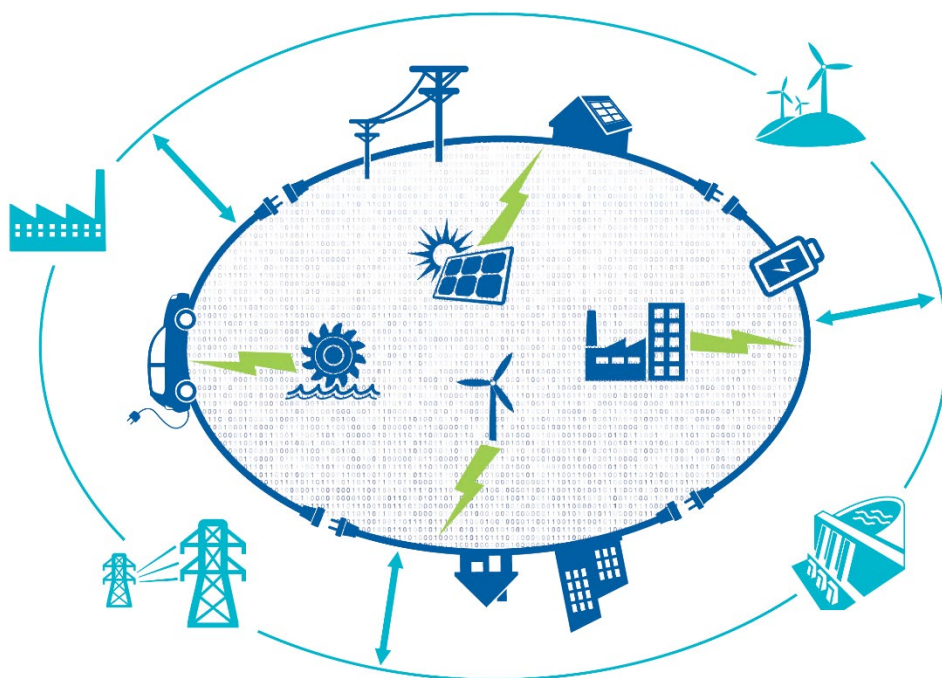


Pilot sluttrapport

Tilstandsbasert vedlikehold av transformatorstasjoner

Authors: Gry Finsrud, Vegard Jørgensen,
Bjarne Karlsen, Mathias Fossmo Eliassen (KDI)



CINELDI - Centre for intelligent electricity distribution

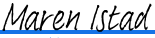
SINTEF and NTNU are the main research partners, with grid operators, technology providers, public authorities and international R&D institutes and universities as partners.

The research centre is financed by the Research Council of Norway and the Norwegian partners through the Centre for Environment-friendly Energy Research (FME) scheme. The FME scheme consists of research centres of limited duration that conduct concentrated, focused and long-term research on a high international level to solve specific challenges related to energy and the environment.



Centres for
Environment-friendly
Energy Research

Prosjektnotat

| TITTEL | | | |
|--|---------|--|--------------|
| Resultat og erfaringsnotat for Pilot <i>Tilstandsbasert vedlikehold av transformatorstasjoner</i> | | | |
| WORK PACKAGE | VERSJON | DATO | ANTALL SIDER |
| WP Pilot | 1.0 | 2024-10-10 | 11 |
| FORFATTER(E) | | WP-LEDER | GRADERING |
| Gry Finsrud, Vegard Jørgensen, Bjarne Karlsen, Mathias Fossmo Eliassen (KDI)  | | Maren Istad  <small>Maren Istad (Jan 8, 2025 08:55 GMT+1)</small> | Åpen |

SAMMENDRAG

Piloten gir grunnlag for tilstandsbasert vedlikehold av transformatorstasjoner. Pr i dag er vedlikehold kalenderbasert. I denne piloten er tre trafostasjoner med: Langum, Mjøndalen og Hafsfjord.

Glitre Nett har tidligere hatt et samarbeid med Kongsberg Digital (KDI) om deres digitale tvilling av strømmettet: Kognitwin Grid.

Ved å nyttig-gjøre eksisterende og tilgjengelige data fra ulike fagsystemer satt i system gjennom Kognitwin Grid har vi sammen med KDI i denne piloten videreutviklet produktet med en vedlikeholdsmodul.

Det er lansert en versjon 0.1 som utvikles videre. Denne versjonen testes og evalueres, og rutiner for bruk utarbeides.

I denne versjonen har overføring av vedlikeholdsdata og alle bryterendringer gjort det mulig å sette opp regler for triggering av vedlikehold basert på koblingsmønstre som blant annet tar hensyn til antall, tid mellom hver kobling, kobling under spenning, koblinger siden forrige vedlikehold, type bryter, fabrikkat mm.

Disse reglene utløser en trafikklysmoell, slik at man på en enkel og oversiktlig måte kan se hvilke vedlikehold som bør utføres, samt grunnen til dette.

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Bakgrunnsinformasjon om pilotprosjektet..... | 3 |
| 2 | Om Piloten og fysisk pilotområde..... | 7 |
| 3 | Resultater og innovasjoner fra Piloten..... | 8 |
| 3.1 | Resultater fra delaktivitet 1: Innsamling og strukturering av data..... | 8 |
| 3.2 | Resultater fra delaktivitet 2: Utvikle løsning for visualisering av data, og etablere prosesser og rutiner | 8 |
| 3.3 | Innovasjoner fra Piloten..... | 10 |
| 4 | Tekniske/faglige erfaringer fra Piloten..... | 10 |
| 5 | Kost-/nyttevurderinger basert på resultatene for Piloten..... | 11 |
| 5.1 | Kostnader | 11 |
| 5.2 | Nyttevurderinger | 11 |

1 Bakgrunnsinformasjon om pilotprosjektet

Tabell 1: Bakgrunnsinformasjon

| | Fra malen "planlegging av pilotprosjekt" | Viktige endringer i løpet av pilotperioden |
|------------------------|--|---|
| Målsetting | <p>Nyttiggjøre eksisterende, tilgjengelig data for å utføre <u>tilstandsbasert vedlikehold</u> i kombinasjon med kalenderbasert vedlikehold. Ved å gjøre dette er målet å redusere KILE-kostnader samt effektivisere vedlikeholdsarbeid.</p> <p>Detaljsmål:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Samordne og nyttiggjøre eksisterende data fra ulike fagsystem (SCADA, ADMS, AMS, ...) 2. Etablere en «digital tvilling» som gir oversikt over tilgjengelig informasjon på en hensiktsmessig måte. 3. Etablere prosesser/rutiner for tilstandsbasert vedlikehold 4. Hente inn flere datasett for å øke nytteverdi ytterligere: <ol style="list-style-type: none"> a. Flere sensorer for å samle data som ikke er dekt i dag. b. Integrere avvik/vedlikeholdstiltak med vedlikeholdssystemet c. Integrerer andre komponenter som brann varsling, hjelpeanlegg, batteri, generatorer. | <p>Målsettingen er i stor grad oppnådd, men i piloten har vi ikke integrert komponenter som brannvarsling, hjelpeanlegg, batteri og generatorer.</p> <p>I prosjektperioden har omfanget av å integrere seg mot denne type tredjepartsløsninger blitt for omfattende gitt tidsbegrensning på prosjektet.</p> |
| Problemstilling | <p>Vedlikeholdsarbeid er i dag basert på varierende og stykkevis informasjon fra stasjonen. Gjeldende praksis er dermed kalenderbasert vedlikehold. Dette er lite effektivt – mange besøk på transformatorstasjoner viser seg å være unødvendige. Samtidig kan det</p> | |

| | | |
|---------------------------|--|--|
| | <p>oppstå feil som ikke blir oppdaget før neste planlagte besøk, og dermed vil det oppstå avbrudd som kunne ha vært unngått med en mer proaktiv tilnærming.</p> <p>For optimalt vedlikehold av trafostasjoner er det behov for å få oversikt over tilstanden til komponenter i stasjonen, men dagens verktøy og rutiner støtter ikke dette. Eksempelvis viser SCADA øyeblikksbilde slik at de er optimale for operatørene på Nettsentralen. Dagens SCADA er ikke tilrettelagt for trendanalyse og aggregering over tid, og det er begrenset mulighet for å utnytte dataene. Dermed forsvinner viktig tilstandsinformasjon som er vital for proaktivt vedlikehold.</p> <p>Et annet problem er at mange fagsystem holder på informasjon som hver for seg dekker spesifikke arbeidsprosesser. Denne informasjonen må sammenstilles for å få et godt nok tilstandsbilde. Eksempelvis må bruk av brytere (fra SCADA) aggregeres og sammenstilles med informasjon om tidligere vedlikehold (fra vedlikeholdssystem) for å ta stilling til behov for tilsyn.</p> <p>Gjennom egnet strukturering, sammenstilling, aggregering og visualisering kan vi få oversikt over tilstand til komponenter og kan dermed gjøre vedlikeholdstiltak med bakgrunn i tilstand. Dette vil bidra til et stort steg fra dagens kalenderbaserte vedlikeholdsstrategi.</p> | |
| <p>Aktiviteter</p> | <p>Aktiviteter er delt i tre grupper:</p> <p><u>Innsamling og strukturering av data</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Samordne og nyttiggjøre eksisterende data fra ulike fagsystem slik at sammenstilling av disse gir et komplett, digitalt grunnlag for faktisk tilstand i | |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>transformatorstasjonen. Eksisterende data inkluderer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Status på brytere og trinnkoblere <ul style="list-style-type: none"> ○ Kobling av effektbrytere mot feil ○ Betjening av skillebrytere ○ Bruk at trinnkoblere • Elektriske egenskaper <ul style="list-style-type: none"> ○ Trendoversikt for strøm og spenning ○ Energiflyt, aktiv/reaktiv ○ Overharmoniske egenskaper ○ Jordstrøm • Fysiske egenskaper <ul style="list-style-type: none"> ○ Trykk ○ Temperatur ○ Fukt <p>2. Montere ytterligere sensorer for å samle data som ikke er dekt i dag. Dette kan for eksempel gjelde tilfeller der datasett under punkt 1. ikke er komplett eller detaljert nok.</p> <p>3. Integrere avvik/vedlikeholdstiltak med vedlikeholdssystemet slik at en automatisk kan få ut arbeidsordre når systemet oppdager vedlikeholdstiltak pga tilstanden til komponenten</p> <p>4. Integrerer andre komponenter som brannvarsling, hjelpeanlegg, batteri, generatorer. I prinsippet må alt av data som kan samles inn i en trafo kunne til rette legges for tilstandskontroll.</p> <p><u>Utvikle løsning for visualisering av data</u></p> <p>En tilrettelagt løsning er essensiell for at vedlikeholdspersonell skal kunne hente gevinster gjennom bedre vedlikehold. Det finnes i dag flere varianter av digitale tvillinger som viser tilstand for et fysisk system. Disse er ofte utviklet for et spesifikt behov, og</p> | |
|--|--|--|

| | | |
|------------------------------------|---|--|
| | <p>det er ikke gitt at de passer til behovet her. For å forstå behovet og bygge bestillerkompetanse, kan det være hensiktsmessig å utvikle en MVP selv.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karlegge og vurdere eksisterende løsninger • Designe og utvikle egen løsning (MVP) • Ta stilling til hva som er best løsning på sikt (innkjøp vs egenutvikling) <p><u>Etablere prosesser og rutiner</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Når en første løsning er på plass, vil det bli etablert prosesser og rutiner for tilstandsbasert vedlikehold • Rutiner vil bli testet ut og evaluert | |
| <p>Kostnadsestimat</p> | <p>Timer*: 1100 timer – 1,1 MNOK 100 t Administrasjon, 300 t Data engineering: Datauttrekk, strukturering, aggregering 300 t Utvikling av løsning for visualisering av data 200 t Etablering av prosesser og rutiner 200 t Testing, pilotering 1100 t Sum</p> <p>Utstyr og montasje: 0,4 MNOK 0,2 MNOK Sensorer 0,2 MNOK Montasje</p> <p>Samlet budsjett: 1,5 MNOK</p> <p>* Prosjektet vil gjennomføres av fagressurser i Glitre Nett og innleid ressurs fra Å-konsernet.</p> | <p>Pr medio september har vi hatt interne kostnader på 1,1 MNOK Inkl 0,4 MNOK lisenser (Azure)</p> <p>Kongsberg Digital (KDI) har hatt utviklingskostnader som går utenfor budsjettet til Glitre Nett.</p> |
| <p>Innovasjonspotensial</p> | | |
| <p>Forventet resultat</p> | <p>Det forventes at man etter gjennomføring av prosjektet vil kunne bruke resultatet direkte inn i vedlikeholdsplanene våre, og på den måten senke vedlikeholdskostnader og KILE-kostnader. Verdien av prosjektet</p> | |

| | | |
|-----------------|--|--|
| | vil i første omgang testes ved å gjennomføre vedlikehold på et sett med skillebrytere som identifiseres i nytt system, for å se om disse fungerer optimalt, eller om man har avdekket potensielle feil ved hjelp av nytt system. | |
| Tidsplan | 01.08.2023 - 31.12.2024 | KDI kom inn i prosjektet februar 2024. |

2 Om Piloten og fysisk pilotområde

Tabell 2: Piloten og pilotområdet

| | |
|--|---|
| Pilotområdet | Nettområdet til Glitre Nett, men kun tre trafostasjoner er med i piloten: Mjøndalen, Langum og Hafskjold |
| Måledata og andre data som samles inn og lagres fra Piloten | Fra tidligere lagres koblinger i datanav fra ADMS API. Disse ble oversendt til KDI som en dump, hver time, av koblingsbilde i forhold til normaltilstand. I tillegg har KDI mottatt nett-topologien i form av CIM-eksport fra Netbas og måleverdier i regionalnett. I løpet av piloten har man satt opp overføring hver time av alle bryterkoblinger til KDI og overført en dump av vedlikeholdsdata fra IFS. |
| Personvern og/eller kraftsensitiv informasjon | Kraftsensitiv data: CIM eksport fra Netbas og bryterendringer fra ADMS. |
| Måle- og kommunikasjonsinfrastruktur | ADMS data fra diverse brytere |
| Use-case-beskrivelser og testplaner | |
| Regulering og forskrifter | Kraftberedskap-forskriften |
| Barrierer og løsninger | |
| Hvem skal eventuelt ta resultater fra Piloten i bruk? | Vedlikehold i ulike nettselskaper |
| Hvem er erfaringene relevant for? | Nettselskaper og KDI som kan utvikle sitt produkt |
| Hva påvirkes av resultater fra Piloter? | Vedlikeholdsarbeid |
| Informasjonsdeling mellom aktørene før/underveis/etterpå | Informasjonsdeling har skjedd gjennom CINELDI (presentasjoner og rapporter). Diverse arbeidsmøter sammen med KDI |

Er det laget planer for videreføring? Skalering/fullskala implementering?

Antagelsen er at piloten videreføres med flere parametere og inkludere flere trafostasjoner

3 Resultater og innovasjoner fra Piloten

3.1 Resultater fra delaktivitet 1: Innsamling og strukturering av data

Overføring av vedlikeholdsdata og alle bryterendringer til KDI utover nettmodell som de fra tidligere får, har gjort det mulig å sette opp regler for triggering av vedlikehold basert på koblingsmønstre som hensyntar antall, tid mellom hver kobling, kobling under spenning, koblinger siden forrige vedlikehold, type bryter, fabrikkat, m.m. Særlig god oppløsning på bryterdata er vesentlig i flere av reglene satt opp i Kognitwin Grid under piloten.

De nye bryterdataene overføres til KDI i samme kodeløsning som tidligere har oversendt koblingsbilde, i en ny CSV fil side-om-side med den gamle. Vedlikeholds-dataene trekkes ut av en IFS-hurtigrapport ved funksjonalitet i applikasjonen som muliggjør eksport til CSV, og sendes til KDI per e-post eller deles over SFTP-server.

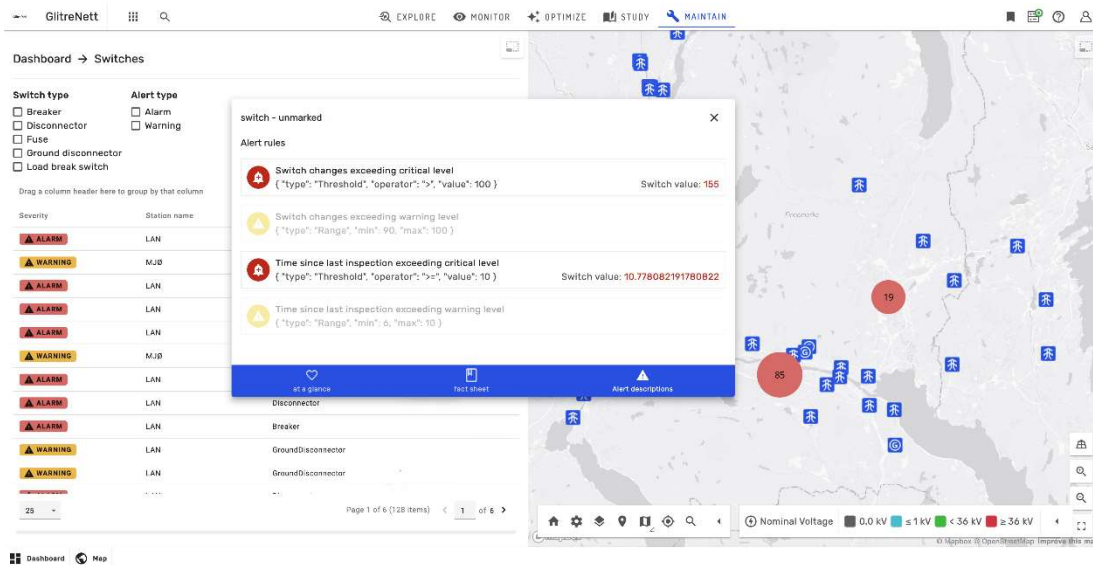
3.2 Resultater fra delaktivitet 2: Utvikle løsning for visualisering av data, og etablere prosesser og rutiner

Glitre Nett har tidligere hatt et samarbeid med Kongsberg Digital (KDI) rundt deres digitale tvilling: Kognitwin Grid.

I stedet for å utvikle vår egen MVP valgte vi å inngå samarbeid med KDI som allerede hadde en vedlikeholdsmodul i Kognitwin som var utviklet for olje og gass-bransjen. Denne modulen har vi i samarbeid videreutviklet, og tilpasset nett. KDI har fått nyttig erfaring for produktutvikling og Glitre Nett har fått en vedlikeholdsmodul ut ifra våre behov, som nå inngår i et allerede etablert og kjent verktøy. Vi har hatt stor påvirkning både i forhold til UX og definert innhold ut fra en liste over regler for hvilke kriterier som skal utløse tilstandsbasert vedlikehold.

Det er lansert en versjon 0.1 som utvikles videre. Denne versjonen testes og evaluertes, og rutiner for bruk utarbeides.

Skjerm bilde fra modulen, versjon 0.1



Noen regler som ligger til grunn for vedlikehold og trafikklensmodellen i piloten

| Type | Isolasjons medium | | | Koblinger | År | Forsinkel | Statu | |
|--------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|----|-----------|-------|------------------------------------|
| Effektbryter | Gass | Antall koblinger mot feil | Større enn | 50 | | | rød | |
| Effektbryter | Olje | Antall koblinger mot feil | Større enn | 3 | | | rød | |
| Effektbryter | Vacuum | Antall koblinger mot feil | Større enn | 10 | | | rød | |
| Effektbryter | Gass | Maks driftskoblinger | Større enn | 10 000 | | | rød | |
| Effektbryter | Olje | Maks driftskoblinger | Større enn | 1 000 | | | rød | |
| Effektbryter | Vacuum | Maks driftskoblinger | Større enn | 5 000 | | | rød | |
| Effektbryter | Gass | Maks driftskoblinger | Større enn | 9 500 | | | gul | |
| Effektbryter | Olje | Maks driftskoblinger | Større enn | 9 900 | | | gul | |
| Effektbryter | Vacuum | Maks driftskoblinger | Større enn | 4 900 | | | gul | |
| Alle brytere | Gass | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 6 | | rød | |
| Alle brytere | Olje | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 10 | | rød | |
| Alle brytere | Vacuum | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 10 | | rød | |
| Alle brytere | Trykk luft | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 15 | | rød | |
| Alle brytere | Gass | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 4 | | rød | |
| Alle brytere | Olje | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 6 | | rød | |
| Alle brytere | Vacuum | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 6 | | rød | |
| Alle brytere | Trykk luft | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist ettersyn | | 6 | | rød | |
| Alle brytere | | Tid siden operert | | | 2 | | gul | |
| Alle brytere | | Tid siden operert | | | 5 | | rød | |
| Alle brytere | Olje | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist revisjon | | 7 | | rød | eller 3 koblinger mot kortslutning |
| Alle brytere | Olje | Vedlikeholds kalender | Tid siden sist revisjon | | 5 | | gul | eller 3 koblinger mot kortslutning |

3.3 Innovasjoner fra Piloten

Tabell 3 Beskrivelse av innovasjoner i forskningsrådets kategorier

| Forskningsrådets kategorier | Beskrivelse | Antall |
|--|---|--------|
| Ferdigstilte nye/bedre metoder/modeller/ prototyper | Det er etablert en prototype som gir oss mulighet til å kjøre tilstandsbasert vedlikehold i stedet for kalenderbasert vedlikehold som tidligere | 1 |
| Bedrifter utenfor FMEen som har innført nye/forbedrede metoder eller modeller eller teknologi | Kongsberg Digital | 1 |
| Bedrifter innenfor FMEen som har innført nye/forbedrede arbeidsprosesser | Glitre Nett | 1 |
| Bedrifter innenfor FMEen som har innført nye/ forbedrede metoder eller modeller eller teknologi | Glitre Nett | 1 |
| Inngåtte lisensieringskontrakter | | |
| Registrerte patenter | Det er ikke registrert noen nye patenter i forbindelse med prosjektet, men Kognitwin er et registrert varemerke. | |
| Ferdigstilte nye/forbedrede produkter | Ja | |
| Ferdigstilte nye/forbedrede prosesser | Vedlikeholdsprosessene er forbedret, det samme med dokumentasjons-prosessen | |
| Ferdigstilte nye/forbedrede tjenester | Ja | |
| Nye foretak som følge av FME'en | Nei | |
| Nye forretningsområder i eksisterende bedrifter | Kognitwin Grid har blitt utvidet til å kunne brukes i vedlikeholds-sammenheng | 1 |

4 Tekniske/faglige erfaringer fra Piloten

Vi har kartlagt seks metoder for å hente data ut av SCADA:

- Eksport:
 - Database-spørring mot scada1 databasen i MiniScadaLocal
 - Trend-data i SCADA eksportert i csv format og hentet ut via FTP
- Overføring:
 - Integrasjon mot Historian API via. VM i landingzone
 - Via. Striim agent som leser på driftsnettet fra en klonet SQL base med CDC

- Bryterdata kan hentes fra Volue sitt ADMS Operations API
- Koble seg på OPC-UA protokoll direkte og selv tolke SCADA-meldinger

Bryterkoblinger kan hentes via ADMS API, sensordata ligger bare i SCADA og er tilgjengelig for integrasjon i database, via OPC-UA protokoll eller Historian API. I SCADA er det ingen kobling til bryterens objekt-id i NIS (Netbas), dette vedlikeholdes av driftssentralen i en Excel-fil – et dokument som definerer hvilke SCADA tagger mappes opp mot hvilke Netbas id'er. Denne bør speiles i en eventuell integrasjon, for å ha kobling mot Netbas.

Det har tidligere vært utfordringer med ytelsen i Historian API, men ved oppgradering av SCADA til versjon 5.8 anses dette å være forbedret da den underliggende database teknologien som har skapt treghet har fått et løft. I denne piloten har man konsertert seg om øst sitt oppsett, men begge driftssentraler – gamle Agder og Glitre – skal ha samme versjon og oppsett av SCADA, og begge skal ha ADMS API. Alle metoder vi har kommet fram til i piloten bør da gjelde for både sør og øst data.

Sensordata som spenning, temperatur og i noen tilfeller trykk anses å være mulig å hente ut – andre harmoniske egenskaper, fukt, jordfeil og energiflyt ble ikke tatt for seg i piloten. Energiflyt har man flere gode kilder til, og både Aidon og Kamstrup tilgjengeligjør jordfeil-hendelser. Det ble foreslått å gjøre enkelte målinger som f.eks. trending av lukketid på lokasjon ved å koble bryter med tekniker tilstede.

I løpet av piloten ble det dokumentert arkitektur/løsnings-skisser som sidestiller de ulike kildene til sensordata på en sammenliknbar måte, og foreslår hvordan en Historian integrasjon som opprettholder dataoverføringen til KDI kan implementeres i Glitre Nett sin dataplattform.

5 Kost-/nyttevurderinger basert på resultatene for Piloten

5.1 Kostnader

Glitre Nett sine kostnader har vært knyttet til to elementer, interne timer for fagpersonell og administrativ oppfølging av prosjektet. Det er i tillegg en direkte kost for bruk av Azure ressurser knyttet til Kognitwin Grid på 0,4 MNOK.

5.2 Nyttevurderinger

Glitre Nett har måtte gjennomgått sine prosesser for å se på endringer i disse når man går fra kalenderbasert til tilstandsbasert vedlikehold (av brytere). Dette har medført at man har oppdaget «hull» i prosedyrer og rutiner, samt mangel på data og tiltak for å kompensere for dette.

Prosjektet har også kartlagt utfordringer og behov i andre applikasjoner, som vi tar med oss som forbedringer videre.

Glitre Nett ser at gevinstene knyttet til produkter som Kognitwin Grid ikke er å løse enkeltoppgaver, men å se flere oppgaver i sammenheng, samt å utnytte informasjon på tvers av organisasjonen og prosesser. «Tilstandsbasert vedlikehold trafo» prosjektet bygger på et prosjekt gjennomført i 2023 sammen med KDI, der import av nettmodellen og bryterstatus var en del av løsningen (for beregning av nye tilknyttinger i nettet og endring av sikringsstørrelse på eksisterende kunder), dette er nå beriket med mer informasjon og historikk, slik at samme programvare nå kan benyttes for tilstandsbasert vedlikehold.

FME CINELDI

Host: SINTEF Energy Research in cooperation with NTNU
Visiting address: Sem Sælands vei 11, N-7034 Trondheim
Post address: P.O.Box 4761 Torgarden, N-7465 Trondheim
Telephone: +47 454 56 000*
E-mail: cineldi@sintef.no
Enterprise/VAT No: NO 939 350 675 MVA
<http://www.cineldi.no>

