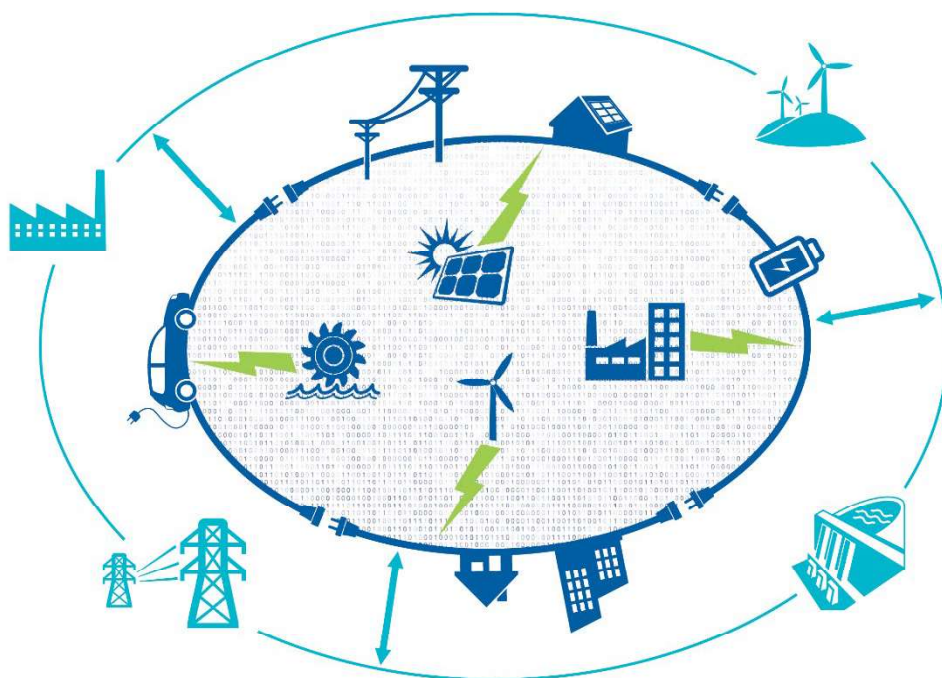


Pilot sluttrapport

Fjernmeldte feilindikatorer

Authors: Sofie Bø Susaas, Sindre Gartland,
Tor Erik Svendsen, Espen Andresen



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 Fjernmeldte feilindikatorer			
WORK PACKAGE	VERSJON	DATO	ANTALL SIDER
WP Pilot	2.0	2024-12-06	17
FORFATTER(E)		WP-LEDER	GRADERING
Sofie Bø Susaas, Sindre Gartland, Tor Erik Svendsen, Espen Andresen 		Maren Istad  <small>Maren Istad [Jan 7, 2025 08:50 GMT+1]</small>	Åpen

SAMMENDRAG

Elvia drifter store områder med utstrakt linjenett. Det byr på utfordringer da luftnettet vårt er utsatt for eksterne påkjenninger som vær, vind, trær og dyr, som igjen fører til avbrudd av strømforsyningen. Det er tidkrevende å lete etter feil langs linjene til alle døgnets tider. Vi ser et potensiale for stor nytteverdi for den operative driften i Elvia ved å bruke fjernmeldte feilindikatorer/-sensorer i distribusjonsnettet til raskere og mer effektiv lokalisering av feilstedet. En økt mengde av sensorer i kombinasjon med flere fjernstyrte brytere vil kunne redusere avbruddstiden for majoriteten av de berørte kundene i feilsituasjoner.

Det mange forskjellige fabrikater og typer feilindikatorer som detekterer kortslutninger og jordfeil på luftnett og kabelnett i markedet. I Elvias luftnett er det spesielt jordfeil som gjentagende forbigående jordfeil som er veldig ressurskrevende å lokalisere. Derfor ønsket vi å få testet feilindikatorer som også har funksjon for detektering av jordfeil med retningsbasert anvisning.

Pilotperioden startet i 2019 med 1 type feilindikator, men ble utvidet med ytterligere 2 typer i 2024, da hensikten var å kunne sammenstille data fra de tre typene for å se om det gav oss den nytteverdien vi håpet.

Dessverre har framdriften gjennom hele pilotperioden ikke vært tilfredsstillende. Fusjonen mellom Eidsiva Nett og Hafslund Nett til Elvia, organisatoriske endringer som følge av dette, skifte av prosjektledelse, pandemi, intern kapasitet og prioritering av disse i forbindelse med nytt ADMS-system og langtidssjukmelding hos prosjektleder siste året, har ført til at vi ikke har nådd de målsettinger som vi satte oss ved oppstart.

Men de erfaringer vi har fått gjør at vi allikevel har konkludert med at vi ser en stor nytteverdi av å innføre fjernmeldte feilindikatorer i distribusjonsnettet, spesielt i luftnett i griségndte områder med lange radialer og omkoblingsmuligheter med fjernstyrte brytere.

Vi vil derfor videreføre de to pilotområdene også etter at CINELDI-prosjektet er avsluttet, gjennomføre skarpe jordfeilstester til våren 2025 med mål om å konkludere på indikatorenes pålitelighet i retningsbestemt jordfeilsdetektering.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunnsinformasjon om pilotprosjektet.....	3
2	Om Piloten og fysisk pilotområde.....	5
3	Resultater.....	8
3.1	Pilot radial Billit (nord).....	8
3.2	Pilot Nordmarka (sør).....	11
4	Tekniske/faglige erfaringer fra Piloten i sør	12
4.1	Oppsummering	12
5	Kost-/nyttevurderinger basert på resultatene for Piloten i sør	12
5.1	Kostnader	12
5.2	Nyttevurderinger	14
5.3	Kost/nytte pilot sør.....	16
6	Konklusjon	16

1 Bakgrunnsinformasjon om pilotprosjektet

Tabell 1: Bakgrunnsinformasjon

	Fra malen "planlegging av pilotprosjekt"	Viktige endringer i løpet av pilotperioden
Målsetting	<p>De fleste feilindikatorer som er installert i nettet er avhengig av visuell avlesning av personell på den enkelte lokasjonen. Ved å installere et antall feilindikatorer med fjernoverføring av signaler og evt. målinger til scada på driftscentralen er det forventet en gevinst knyttet til raskere lokalisering av feil i nettet, slik at det kan redusere avbruddstid for kunder og bedre utnyttelse av ressurser til feilrettingen i felt.</p> <p>Målet med piloten er å teste ut om fjernmeldte feilindikatorer vil gi en nytteverdi for nettdriften. Vi ønsker et effektivt hjelpemiddel til å korte ned avbruddstiden vår ifm. kortslutning eller jordfeil i linjenett. I dag bruker vi mye tid på å feilsøke i større områder, men ved hjelp av indikatorer som sier oss noe om hvor feilen er, kan vi raskere finne feilen som fører til at vi begrenser avbruddstiden både i område og i tid. Det er også ønskelig å få testet om feilindikatorer vil kunne gi en pålitelig deteksjon av retningsbestemt jordfeil i luftnettet.</p>	Da det er forskjellige typer ønsker vi å teste ulike typer for å finne den som fungerer best til vårt bruk.
Problemstilling	Hvor godt fungerer fjernmeldte linjeindikatorer? Vil de detektere kortslutninger og jordfeil i nettet på en pålitelig og stabil måte? Vil dataene tilgjengeliggjøres i scada på driftscentralen raskt nok til å være et godt tilleggsverktøy for feillokalisering?	
Aktiviteter	Montere opp flere typer sensorer og sammenligne resultatene de gir ved feil i nettet.	
Kostnadsestimat		
Innovasjonspotensial	<p>Utnyttelse av deteksjon av kortslutning og retningsbestemt jordfeilsstrøm i luftnett vha fjernmeldte feilindikatorer, som i kombinasjon med vernresponser og beregning av mulige lokasjoner for feilsted i ADMS, vil kunne gi en tilnærmet nøyaktig plassering av feilstedet i nettet.</p> <p>-Datagrunnlag vil kunne være bidrag til utvikling av FLISR-funksjonalitet i ADMS og SCADA</p>	Piloten har kun hatt fokus på feilindikatorene.

<p>Forventet resultat</p>	<p>-Erfaring med tekniske forhold knyttet til en teknologi i stadig utvikling for deretter å vurdere kost/nytte av å innføre flere slike feilindikatorer i nettet.</p> <p>-Det forventes en reduksjon i ressursbruk og tid til å lokalisere feil ved benyttelse av disse indikatorene.</p> <p>-I tillegg kan det bidra til økt sikkerhet og mindre påkjenning på komponenter i nettet ved reduserte prøvekoblinger mot feilstedet.</p>	
<p>Tidsplan</p>	<p>Piloten er i utgangspunktet en videreføring fra FASaD-prosjektet og startet i 2019 i tidligere Eidsiva Nett og følge tidsplanen for CINELDI-prosjektet.</p> <p>Nord: Pilot radial Billit; 2019-2024 + utvidelse med de 2 nye indikatorotypene på lokasjonene høsten 2024</p> <p>Sør: Pilot Nordmarka; radial Voksenlia i 2024*.</p>	<p>* Pga. utfordringer med mannskap ute i felt ble montasjen i sør forsinket. Planene var å montere opp indikatorene så fort snøen hadde forsvunnet på våren. Det ble isteden utført i starten av juni 2024. Som følge av dette samt sykdom ble montasjen av disse først gjennomført på høsten i piloten i nord.</p>

2 Om Piloten og fysisk pilotområde

Tabell 2: Piloten og pilotområdet

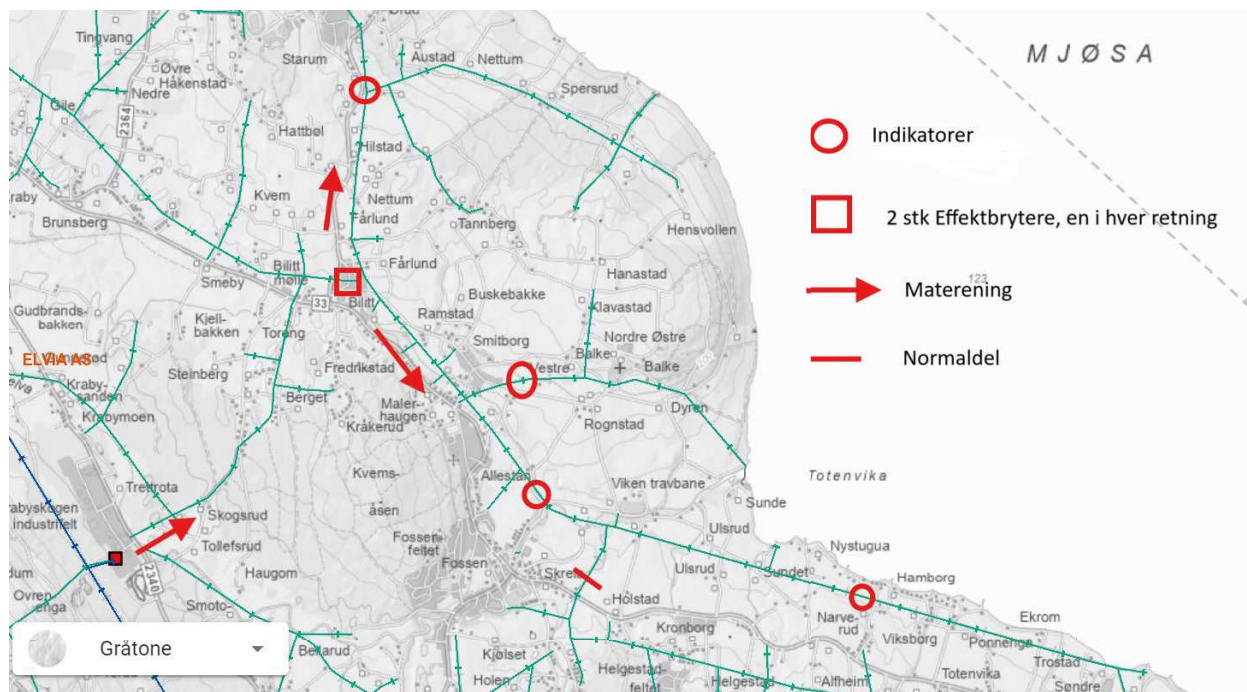
<p>Pilotområder</p>	<p>Nord: radial Billit, Driftsområde Gjøvik, Østre Toten kommune.</p> <p>Det er plukket ut fire lokasjoner på radial Billit fra Krabyskogen trafostasjon - Starum, Snekkerstuen, Engeland og Fårlund.</p> <p>Som følge av investeringsprosjekt for ombygging av linjene i område ved Fårlund i 2024 ble avgreningspunktet revet og erstattet av en nettstasjon med effektbryter og vern. Indikatorene ble derfor demontert og det ene settet flyttet til Narverud. Det er blanklinje og gjennomgående jord på alle punktene.</p> <p>I tillegg var planen å sette opp flere indikatorer på en lang radial som forsyner Gravberget i Våler kommune (Innlandet). Dette er en blank-linje som går flere mil gjennom mye skog som det er veldig tidkrevende å finne feil. Det var også en plan om å teste feilindikatorer i kabelnett i Kongsvinger by. Dette ble det da av nevnte årsaker dessverre ikke tid til innenfor tidsrammen til CINELDI-prosjektet.</p> <p>Sør: Nordmarka i Oslo kommune.</p> <p>Vi har valgt ut tre lokasjoner for montasje av sensorene; Sandungen, Kikut og Hakloa. Her har vi en effektbryter m/vern ute i nettet, sensorene er plassert på en radial etter effektbryteren. Historisk sett har vi hatt mye feil i dette området. Vi hadde også en plan om å montere opp tre sett i Ørje, men fra Megger sin side var det ønskelig at vi monterte sensorene på AL linjer, ikke CU som det er i området i Ørje. Dette grunnet at vi måtte ha en «overgang»/ekstra del inne i sensoren om de skulle brukes på CU-linjer.</p>
<p>Måledata og andre data som samles inn og lagres fra Piloten</p>	<p>Signallister/målinger visualiseres og lagres i SCADA og ADMS.</p>
<p>Personvern og/eller kraftsensitiv informasjon</p>	<p>n/a</p>
<p>Kommunikasjons-infrastruktur</p>	<p>Kommunikasjon via tradisjonell fjernstyring RTU/SCADA og 4G. Vi har benyttet RTUer fra rammeavtalepartner Siemens.</p>
<p>Use-case-beskrivelser og testplaner</p>	<p>Nord: Det monteres feilindikatorer av typen LineTroll LT110Eµr fra Nortroll på de fire lokasjonene på radialen. Den ene lokasjonen, Fårlund, er et avgreningspunkt der det monteres et sett for hver retning videre ut på radialen. Indikatorene kommuniserer trådløst fra selve indikatorene på fasen til en mottakerenhet på stolpen.</p>

	<p>Som en del av piloten vil vi også teste en ny RTU-type med innebygd modem for 4G med kryptert samband mot frontend i scada for bruk på lokasjoner der det ikke er fjernstyrt bryter allerede.</p> <p>Hele kjeden fra indikatorsett til RTU settes opp i lab og testes og verifiseres der via 4G-nettet til scada på driftssentralen.</p> <p>Deretter monteres utstyret i felt.</p> <p>Høsten 2024 utvides piloten med indikatorer fra Megger og Ensto Protrol for de samme fire lokasjone, slik at det blir tre indikatorsett i samme punkt for å sammenligne detektering.</p> <p>Sør: Det monteres opp to indikatortyper i samme punkt for å sammenligne dataen fra de forskjellige. Vi monterte opp sensorer fra Megger MS5000 og fra Ensto Protrol. Et sett består av tre enheter, dvs. en til hver fase.</p> <p>Megger MS5000 indikatorsett monteres med 1 indikator per fase hvor en av dem er en «master» (MS5000-GS) og de to andre er «slaver» (MS5000-SU). Det sitter et SIM-kort i «master» enheten som sender data inn til en webløsning som Megger tilbyr. Megger jobber med en løsning for å få dataene direkte inn mot SCADA, men det er ikke tilgjengelig for denne piloten.</p> <p>Nortroll og Ensto Protrol indikatorene krever egen RTU og signalskap i mast for overføring av data inn til SCADA-systemet. Dette krever naturligvis en del oppsett og testing i forkant, men det gjør også at dataene er enkle å få direkte inn i SCADA systemet vårt på tilsvarende måte som for ordinær fjernstyring som vi er godt kjent med.</p> <p>Montasjen av alle det tre feilindikatortypene på faseline monteres vha AUS, 1 per fase.</p>
Regulering og forskrifter	
Barrierer og løsninger	
Hvem skal eventuelt ta resultater fra Piloten i bruk?	<p>Det er først og fremst driftssentralen som får inn og bruker dataene fra feilindikatorene. Data fra Nortroll og Ensto Protrol kommuniserer direkte inn i SCADA og blir brukt så fort det oppstår en feil på linja hvor sensorene er montert. For Megger MS5000 må man inn i webløsningen for å se på dataene. Opplæring i webløsningen ble gjennomført 25.september. Det er 3 personer fra driftssentralen som kan bruke webløsningen.</p>
Hvem er erfaringene relevant for?	<p>Driftssentralen (operativ drift). Feilrettere/Produksjon (utemannskapene). FASIT/feilanalyse/Vernavd. Vedlikeholdsavd. Andre nettselskap.</p>
Hva påvirkes av resultater fra piloten?	<p>Tid og ressursbruk ved feilsøking, avbruddstiden, KILE, kundetilfredshet. Kan også gi innspill til vedlikeholdsplaner og reinvesteringsplaner.</p>

Informasjonsdeling mellom aktørene før/underveis/etterpå	Informasjon er delt internt med det operative miljøet og driftssentralen i Elvia.
Er det laget planer for videreføring? Skalering/fullskalaimplementering?	<p>Piloten videreføres i 2025 selv om CINELDI avsluttes i 2024.</p> <p>Det skal gjennomføres skarpe jordfeilstester med testvogn med effektbryter og overgangsmotstand mot jord som tilkobles faseline for å verifisere hvordan de tre typene indikatorer responderer på jordfeil når «feilstedet» er kjent.</p> <p>Basert på resultatene av disse testene vil Elvia foreta en kost/nytte vurdering for å konkludere om det skal investeres i en større utrulling av fjernmeldte feilindikatorer.</p> <p>Hvis de skarpe jordfeilstestene viser at Nortroll indikatorene er pålitelige for detektering av jordfeil vil vi også montere opp de settene som er anskaffet til den lange linja som forsyner Gravberget i Våler kommune</p>

3 Resultater

3.1 Pilot radial Billit (nord)

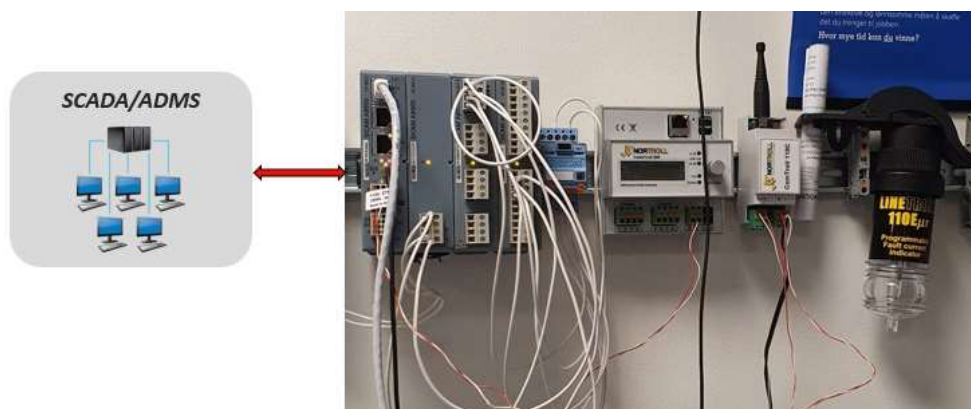


Kartutsnitt viser området for de fire lokasjonene i piloten.

Teknisk design

Det gjennomføres en beregning av strømmer for lokasjonene og sammen med leverandøren Nortroll planlegges designløsning og installasjon av første del av piloten. Inkludert konfigurering av indikatorene og RTU.

Det besluttes å sette opp en installasjon i testlab for å teste og verifisere kjeden fra indikator til RTU og modem og til SCADA. Dette for å unngå mye prøving og feiling i felt. Det viser seg at dette var nyttig, da det var til dels krevende å få satt opp krypteringen av 4G-sambandet mellom RTU og frontend i SCADA. Det var mye fram og tilbake mellom våre egne ressurser i IKT-infrastruktur og RTU-leverandør, men i første tertial 2020 lykkes man endelig å få etablert ønsket sikkerhet på 4G-sambandet, og testlaben kunne realiseres.



Signallister ble etablert for lokasjonene, vi valgte å benytte de fleste signalene som ligger i oppsettet fra leverandøren for å se hvordan dette ville arte seg når det oppstod feil. Signallister ble så konfigurert i RTU og SCADA på vanlig måte og testing av signalene fra testlab til SCADA startet.

Eksempel på signalliste i SCADA for ett Nortroll indikatorsett

L1	Engeland	Linje spenningsløs uten feil	Normal
L1	Engeland	Linje spenningsatt	Normal
L1	Engeland	Forbigående feil	Varsel/Normal
L1	Engeland	Permanent feil	Varsel/Normal
L1	Engeland	Ikke kontakt med Indikator	Varsel/Normal
L1	Engeland	Linje spenningsløs med feil	Varsel/Normal
L1	Engeland	Laststrøm	Måling
L2	Engeland	Linje spenningsløs uten feil	Normal
L2	Engeland	Linje spenningsatt	Normal
L2	Engeland	Forbigående feil	Varsel/Normal
L2	Engeland	Permanent feil	Varsel/Normal
L2	Engeland	Ikke kontakt med Indikator	Varsel/Normal
L2	Engeland	Linje spenningsløs med feil	Varsel/Normal
L2	Engeland	Laststrøm	Måling
L3	Engeland	Linje spenningsløs uten feil	Normal
L3	Engeland	Linje spenningsatt	Normal
L3	Engeland	Forbigående feil	Varsel/Normal
L3	Engeland	Permanent feil	Varsel/Normal
L3	Engeland	Ikke kontakt med Indikator	Varsel/Normal
L3	Engeland	Linje spenningsløs med feil	Varsel/Normal
L3	Engeland	Laststrøm	Måling
Felles	Engeland	Reset Feilindikatorer	
Felles	Engeland	Test Feilindikatorer	
Felles	Engeland	Start måling av laststrøm på Feilindikatorer	
Felles	Engeland	Start testsekvens av 'Status of FPI' opp mot Scada	

Parallelt med dette startet montasjen av utstyr i skapene som skal monteres i felt. Man tok utgangspunkt i standardskapet vi benyttet for vanlig fjernstyring av mastebrytere i Elvia med noen tilpasninger.

Testing fra testlab til SCADA gikk relativt greit, generelt sett veldig likt som en vanlig fjernstyrt lokasjon.

Pilotfase

Dermed gikk man videre med å montere første lokasjon i felt i 2. tertial 2021, mastemontert skap og indikatorene ble montert på faselinene vha. AUS. Da lokasjonen ble satt i drift erfarte man med en gang at det var utfordringer med å få indikatorene til å kommunisere med RTUen, og det ble veldig mye fram og tilbake med leverandøren om årsaken til dette. Man avventet derfor videre montasje i felt, men fortsatte og gjennomførte montasjen av utstyr inn i skapene for alle lokasjonene inne på oppmøteplass.

Utfordringene med å få indikatorene til å kommunisere viste seg å ha med programmeringen av selve indikatorene å gjøre. Problemet var at indikatorene på faseline ikke kommuniserer med kommunikasjonsenheten i masta. Det var ikke mulig å ta i bruk kommunikasjonsenhetens software som var nødvendig for å programmere indikatorene fordi dette ikke hadde sertifikat, og det kom i konflikt med Elvias policy for IT-sikkerhet. Leverandøren måtte derfor komme for å gjøre denne jobben fra sin egen pc. Men da ble det også avdekket feil eller manglende firmware på kommunikasjonsenheten, slik at alle måtte sendes tilbake til fabrikk for oppdatering. Etter at dette var gjennomført kunne indikatorene parametres opp korrekt, og indikatorene kunne kommunisere med SCADA via RTU og 4G.

I løpet av 2.tertial 2022 ble så de to lokasjonene Fårlund og Engeland satt i drift, etter at man testet at alle signaler ble overført til SCADA, og selve testperioden kunne starte.

Relativt raskt etter at de to var satt i drift erfarer vi at det blir ustabilitet for signalering fra indikator som er montert på L2-fasen fra begge lokasjoner. Dette har «støyet» ned driftsloggen i scada. Leverandør anbefalte å demontere denne indikatoren, og montere den på nytt for å bedre kontakt mellom fasen og indikatoren. Dette ble utført uten at det bedret stabiliteten. Signalene fra hele lokasjon ble meldesperret i SCADA av operatørene på driftssentralen, noe som er forståelig, men uheldig for selve testingen.

Leverandør kommer på banen igjen, oppgraderer software i kommunikasjonsenhet mellom indikator og RTU, og ønsker å få testet dette i prosjektet. Det er da nødvendig å foreta skarp jordfeilstest for radial Billit. For å unngå avbrudd for sluttbrukere er man avhengig av mobilt testutstyr (motstand, og effektbryter m/vern) som kan tilkobles en fase i linja for kontrollert inn- og utkobling av jordfeil. Test forsøkes avholdt i løpet av høsten 2022, men det er utfordringer med å skaffe til veie nødvendig utstyr.

Videre utover høsten gjøres det flere tiltak for å få forbedret signalkvalitet mellom indikatorene og kommunikasjonsenhet. Byttet antenner, flyttet indikatorene lenger ut fra mastepunktet for å bedre sikt mot antenne, endret parametere i indikatorene, vekslet mellom spenningsmåling og strømmåling. I begynnelsen av desember ble det tilsynelatende en vesentlig forbedring ved at signalstøy (falske meldinger) ble redusert fra 200 i døgnet til 30 i uka for lokasjon Fårlund, og helt ned til 3 slike meldinger på en måned for lokasjon Engeland. «Dessverre» har det ikke vært noen reelle feil på radial Billit i denne perioden, slik at vi ikke har fått verifisert om/hvordan indikatorene responderer ved feil.

Skarp jordfeilstest er ikke utført som følge av utfordringene med stabilitet og generering av falske signaler. Utsettes inntil videre, og tas opp igjen nærmere våren 2023.

Gjennom vinteren 22/23 er det fortsatt noen utfordringer med stabilitet tilsynelatende knyttet til signalkvalitet fra indikatorene, da det kommer signaler som ikke er reelle fra det ene indikatorsettet på lokasjon Fårlund. Engeland derimot virker nå å være stabil, det genereres ikke falske signaler. Vi mistenker at problemene som fortsatt er til stede, om enn i mindre omfang, kan ha sammenheng med at det er 2 indikatorsett som kommuniserer med kommunikasjonsenheten i samme mast. Dette «løses» i 2024 ved at linja bygges om og avgreningspunktet Fårlund demonteres.

Videre montasje og idriftssettelse i piloten utsettes for å få mer sikre resultater knyttet til en konkret feilsituasjon og ved skarp jordfeilstest.

I 1.tertial 2023 oppstår det 3 feilsituasjoner på radial Billit, det er både med kortslutning og jordfeil. Alle indikatorsettene har detektert feilene, men de har til sammen ikke gitt et entydig og riktig bilde sett i lys av de kjente feilstedene. Konklusjonen blir at vi må få verifisert og testet dette vha testvogn for skarp jordfeilstest.

Fra sommeren 2023 blir det tilnærmet stopp i framdriften i piloten i nord som følge av intern kapasitet og omprioritering av ressurser til ADMS-prosjektet, i tillegg til langtidssjukmelding.

For å kunne verifisere signalene, og om de er riktige, så er det besluttet å utvide piloten med indikatorer fra to andre leverandører, Megger og Protroll. Protroll benytter strømtrafoer for måling av feilstrømmer. Hensikten her er todelt, vi ønsker å se om denne teknologien er spesielt egnet for deteksjon av jordfeil og retningsbestemt angivelse, samt å sammenligne de tre typene indikatorer. Våren 2024 opprettes også en egen pilot i sør med flere indikatorsett fra Megger og Protroll på radial Voksenlia (beskrevet i 3.2 Pilot Nordmarka). Samtidig vil disse indikatorene monteres på de fire lokasjonene på radial Billit, parallelt med NorTroll indikatorene, for å kunne sammenligne pålitelighet for feildedeksjon. Når de nye indikatorene er montert på radial Billit er planen å kjøre en skarp jordfeilstest. På denne måten vil vi

kunne lage feil i hver seksjon, og dermed få testet alle indikatorene. Denne montasjen ble ikke utført for september/oktober 2024.

3.2 Pilot Nordmarka (sør)

Montasje

I forkant av montasjen hadde vi fått info fra Megger om at de ønsket at vi monterte sensorene på AL-linjer (det var behov for en ekstra komponent inne i sensoren for CU-linjer). Vi plukka derfor ut lokasjoner hvor vi har mye feil, hvor det også var AL-linjer. Dette begrenset oss noe.

Siden montasjen ble gjennomført senere enn planlagt pga. mangel på mannskap ble sensorene liggende til lagring fra rundt jul og til juni. Pga. denne lange perioden hvor sensorene ikke hadde vært aktive var det ønskelig fra Megger sin side at vi slo på og teste at Megger fikk kontakt med sensorene før vi startet montasjen. I den forbindelse ble det oppdaget at master-enhetene manglet SIM-kort. Etter litt fram og tilbake hentet Megger sensorene i Oslo og fraktet dem til kontorene deres i Østfold, vi fikk bestilt opp SIM-kort som Megger hentet ut selv. På den måten satte Megger SIM-kortene inn i enhetene og fikk testet at de fikk kontakt med sensorene.

Når selve montasjen ble gjennomført hadde vi 3 montører med AUS-kompetanse ute i felt i tre dager for å montere opp alle sensorene + utstyr.

Megger ble montert opp i løpet av en halv dag. Montasjen var veldig enkel, vi hadde med oss en representant fra Megger som igjen hadde kontakt med en kollega som forløpende sjekka at de fikk kontakt med sensorene vi satte opp.

Vi fikk en utfordring med tanke på last på den ene lokasjonen, Hakloa. Sensorene fra Megger har et krav til at det må være 3A eller mer med last på linja for at de skal fungere. Dette hadde vi fått info om og sjekket i forkant, men målingene ble tatt sent på høsten når lasta er høyere enn den var denne sommerdagen i juni. De fikk kontakt etter hvert, så vi bestemte oss for å la dem henge i påvente av at lasta ville øke utover høsten.

Til montasjen av Ensto Protrol gikk det en og en halv dag til å sette opp tre styringsskap + en halv dag til å montere sensorene på linjene. Det gikk en halv dag ekstra på å sette opp skapene da det hadde vært misforståelser ang. hvilket skap som skulle stå i hvilket punkt. Konklusjon: Kommunikasjon er viktig. Selv om skapene var satt opp og testa på lab i forkant av montasjen var det også ønskelig å teste sensorene ved montasjen. Dette fikk vi kun gjort på det ene settet fra Ensto Protrol, da det avhengte litt at de riktige folk på fjernkontroll var tilgjengelig på jobb (dette burde vært avklart i forkant). I praksis var det enkelt å teste da vi kunne se på dataen når sensorene ble montert på linja. Vi tok en og en fase og så lenge en sensor målte en strømverdi og ikke de andre fikk vi signaler om jordfeil.

Feilindikering

På linja i Nordmarka hvor sensorene er plassert har vi ofte det vi kaller forbigående feil, typisk en grein som er borti linja (men ikke blir liggende), eller en fugl som skaper kontakt mellom en fase og jord i et kort øyeblikk. Ved slike feil får vi et utfall - også blir det spenningssett igjen etter litt tid, men altså uten funn av feilårsak. I disse tilfellene har vi stort sett fått melding om at feilstrømmer er registret på sensorene, men vi kan ikke bekrefte eller avkrefte at disse evt. stemmer.

Vi har hatt to feilsituasjoner hvor vi har funnet en feil på linja etter at sensorene ble montert:

16. august 2024 hadde vi en varig feil hvor det var en fugl på linja som vi måtte reise ut å fjerne mellom Kikut og Hakloa. I forbindelse med feilen ble det koblet to ganger mot feilen etter at avbruddet oppsto.

Megger: To av sensorene (Sandungen og Kikut) registrerte feilen når den oppsto og ved de to prøvekoblingene.

Ensto Protrol: To av sensorene (Sandungen og Kikut) fikk signaler når feilen oppsto. Men ved de to prøvekoblingene etterpå fikk vi ingen signaler. Årsaken til dette er trolig at sensorene ikke ble resatt etter at de mottok de første feilsignalene.

17. august 2024 hadde vi et avbrudd på dagtid, da ble det spenningsatt igjen etter kort tid. Vi fikk et nytt avbrudd på kvelden, da ble det også spenningsatt igjen etter kort tid. Det ble sendt montører opp for å befare linja da vi hadde hatt to feil på kort tid. Denne dagen fant de enda en fugl på linja, også denne gangen mellom Kikut og Hakloa. Trolig var dette feilårsaken til begge avbruddene. Det var mye vind i området under befaringa, sannsynligvis har fuglen kortslutta en fase mot jord på dagtid, og blitt liggende uten å være i kontakt med spenningsførende deler. Når det da har begynt å blåse utover dagen/kvelden har den trolig på ny vært i kontakt med spenningsførende deler som gjorde at det oppsto et nytt avbrudd.

Megger: To av sensorene (Sandungen og Kikut) registrerte feilen ved begge avbrudda. Når det ble koblet inn igjen etter kort tid registrerte ingen av sensorene feil. Litt over en time etter det ble spenningsatt igjen registrerte sensorene en ny feilstrøm, dette var uten at det oppsto et avbrudd. Mulig at dette var i forbindelse med fjerninga av fuglen da dette ble utført med spenning på linja.

Ensto Protrol: To av sensorene (Sandungen og Kikut) fikk signaler når begge feilene oppsto. De registrerte ingen feil når det ble koblet inn igjen etter avbruddene. I dette tilfelle vet vi at sensorene ble resatt etter begge avbruddene.

4 Tekniske/faglige erfaringer fra Piloten i sør

4.1 Oppsummering

Etter å ha hatt denne piloten i nesten 4 måneder har vi hatt flere forbigående feil på linja, vi har da fått signaler, men har ikke kunnet verifisere dem. Med de to avbruddene vi har hatt i testperioden hvor vi fant feilårsaken, har det kommet inn signaler fra både Megger og Ensto Protrol som har vært korrekt i forhold til feillokasjonen. Begge typene oppleves som pålitelige og har rask responstid. Utover dette er det andre faktorer som spiller inn på hvilken av typene som er best til vår bruk; montasjetid, krav til last på linja, mulighetene for å hente data inn i SCADA og videreutvikling av sensorene.

5 Kost-/nyttevurderinger basert på resultatene for Piloten i sør

5.1 Kostnader

De to leverandørene har valgt litt forskjellige prismodeller. Mens Megger baserer seg på webløsningen som gjør at det er månedlige utgifter for oss, har Ensto Protrol kun en engangskostnad for utstyret.

Dette er priser for 7 sett med sensorer fra hver av leverandørene (3 sett til sør og 4 sett til nordområdet)

Megger:

Engangskostnad for utstyr:

Proof-of-concept Package:

Table 5. Price details

Item	Qty	Description	Price
1	Lot	MGA MS5000 System	Included
1a	7	MS5000-GS-XXX (Main Communicating Unit)	Included
1b	14	MS5000-SU-XXX (Secondary Unit)	Included
2	Lot	MS5000 Grid Analytics Software (View and Manage for term of project)	Included
3	Lot	Server Services	Included
4	Lot	Technical Support for project term	Included
5	Lot	Training (Installation and Operation), 1 Trip	Included
Total for a 3 month trial			EUR 32.698

Månedlige kostnader for software:

Software and Service Subscription

After Trial, in case Elvia AS wants to use his own Server (Up to 20 Sets) = 15.381 Euros

- Purchase the Software MView5000-CORE (1-time payment) = **8.606 Euros (up to 20 sets)**
- Optional: Subscribe for Software and Service MS5000-SUB (annual payment) = **6.775 Euros (up to 20 sets)**

Ensto Protrol:

Pris pr. komplette sensorsett: 51 714,- (11kV) / 53 000,- (22kV)

Total materiellkost (7 sett til 6 lokasjoner): 350 360,-

Modemer for kommunikasjon med RTU/sensorskap (besørgeres av Elvia): 48 000,-

Montasjekostnader:

Siden montasjen kun er ferdigstilt i sør på tidspunktet for notatet (montasje i nord pågår), er det kun montasjekostnader for sør som er medtatt her.

Avdeling	Kostnad
Fjernkontroll:	53 508
Montører:	95 831
Totalt	149 339

Det var opprinnelig estimert 25 000,- til montasje og idriftsetting pr. lokasjon (totalt 75 000,-) for Ensto Protrol.

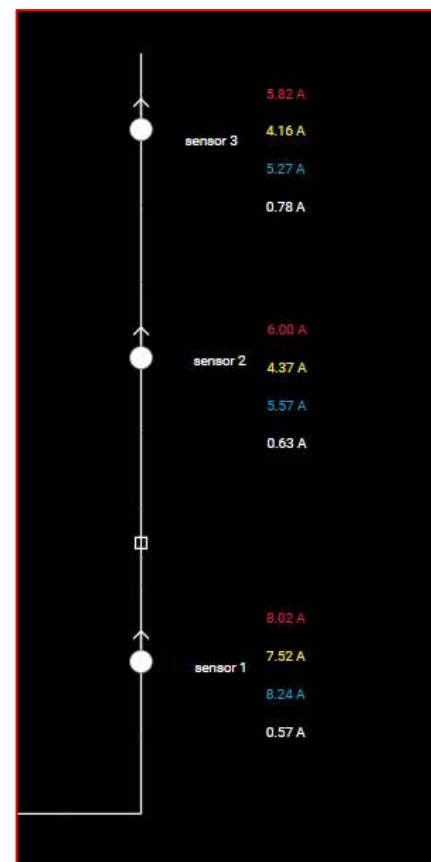
Kostnaden er for montering av begge sensortypene, og er en del høyere enn estimert på grunn av reisevei (2 montører er lånt fra en annen avdeling internt pga. AUS-kompetanse) og integrasjon av ny type RTU/feilindikator mot SCADA. Ved montasje av flere sensorer vil kostnadene være betydelig lavere.

5.2 Nyttvurderinger

Megger:

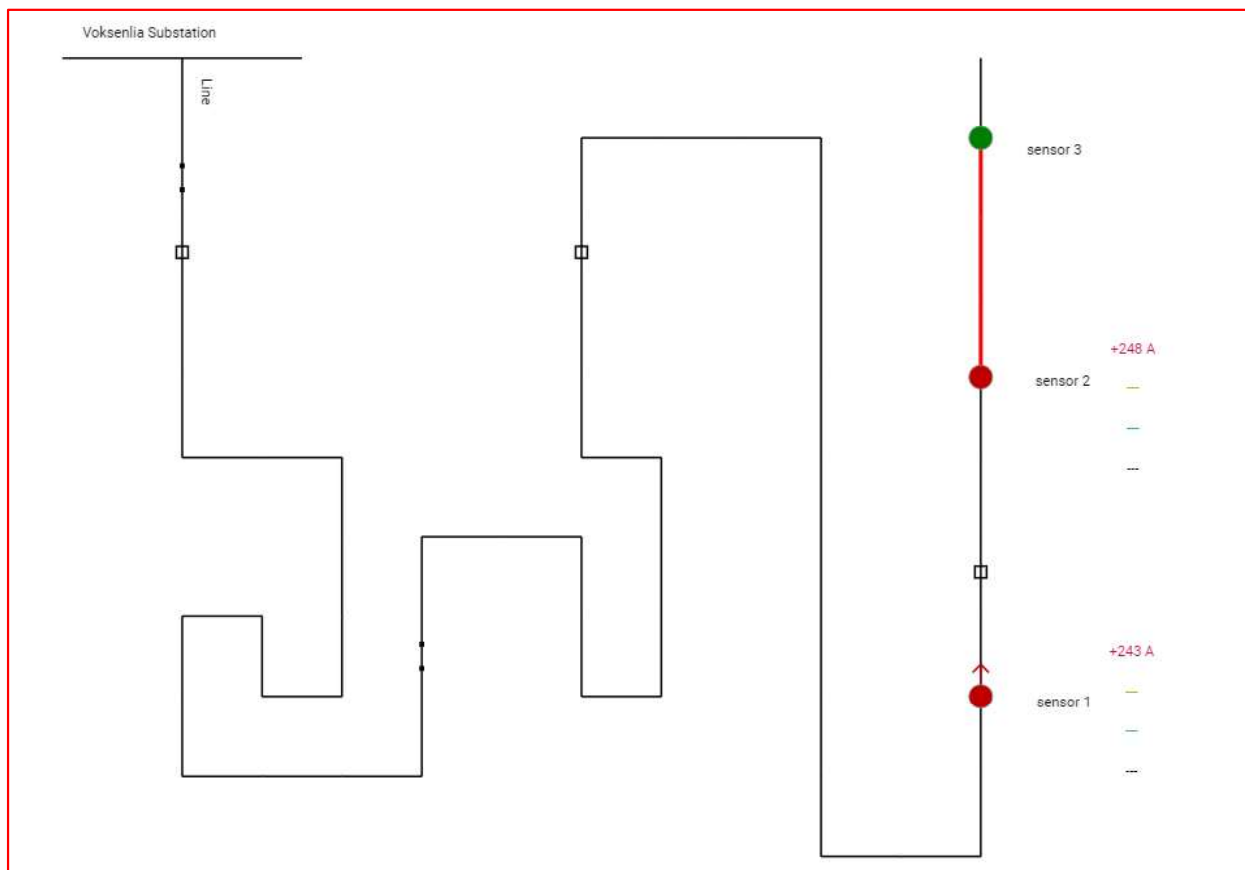
Sensorene fra Megger var definitivt de enkleste å montere, og om ikke sensorene hadde blitt liggende så lenge til lagring hadde det også vært minimalt med forarbeid for å gjøre de klare til montasje. En utfordring fra vår side er lasta de krever fra linje for å kunne fungere. Nå i ettertid har vi fått info fra Megger at «master» enheten trenger minimum 5A fra linja, mens «slave» enhetene trenger minimum 3A fra linje. Dette vil begrense hvor i nettet vi kan benytte oss av sensorene da mange av stedene vi ønsker å montere dem er områder med lite last.

Vi så også på den ene hendelsen at det med å manuelt måtte resette sensoren gjør at det er mer åpent for menneskelige feil, så at sensorene fra Megger resetter seg automatisk er en fordel. Med webløsningen som Megger har er det mer omfattende å hente data inn i SCADA da det er mye som må løses med tanke på sikkerhet. Megger har heller ikke på plass et API for å kunne hente dataen inn i SCADA enda. Dette er noe som vil komme på sikt fra Megger sin side, og Elvia går nå opp veien i forbindelse med et annet prosjekt, for å benytte seg av slike APIer inn i SCADA. På sikt



Figur 1 - Utklipp fra webgrensesnitt for Megger-sensorene. Utklippet viser strømmene pr. sensor og fase.

vil det trolig være mer tilrettelagt for videreutvikling av Megger-sensorene da de kan videreutvikle programvaren og oppdatere sensoren med nye egenskaper. Megger-sensorene leverer last-/spenningsdata i bolker (ca. hver time).



Figur 2 – Utklipp fra webgrensesnitt for Megger-sensorene. Utklippet viser en feilsituasjon med jordfeil i høyspentnettet, og illustrerer med farger hvor feilen er i nettet (i dette tilfellet mellom sensor 2 og 3)

Ensto Protrol:

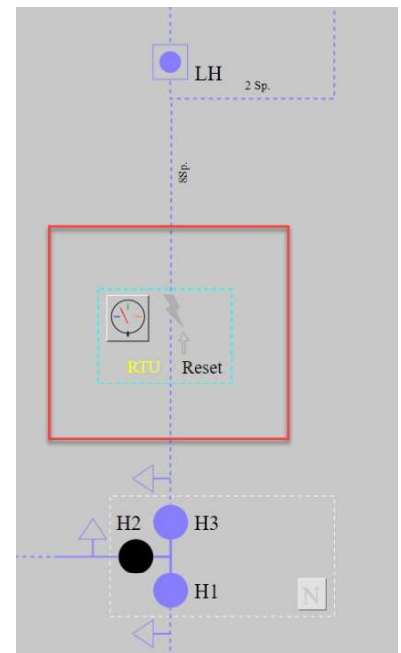
Sensorene fra Ensto Protrol har en del utstyr i tillegg til selve sensorene da de også krever RTU og eget signalskap, noe som også medfører at vi må ha 230V tilgjengelig. RTU og skap må settes opp og testes i forkant, det er tidkrevende, men samtidig noe vi er godt vant med å gjøre. Montasjen er også mer omfattende og tidkrevende. Ved to av lokasjonene måtte vi også montere opp 2-fase trafoer for å tilgjengeliggjøre 230V til skapet. Fordelen med disse sensorene er at vi kan hente signalene direkte inn i SCADA ved hjelp av RTUen. Dette har gjort at disse sensorene har blitt tatt i bruk fra dag en i den operative drifta. Vi ser at det å måtte manuelt resette sensorene kan fort bli glemt i en feilsituasjon, som kan være en liten svakhet. Med tanke på last er det ingen krav til hvor mye det må være på linje, som betyr at de kan monteres stort sett over alt. En annen fordel med disse sensorene er at de leverer last-/spenningsdata kontinuerlig siden de er kablet og tilkoblet fast strøm.

Vi har i dag lite oversikt over last ute i distribusjonsnettet, noe som kan by på utfordringer i forbindelse med planlegging og omlegging av nettet i ulike driftssituasjoner. En fordel med begge sensortypene er at de gir oss er mer innsikt i last ute i nettet. I områder med begrenset kapasitet vil dette også gi mulighet på sikt til å tilby fleksibilitet til kundene.

5.3 Kost/nytte pilot sør

Sensortypene har hver sine styrker/svakheter når det gjelder kost/nytte. Sensorene fra Megger er enkle å montere, men har høyere løpende utgifter pga. abonnement på programvaren. Det er mulig å omgå ved å kjøpe programvaren, men da må det driftes av Elvia selv. Sensorene fra Ensto er noe dyrere i innkjøp og montasje, men krever mindre å drifte siden alt av kommunikasjon går direkte til SCADA.

Vi har hatt kun to varige (og mindre) feil i testperioden, og det er derfor begrenset besparelse av KILE.



Figur 3 - Utklipp fra enlinjeskjema for Ensto Protrol-sensorene. Inni den røde ramma er sensoren visualisert.

6 Konklusjon

Elvia ser definitivt nytten av økt bruk av fjernmeldte feilindikatorer i nettet, og det er et godt verktøy for å redusere avbruddstid og KILE, og dermed øke kundetilfredsheten. Generelt økt bruk av sensorer i nettet vårt vil gi oss bedre kjennskap til hvor lasten til enhver tid er i nettet, og gir oss også mulighet til å samle inn data som kan brukes i den operative driften eller ulike simuleringer. Erfaring etter feilsituasjoner i nettet der det også er fjernmeldte feilindikatorer og fjernstyring av brytere viser at indikatorene gir gode responser på kortslutninger i nettet slik at man raskt kan gjennomføre en mer målrettet seksjonering og prøvekobling/omkobling. En strategisk plassering av indikatorene mtp. kundefordeling, avstand, topografi og fjernstyrte brytere vil raskt gi oss informasjon som kan hjelpe med styring av ressurser (montører) slik at mange av kundene får tilbake strømmen raskere, samtidig som at nødvendige omkoblinger for øvrige berørte kunder kan skje raskere.

Begge sensortypene, Megger og Protrol, montert i pilot i sør har gitt oss korrekt indikasjon på feilsted i de driftsforstyrrelsene som har vært, og de oppleves som pålitelige og har rask responstid. For piloten i nord har Nortroll indikatorene også detektert de feilene som har vært, men som følge av ustabilitet for signalering, er det nødvendig å få en verifisering og justering av parametring ved skarpe jordfeilstester.

Sensorene har sine styrker/svakheter knyttet til montasje, men alle typene er generelt godt egnet til bruk i Elvia sitt nettområde. Alle typene monteres enkelt vha. AUS, som er en stor fordel da man unngår utkoblinger i nettet og avbrudd for kunder.

For piloten i nord er alle de tre typene indikatorsett nå montert opp på fire lokasjoner på Radial Billit, montasjen ble ferdigstilt i september 2024. Det gir oss dermed en god mulighet til å sammenstille feildeteksjonen for alle de tre typene, enten ved reelle feilsituasjoner eller ved gjennomføring av skarp jordfeilstest. Det vil forhåpentlig gi et godt grunnlag for å verifisere påliteligheten for hvordan de ulike typene detekterer ulike typer feil som kortslutning og jordfeil.

Så langt i høst har det «dessverre» ikke vært feil på radialen. Vi har derfor besluttet å gjennomføre skarpe jordfeiltester med testvogn våren 2025, da får vi testet alle indikatorene under kontrollerte former, med kjente «feilsted». Foreløpige erfaringer er at på den ene lokasjonen så er det både litt lav last til tider, og dårlige 4G signaler til Megger indikatorene. Aktuell lokasjon vurderes å flyttes litt.

Indikatorene vil uansett være i drift igjennom vinteren, og evt feil i vinter vil bli analysert og sjekket opp for alle de tre forskjellige indikatorene.

For permanent installasjon og i større volum er Ensto Protrol mest aktuell på nåværende tidspunkt på grunn av direkte kommunikasjon mot SCADA. Denne sensortypen er også mest aktuell for linjer med lite belastning, men mange feil/avbrudd (typisk radielt nett i grisgrendte strøk). Forutsatt at integrasjon mellom SCADA og API kommer på plass, vil derimot Megger sine sensorer stille likt med Ensto Protrol når det gjelder funksjonalitet i feilsituasjoner, og sannsynligvis ha større utviklingsmuligheter gjennom webportalen. Disse sensorene er også vesentlig lettere å montere, og krever mindre planlegging ved plassering i felt. For Nortroll sin type avventer vi endelig konklusjon til jordfeilstest er gjennomført.

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>

