terwijl mensen van nature niet dol zijn op verandering. Daarom raden we iedereen aan om ervoor te zorgen dat je je stakeholders goed in beeld hebt en houdt gedurende je project. Steek daarnaast tijd in het creëren van draagvlak. Niet alleen bij het management, maar ook bij uitvoerende medewerkers.

- Vanwege de vele raakvlakken in een organisatie op het gebied van ICT, assetmanagement en infra verdient het aanbeveling om besluiten over nieuwe werkpakketten door deze afdelingen gezamenlijk te laten nemen en niet afdeling voor afdeling. Om dit proces in goede banen te leiden is een duidelijke projectstructuur belangrijk.
- Een project opstarten met een projectteam is relatief eenvoudig, de uiteindelijke oplossing structureel borgen binnen de organisatie blijft echter een uitdaging. Vooral bij dit soort vernieuwende trajecten die zorgen voor meer werk en verantwoordelijkheden. Zorg er dus voor dat budgetten, verantwoordelijkheden en nieuwe taken formeel worden vastgelegd in de organisatie en start hiermee zodra je weet dat je een nieuwe oplossing structureel wilt gaan inzetten.
- Op basis van aanbestedingen verbind je je als opdrachtgever voor langere tijd aan een partij en aanbestedingen hebben over het algemeen geen agile karakter. Zorg er daarom voor dat je in je beschrijving voldoende rekening houdt met toekomstige wensen en voorkom tegelijkertijd dat je een uitvraag uitstuurt waarmee je het aantal mogelijke partners te veel beperkt. Zeker met het oog op de rol van smart grids in de toekomst en de grote kans op nieuwe aanbestedingen is een goede beschrijving van de eisen van groot belang. Niet alleen voor de hardware, maar ook voor software die goed beheer en firmware-updates mogelijk maakt.

II. Uitvoering van het project

5. Uitdagingen tijdens het project

5.1 Technische uitdagingen

Enexis deed de afgelopen jaren veel ervaring op met de uitrol van DA in het net. Hierdoor verliepen het opstellen van de technische eisen en de daaruit volgende aanbesteding voor Dali goed. Uitdagend was wel de afweging tussen de benodigde functionaliteiten en de kosten. In de snel veranderende omgeving waarin Enexis zich door de energietransitie bevindt, is het lastig om keuzes te maken met het oog op toekomstige behoeften. Daarom besloten we om te zorgen voor voldoende ruimte in het ontwerp van de Dali-boxen. Bijvoorbeeld door een meter extra op te nemen voor afgaande velden. Hierdoor kunnen op termijn nog extra functionaliteiten worden toegevoegd.

Een andere technische uitdaging tijdens het Dali-project was de opbouw van een complete ICT-keten voor het beheren en ontsluiten van data. Enexis was gewend om zaken *on-premises* te draaien in het OT-domein, maar wij wilden de data breder kunnen inzetten en met nieuwe technieken het beheer van de boxen inregelen. Doordat randvoorwaarden hiervoor nog niet ingevuld waren, liep de implementatie van de ICT-componenten vertraging op en kostte het tijd om qua techniek op het gewenste niveau te komen.

5.2 Organisatorische uitdagingen

Het op grote schaal ontsluiten en beschikbaar stellen van sensordata uit het net is een nieuwe discipline binnen netbeheer. Hiervoor richtten we een compleet nieuwe keten in die zorgt voor het beschikbaar stellen van sensordata aan alle relevante teams/afdelingen. Een grote uitdaging hierbij was het nog niet aanwezig zijn van de juiste competenties en de grote onzekerheid over de oplossingsrichting.

Invullen nieuwe competenties

In het OT- en IT-domein richtten we nieuwe teams in voor het beheer van de Dali-keten en het opbouwen van de benodigde competenties. Om snel op het juiste niveau te komen combineerden we interne en externe medewerkers. Achteraf gezien hadden we daarbij vooraf beter inzichtelijk moeten maken welke behoeften er precies waren qua team en competenties, om dit vervolgens direct te borgen in de organisatie. Dan was ook de implementatie van Dali waarschijnlijk soepel verlopen.

Agile benadering

Een groot ICT-project met snel veranderende inzichten is niet via een watervalmethode aan te vliegen. Daarom kozen we ervoor de deelnemende teams agile in te richten en op basis van sprints toe te werken naar een product. Voor het inrichten van een agile werkwijze die past bij de dynamische omgeving en de beschikbare medewerkers bleek het van groot belang om tijdig de juiste ondersteuning aan te trekken.

5.3 Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Tijdens de introductie van Dali binnen Enexis werd duidelijk dat de potentie van het systeem groot was. Dali bleek een toekomstbestendige vervanging voor het bestaande TF-signaal. Bovendien zorgde Dali voor een beter inzicht in de toestand van het energienet, waardoor Enexis beter voorbereid is op uitdagingen die onder andere de energietransitie met zich meebrengt. De inzichten die Dali verschaft zijn cruciaal voor het behouden van een betrouwbaar en duurzaam energienet. Door het vernieuwende karakter en de complexiteit van Dali lukte het tijdens het project nog niet om aantoonbaar energie te besparen op grote schaal, maar de enorme besparingspotentie werd wel duidelijk (zie hoofdstuk 4.1.1). Mede daarom richtten we geen OVL-dashboard voor gemeenten in en worden de schakeltijden nu nog door Enexis of via sensorsturing gedaan. Met de ambitie om Dali in 2026 compleet uitgerold te hebben en de hoeveelheid kennis die we momenteel opbouwen, is de verwachting dat Dali zeker gaat bijdragen aan een verdere energiereductie op het gebied van netverlies en het slimmer aansturen van de openbare verlichting.

Volgens het aanvankelijke projectplan zou het Dali-project eindigen in 2018. Het project liep echter een vertraging op van twee jaar. Met name door personele schaarste tijdens de uitrol van de demo-omgeving. Momenteel loopt de uitrol weer zoals verwacht. Het ziet ernaar uit dat deze in 2025 kan worden afgerond.

De verkregen subsidie is ingezet op een onderdeel ten behoeve van Onderzoek en Ontwikkeling en op de realisatie van een Demo van ruim 4000 Dali boxen.

- Op het vlak van Onderzoek en Ontwikkeling focuste het project in eerste instantie op het onderzoek naar en het opleveren van een *minimal viable product*. Vanwege de complexiteit en het innovatieve karakter van het ontwikkelde platform zijn hier fors meer uren gemaakt dan initieel begroot. De verdere doorontwikkeling van het gehele platform nam Enexis voor haar eigen rekening, onder meer met het oog op de verdere uitrol na het project.
- Wat betreft de Demo heeft er een verschuiving plaatsgevonden van materiaalkosten naar installatiekosten ten opzichte van de initiële begroting. Niet al het materiaal dat voor het project was voorzien is namelijk geïnstalleerd binnen de gestelde projecttermijn en de installatiekosten van Dali vielen flink hoger uit dan begroot. Dit komt met name door de hoeveelheid meerwerk die nodig was om de installaties succesvol af te ronden (16 uur versus de origineel begrote 8 uur). De verschuiving heeft minimale invloed gehad op de totale projectkosten.

6. Kennisverspreiding en publiciteit

6.1 Wijze van kennisverspreiding

Gedurende het Dali-project verschenen er meerdere artikelen in de media. Daarnaast vond een publieke aanbesteding plaats en waren er kennisdelingssessies. In onderstaand overzicht staat op welke wijzen kennis over Dali is verspreid. De volledige artikelen en achtergrondinformatie zijn aan te vragen via de ketenregisseur van de sensordataketen bij Enexis.

- **Digitalisering van de elektriciteitsdistributie, Energie+ nr. 2 juni 2018**
- **Publicatie van de aanbestedingsstukken van de benodigde hardware op TenderNed**
<https://www.tenderned.nl/tenderned-tap/aankondigingen/86844;section=2>
- **Kennisdeling bij de Avans Hogeschool in Breda (feb 2019)**
- **European Utility Week 3 t/m 5 oktober 2017**
Large scale roll-out and usage of a sensor network at Enexis
- **12 februari 2020 DutchPower en TKI Urban Energy Matchmaking: elektriciteitsinfrastructuur in de gebouwde omgeving**
Enexis als data gedreven netbeheerder
- **Outage Management for Transmission and Distribution Network Operators Forum – Berlin 9/10 June 2016**
Radical Lowering Outage Duration – Experiences of a DNO with Smart Secondary Substations (Ivan Theunissen)
- **Edunet conference Brightlands – 4 July 2018**
Control of Smart Grids
Sensor networks, digitalization and automation to facilitate energy transition (Ivan Theunissen)
- **Smart Grid Technology Forum – 29 March 2017**
OT security at Enexis (Philip Westbroek)
- **IoT-awards 2018**
Distributie Automatisering Light maakt het laagspanningsnet van Enexis slimmer met circa 35.000 sensoren
Innovation Leader – Frank Bodewes
- **Meerdere kennissessies met collega-netbeheerders**
 - Over Dali als geheel en de verschillende onderdelen afzonderlijk
 - De oplossing wordt ook bij collega-netbeheerders in de praktijk getoetst

6.2 Communicatie en PR-mogelijkheden

Gedurende het project zijn er meerdere persmomenten geweest en artikelen gepubliceerd in het kader van Dali. Daarnaast noemde een aantal leveranciers het project in hun communicatie. Ook deelden we belangrijke mijlpalen op LinkedIn. Op het gebied van energiediefstal en de TF-problematiek is Dali hierbij als oplossing genoemd.

Nu besloten is dat Dali volledig binnen Enexis wordt uitgerold, zijn er in de toekomst uiteraard nog meer PR-kansen die het verdienen om uitgenut te worden, waaronder de volledige uitfasering van het TF-sigitaal in 2026. De komende jaren zullen gemeenten steeds duidelijker de voordelen ondervinden van Dali en zal de bijdrage die deze innovatie aan de energietransitie levert ook steeds zichtbaarder worden.