

FoU

Statnett
Forskning og Utvikling
Research and Development

2017



Et utvalg
FoU-prosjekter
i programperioden
2015–2019

Bærekraftig systemutvikling

Skal fremskaffe data for
bedre beslutninger

Innovativ teknologi

20 prosent raskere, 20 prosent
sikrere, 20 prosent rimeligere

Smarte nett

Forbereder kraftsystemet for
en mer kompleks framtid



Med hjernekraft inn i fremtiden

Vi vil være en pådriver for forskning og innovasjon i vår bransje, nasjonalt og internasjonalt. I samarbeid med de andre nordiske systemoperatørene arbeider Statnett med å utvikle løsninger til nytte for energisektoren i hele Europa.

Forskning og utvikling er nødvendig for å realisere strategien vår, slik at neste generasjon kraftsystem blir utviklet på en sikker og effektiv måte. Vi satser tungt på kompetanseoppbygging og har økt FoU-innsatsen betydelig de siste fem årene.

Planmessig og solid innsats må til dersom vi skal stille forberedt på de utfordringene og mulighetene fremtidens kraftsystem vil by på. Vi må være i stand til å håndtere den store energiomleggingen vi står overfor. Å la være å forberede seg er ikke et alternativ for oss.

Et av de viktigste overgripende sektormålene i Europa er å avkarbonisere hele kraftsektoren. Dette kan kun oppnås hvis systemoperatørene er parat til å håndtere en stor andel ikke-regulerbar fornybar kraft, samt er klare for å digitalisere hele kraftsystemet. I Statnett har vi en rekke forskningsprogram og –prosjekter som er innrettet mot nettopp dette. Utviklingen av digital stasjon er et viktig ledd i digitaliseringen av kraftsystemet. Samtidig utvikler vi analysemodeller som kan simulere det framtidig kraftsystemet slik at vi kan

gjennomføre de riktige tiltakene til riktig tid, og vi utvikler prognoseverktøy som skal gjøre operatørene på Landssentralen bedre rustet til å håndtere variasjonene i forbruk og produksjon. I dette magasinet gir vi flere smakebiter fra vår FoU-virksomhet.

Statnetts forskning og smarte innovasjoner har spart samfunnet for milliarder av kroner de siste tiårene. Vi er svært stolte av dette og kommer til å fortsette satsingen fremover. Gjennom forskning og utvikling vil vi identifisere og utvikle nødvendig kompetanse for å håndtere fremtidens utfordringer.

Hilsen Auke

– Statnetts forskning og smarte innovasjoner har spart samfunnet for milliarder av kroner de siste tiårene.

AUKE LONT
KONSERNESJEF
STATNETT



14 FoU-programmet
Innovativ teknologi



6 FoU-programmet
Bærekraftig
systemutvikling



INNHold

- 2** Leder v/ Auke Lont
- 4** Nordisk satsing
Sterkere nordisk FoU-samarbeid
- 6** Bærekraftig systemutvikling:
Bedre planleggingsverktøy for
fremtiden
- 8** Stor spenning før GARPUR-test
- 10** Fra energi til effekt
- 12** Ny metode for fremtiden
- 14** Innovativ teknologi
- 16** 20 % raskere, sikrere og rimeligere
- 18** Raskere og sikrere mastebygging
- 20** Neste generasjon digitalisering åpner
nye dører
- 22** Fra ukesjobb til kun timer
- 24** Smarte nett
Hvordan håndtere økt kompleksitet
- 26** Smartere anleggsforvaltning
med Big Data
- 28** Et system i balanse
- 30** Mer effektiv overvåking med PMU-er

Sterkere nordisk FoU-samarbeid

Nå intensiveres samarbeidet mellom Statnett og de andre nordiske nasjonale nettselskapene også innen FoU. En felles, formalisert nordisk forskningssatsing skal bidra til at selskapene oppnår viktige strategiske mål på både nordisk, europeisk og nasjonalt nivå.

I 2016 signerte Statnett avtalen med Fingrid, Svenska Kraftnät, Energinet.dk og Landsnet om å samarbeide innen forskning og utvikling. Statnetts FoU-direktør Sonja Berlijn leder arbeidet i den kommende toårsperioden, og har stor tro på at intensivering av initiativet som ble startet rundt 2000, vil bære frukter.

– Som region er vi tett knyttet til hverandre, har mange felles utfordringer og mange felles interesser. De nordiske nasjonale nettselskapene har lange tradisjoner i å samarbeide om ulike temaer, og samarbeidet formaliseres nå også innenfor forskning og utvikling. Sammen vil vi stå sterkere i europeisk sammenheng og få mer ut av hver FoU-krone, sier Berlijn.

Skal bidra til det grønne skiftet

De nasjonale nordiske nettselskapene har allerede et titalls pågående felles FoU-prosjekter. Nå varsler de nye prosjekter av mer strategisk art som retter seg inn mot felles utfordringer, krav og muligheter.

– Tradisjonelt har mange av prosjektene hatt et «bottom up»-perspektiv, der initiativene kommer fra ulike deler av

organisasjonen der behovet er til stede. Slike skal vi selvsagt fortsatt ha, men FoU-samarbeidsavtalen åpner i større grad for flere «top down»-prosjekter, der vi søker å svare på overordnede strategiske utfordringer.

– De nordiske nasjonale nettselskapene har lange tradisjoner i å samarbeide om ulike temaer.

SONJA BERLIJN
FOU-DIREKTØR
STATNETT

– Et godt eksempel på en slik er hvordan vi sammen skal bidra til det grønne skiftet i Europa. Statnett har ikke bare en viktig rolle å spille for å levere strøm

til mennesker i Norge – vi har også en stor rolle i det nordiske og det europeiske kraftsystemet. Vi ligger langt framme i Norden sammenlignet med europeisk FoU på området, så jeg har stor tro på at vi kan bidra godt, mener Berlijn.

Automatisk overvåking og kontroll

Nå er samarbeidspartnerne i gang med å utarbeide et veikart for nordisk forskning, med utvalgte flaggskip-prosjekter. Nye konkrete FoU-samarbeidsprosjekter skal også settes i gang nå som avtalen er signert, og Berlijn trekker frem et av de mest sentrale.

– Vi har et sterkt felles ønske om sanntidsbalansering av fremtidens nordiske kraftsystem, og et av prosjektene dreier seg om automatisk overvåking og kontroll av kraftsystemet. Vi må gjøre dette på nordisk nivå, ellers vil hvert land utvikle sine egne løsninger som ikke «snakker sammen». Selve kraftsystemene henger allerede tett sammen og vil gjøre det i enda større grad etter hvert. Utvikling på nordisk nivå vil være mer kostnadseffektivt, og sikre at vi har samme løsninger – eller i hvert fall løsninger som kan kommunisere med hverandre.

– Tradisjonelt har mange av prosjektene hatt et «bottom up»-perspektiv, der initiativene kommer fra ulike deler av organisasjonen der behovet er til stede.

SONJA BERLIJN
FOU-DIREKTØR
STATNETT

FAKTA

Mer kunnskap om lastmodellering

Et av de allerede pågående nordiske FoU-prosjektene kalles Lastmodellering. En godt begrunnet nettutvikling forutsetter at vi kan modellere hvordan kraftsystemet oppfører seg ved hjelp av modellverktøy. Nå skal disse modellene bli bedre.

Vi kjenner til egenskapene til den enkelte generator og nettkomponent, og kan gjenskape oppførselen i våre modeller. Men forbruket, eller «lasten», vet vi imidlertid lite om. Derfor trenger vi – i likhet med våre nordiske kollegaer – mer kunnskap for å modellere forbruket på best mulig måte i våre modellsimuleringer.

Dette FoU-prosjektet har derfor to hovedmål: Å verifisere de lastmodeller som brukes av de nordiske TSO-ene,

samt å utvikle og validere mer nøyaktige lastmodeller som gir et riktig bilde av muligheter og begrensninger i kraftsystemet.

For Statnett er dette viktig fordi det vil gi mer nøyaktige vurderinger av behov for og lønnsomhet ved investeringer i kraftnettet. Det vil også gi oss mer kunnskap om forbrukssiden av kraftsystemet, som forventes å få en viktigere rolle i framtidens kraftsystem.

Prosjektet er et felles initiativ fra Fingrid (Finland), SvK (Sverige) og Statnett, og utføres av STRI (Sverige). Flere nordiske nettselskaper (DSO-er) er involverte i målinger som skal utføres. FoU-prosjektet ble startet i januar 2015 og avsluttes i 2017.

– Vi skal utvikle metoder, verktøy og kompetanse for å styrke Statnetts beslutningsunderlag for investeringer.

MATTHIAS HOFMANN
PROGRAMLEDER
BÆREKRAFTIG SYSTEMUTVIKLING



Bedre planleggingsverktøy for fremtiden

Det er utfordrende å bygge fremtidens kraftsystem, siden det må tas hensyn til en rekke usikkerhetsmomenter og faktorer.

Programmet Bærekraftig systemutvikling tar for seg miljø- og samfunnsrelaterte problemstillinger knyttet til Statnetts virksomhet. Sentralt i programmet er avveiningen mellom ulike hensyn som miljø, klima, kostnader og forsyningsikkerhet, slik at Statnett blir bedre rigget for å treffe gode beslutninger. Blant annet skal programmet utvikle bedre modeller og metoder for å planlegge et samfunnsøkonomisk optimalt kraftsystem.

Regner på lønnsomheten for samfunnet

Et mål er å utvikle metoder, verktøy og kompetanse for å styrke Statnetts beslutningsunderlag for investeringer. Blant annet regnes det på den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i investeringsprosjektene med en forventningsverdi og hvilken konsekvens

den ene beslutningen får fremfor andre alternativer. For å kunne gjøre dette, er Statnett avhengig av gode modeller som kan analysere fremtidige forhold. Forskningsprogrammet følger også teknologiutviklingen tett for å avdekke om det kommer andre typer teknologier som kan gjør det hensiktsmessig å vente med utbyggingen - eller kanskje droppe den helt. Gjennom å bringe inn flere alternativer og ta med en rekke usikkerhetsmomenter, får Statnett et bedre beslutningsgrunnlag.

Tar hensyn til klima og miljø

For Statnett er det viktig å forstå og kunne analysere hvor stort miljø- og klimaavtrykk den ene kraftledningen etterlater sammenlignet med et annet alternativ. Dette fokuset er også ivarettatt i programmet. Målet er å redusere klima- og miljøpåvirkninger fra Statnetts egne anlegg. Miljø- og klimahensyn er også en forutsetning for å få større aksept i samfunnet for Statnetts utbygginger. I tillegg er vi opptatt av å ha åpenhet og etterprøvnbarhet rundt beslutningsprosessene våre. Et annet mål for programmet er derfor å finne ut hvordan vi involverer samfunnet på best mulig måte siden dialogen med interessegrupper gir gode innspill og nyttig kunnskap til vår planleggingsprosess.



Bearbeide og tolke data

Det er usikkerhet og risiko med enhver beslutningsprosess. Målet med forskningsprogrammet Bærekraftig systemutvikling er å bearbeide og tolke data slik at denne usikkerheten reduseres og gode beslutninger treffes, sier Matthias Hofmann, programleder for FoU-programmet Bærekraftig systemutvikling.

Stor spenning før GARPUR-test i Europa

Det fireårige europeiske forskningsprosjektet **G**enerally **A**ccepted **R**eliability **P**rinciple with **U**ncertainty modelling and through probabilistic **R**isk assessment (GARPUR) går mot slutten. I løpet av våren skal pilottester gi svar på om nye metoder og algoritmer kan bidra til enda bedre forsyningssikkerhet og lavere kostnader. Blant annet bidrar Statnett til dette prosjektet med funn fra våre egne analyser i nettplanlegging.

Socio-economic surplus

Formula (4.10) gives the regional socio-economic surplus.

$$\begin{aligned}
 S_r = \sum_{t=0}^T DF_t \left[TS \sum_{i \in I_r} \left(\sum_{c=1}^C \left(D_{cit} v_{cit} - \sum_{d=1}^D u_{cdit} v_{cdit} f_{cit}^m f_{cit}^n \right) - (D_{it} - u_{it}) c_{Tso,it} - C_{Tso,it} \right. \right. \\
 \left. \left. - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{I_r} \sum_{j \in J_l} \alpha_{ijl} - \sum_{g=1}^G (c_{GEN,g,it} y_{git} + C_{GEN,g,it}) - \sum_{j \in I_r} \left(\frac{1}{2} (p_{it} + p_{jt}) l_{jit} \right) \right. \right. \\
 \left. \left. - \sum_{g=1}^G y_{git} \sum_{p=1}^P e_{p,g,it} (d_{pt} - t_{pit}) \right) - s d_{tr} \right] \quad (4.10)
 \end{aligned}$$

Foto: Istock/Statnett

Målet med forskningsprosjektet GARPUR er å utvikle nye metoder og algoritmer for europeiske sentralnettoperatører (TSO-er), slik at det er lettere for disse å kunne velge det nivået på forsyningsikkerhet som gir mest nytte for samfunnet. Prosjektet omfatter både nettutvikling, vedlikehold og drift. Nå går prosjektet inn i den siste og avgjørende fasen, hvor tre TSO-er fra henholdsvis Island, Frankrike og Belgia skal teste ut hvordan dette kan fungere i praksis.

På sikt kan det bety at dagens N-1-prinsipp («N minus 1»), som betyr at én komponent kan falle ut uten risiko for strømbrydd, blir erstattet av en probabilistisk løsning. I en slik løsning vil behovet for tiltak i større grad vurderes etter hvor stor sannsynlighet det er for at én komponent faller ut og hvor dyre konsekvensene blir. Derfor inkluderes også muligheten for strømbrydd i analysen, for å gjøre en fullverdig risikovurdering slik at man på sikt tar de mest kostnadseffektive valgene. GARPUR-metodikken og modellene er blant annet basert på data om vær og vind, væravhengige feilrater for komponenter, økonomiske parametere og nettegenskaper.

Vil GARPUR fungere i praksis?

Ifølge analytiker Simon Weizenegger i Statnett, har akademiske beregninger vist at den probabilistiske tilnærmingen i GARPUR er hensiktsmessig. I tillegg ligger Statnett allerede et hestehode foran sine europeiske partnere når det gjelder bruk av probabilistiske metoder som sammenfaller i stor grad med rammeverket til GARPUR. Egne analyser og positive erfaringer med probabilistisk leveringspålidelighet i nettplanlegging understøtter at en slik tilnærming er mulig, og at den sparer samfunnet penger. Nå venter han spent på hva resultatene fra de tre pilottestene viser, spesielt fra testene som ser på avgjørelser i nettdriften i sanntid.

– Disse pilottestene vil vise – med reelle systemdata fra TSO-ene – hva vi har klart å utvikle i GARPUR, og hvorvidt dette er en god metode å bruke i nettdriften. Dessuten kan vi se hva vi trenger av data og verktøy som ikke eksisterer i dag. Dette

vet vi rett og slett ikke ennå, men alle i GARPUR-prosjektet er spent på de første resultatene, sier Weizenegger. Statnett skal også bidra med konklusjoner fra våre egne analyser innenfor probabilistisk leveringspålidelighet i nettplanlegging.

Statnett har også allerede kommet langt med metoden for å beregne væravhengige feilrater, som er en viktig parameter for beregning av probabilistisk leveringspålidelighet. I GARPUR skal metoden brukes i en pilottest på Island. I tillegg videreutvikles metoden i Statnett for kombinasjoner av værparametere.

Weizenegger har tidligere jobbet for TSCNET og 50Hertz Transmission i Tyskland, og hadde kun kjennskap til N-1-prinsippet før han begynte å jobbe med probabilistisk metode for forsyningsikkerhet i GARPUR-prosjektet. Kraftmarkedet er i sterk endring, blant annet med HVDC-kabler til utlandet og mer fornybar energi, noe som kan føre til en mer uforutsigbar lastflyt og skape nye driftsutfordringer. Med dagens rammeverk kan dette fort bli relativt dyrt. Weizenegger nevner for eksempel at tiltakene som Tyskland måtte sette inn i 2015 på grunn av lastflyter fra vindkraft, medførte kostnader på rundt 400 millioner Euro. Her var det kun N-1-sikkerhetsvurderingen som var gjeldende.

– Det er ikke nødvendigvis slik at vi bør erstatte N-1 i Norge eller over hele Europa med en gang, men kanskje vil det være hensiktsmessig med en kombinasjon først? Med GARPUR-tilnærmingen kan vi vise hva som er faktisk risiko for forsyningsikkerheten i et gitt område og vil trolig være i stand til å visualisere forventede kostnader og ulike risikonivåer. Denne muligheten mangler de fleste TSO-er i Europa i dag, sier han.

Weizenegger sier til slutt at han tror GARPUR kan være en «døråpner» for å ta i bruk probabilistisk risikovurdering for leveringspålidelighet, og at det blir spennende å følge den videre utviklingen etter at prosjektet avsluttes i oktober 2017.



– På sikt kan det bety at dagens N-1-prinsipp blir erstattet av en probabilistisk løsning.

SIMON WEIZENEGGER
ANALYTIKER
FORSKNINGSSIKKERHET

FAKTA

GARPUR:
Generally Accepted Reliability Principle with Uncertainty modelling and through probabilistic Risk assessment

Et europeisk forskningsprosjekt med støtte fra EU-kommisjonen som tar sikte på å bedre forsyningsikkerheten, og samtidig minimere de samfunnsøkonomiske kostnadene forbundet med driften av et mer effektivt kraftsystem.

Nå flyttes fokuset fra energi til effekt

Kraftmarkedet i Norden er i ferd med å bli mer og mer effektstyrt. Dermed øker også behovet for nye nordiske markedsmodeller som «MAD» og «SOVN».

Mer uregulerbar elektrisitetsproduksjon, økt kraftutveksling på tvers av landegrenser og større forbruksfleksibilitet er noe av det som i stadig større grad får innvirkning på hvordan vi administrerer, priser og regulerer det norske kraftmarkedet.

– Med nye forbindelser til utlandet, økt forbruk, færre termiske kraftverk og lignende, blir effekt viktigere enn energi når kraftprisene blir satt, også i Norge. Hvor mye vann produsentene har i magasinene blir med andre ord litt mindre viktig enn før, men det er desto viktigere at de har tilgjengelig kapasitet til å forvandle dette vannet til elektrisitet på rett tidspunkt, sier senioranalytiker Ivar Husevåg Døskeland i Statnett.

For å kunne beregne verdien av effekt på en god måte, trenger vi imidlertid nye markedsmodeller. Statnett har i den forbindelse startet forskningsprosjektet SOVN (Stokastisk optimaliseringsmodell for Norden med individuelle vannverdier og nettrestriksjoner), sammen med SINTEF.

Døskeland betrakter prosjektet, som ble avsluttet i 2017, som en suksess: Modellene de har utviklet ser ut til å fungere tilnærmet optimalt for å gjøre analytiske utregninger om hvordan vannkraften vil reagere på endringene som kommer. Dette vil for eksempel være svært verdifullt i planleggingsarbeidet for nye kraftledninger.

Ikke minst kan SOVN-modellen brukes av kraftprodusentene når de skal vurdere bygging av nye kraftverk eller gjøre oppgraderinger.



– SOVN-modellen kan gi oss grundige svar om fremtiden.

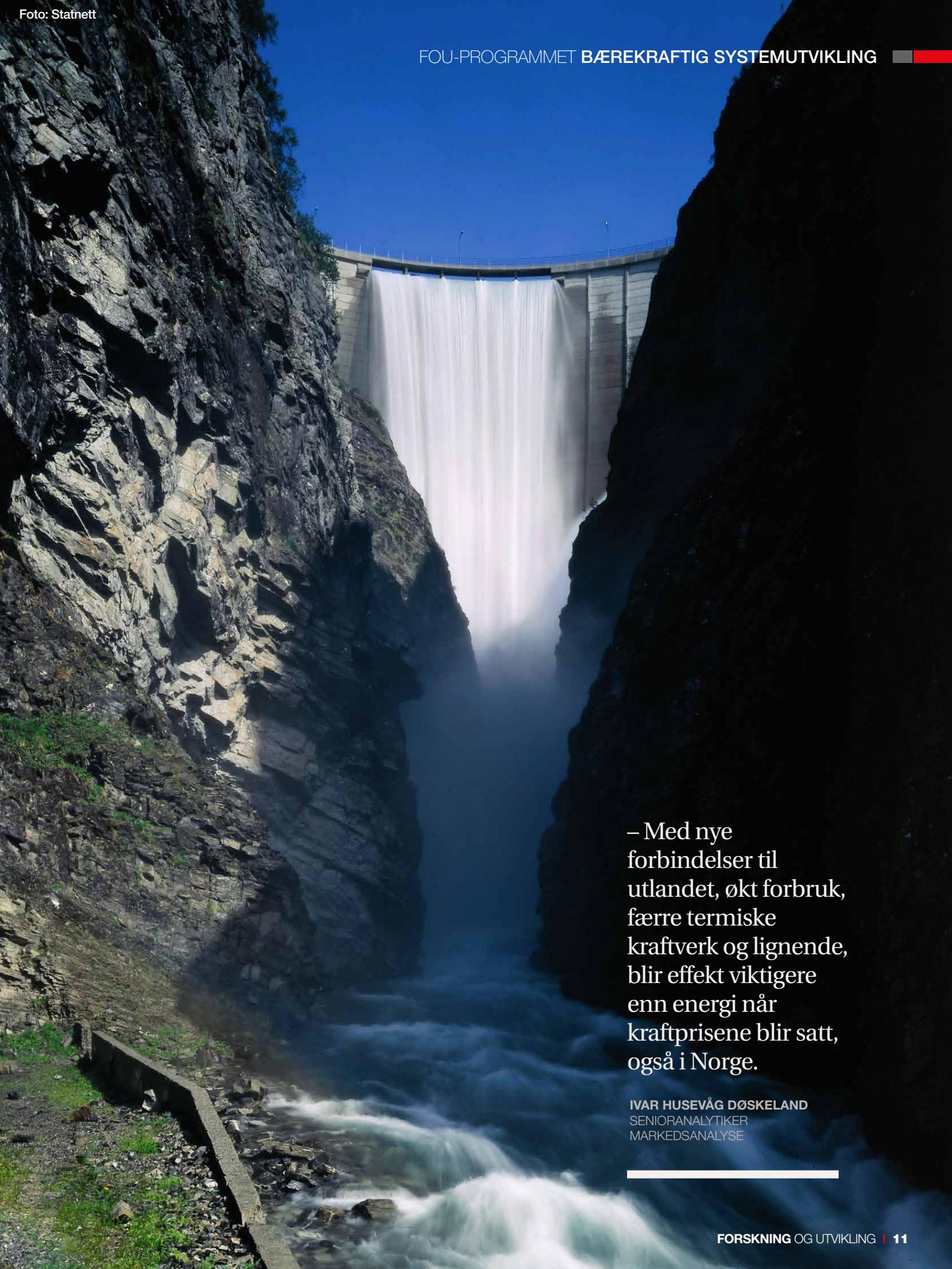
IVAR HUSEVÅG DØSKELAND
SENIORANALYTIKER
MARKEDSANALYSE

– Hvis vi skal lage riktige antagelser om 2040, må vi vite hva produsentene gjør, hvilke kraftverk de har oppgradert, og hvor mye effekt det er lønnsomt å bygge. Vi har allerede fått litt erfaring med modellene, og de gir veldig interessante svar, forteller han videre.

MAD vil gi andre typer svar

SOVN-modellen kan gi oss grundige svar om fremtiden, men ulempen er at disse utregningene er veldig omfattende og tar lang tid – gjerne flere uker. Derfor benytter Statnett andre markedsmodeller i tillegg, deriblant Samlast og EMPS, som kan gjøre raskere, men litt mindre presise utregninger for mange av de samme problemene. Modellene som brukes i dag er imidlertid i ferd med å bli utdatert – særlig nå som kraftmarkedet er i endring og effekt blir stadig viktigere også for norske kraftpriser.

Noe som kan få veldig stor betydning fremover, er utregningsmetodene som utvikles i det påbegynte forskningsprosjektet MAD (Metoder for aggregering og disaggregering). Ønsket for MAD-modellen er å kunne gjøre beregninger for hele det nordiske kraftsystemet med nesten like presise resultater som SOVN, men på en brøkdel av tiden. Ifølge Døskeland er hensikten med MAD å gi raske, gode svar og analyseresultater i det daglige arbeidet og de fleste markeds- og nettanalysene som Statnett gjør.



– Med nye forbindelser til utlandet, økt forbruk, færre termiske kraftverk og lignende, blir effekt viktigere enn energi når kraftprisene blir satt, også i Norge.

IVAR HUSEVÅG DØSKELAND
SENIORANALYTIKER
MARKEDSANALYSE

Ny metode skal gi bedre miljøbeslutninger

Noen inngrep i naturen er ikke til å unngå når kraftsystemet bygges ut og oppgraderes. Nå utvikler Statnett en ny og smartere metode for å gjøre det enklere å beregne kostnadene knyttet til slike inngrep.

En av hovedoppgavene til Statnetts avdeling for økonomiske analyser er å beregne den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i prosjekter knyttet til utvikling og drift av sentralnett. Miljøulempen er én av konsekvensene som det er vanskelig å beregne hva koster.

Frem til i dag har ikke metoden vi bruker for å beskrive og for å sette en pris på disse miljøkonsekvensene, vært god nok. Derfor har Statnett satt i gang et prosjekt der målet er å gjøre metoden bedre og mer nøyaktig.

- Når vi bygger en ledning til en milliard som skal bedre forsyningssikkerheten, er dette i utgangspunktet en lønnsom investering. Samtidig kan miljøkonsekvensene representere store ulemper, både praktisk og økonomisk, noe som gjør at regnestykket ser litt annerledes ut, sier økonom Rolf Korneliusen. Han leder prosjektet «Verdsette virkninger i samfunnsøkonomisk analyse». Korneliusen forklarer at folk vanligvis

er villige til å godta ekstra kostnader for å unngå inngrep i naturen. Ofte er det imidlertid en utfordring å beregne hvor høy eller lav denne betalingsvilligheten er. Dermed blir det også vanskelig å formidle til en beslutningstaker, nøyaktig hvor høy eller lav kostnaden knyttet til et inngrep i miljøet kan være.

Basert på nytt rammeverk

I dag bruker Statnett kart og skjønnsmessige beskrivelser for å vurdere miljøvirkninger. Metoden som utvikles i forskningsprosjektet baserer seg i stedet på et generelt rammeverk for å vurdere økosystemtjenester og i hvilken grad og på hvilken måte de kan bli berørt av forskjellige inngrep.

Statens Vegvesen, Bane NOR, Kystverket og andre etater og sektorer jobber parallelt med den samme problemstillingen og bruker det samme generelle rammeverket. På sikt kan det føre til at flere miljøvirkninger kan vurderes i kroner og øre. Samtidig

blir begreper og verdier standardisert slik at de kan brukes konsistent på tvers av prosjekter.

For Statnett er målet å utvikle en metode som gir et godt og riktig beslutningsgrunnlag når nye nettprosjekter planlegges. Korneliusen minner imidlertid om at de driver nybrottsarbeid og at «Verdsette virkninger i samfunnsøkonomiske analyser» mest sannsynlig er starten på et enda større prosjekt.

- Vi kommer til et punkt der mangelen på nasjonale data hindrer oss i å bygge bedre modeller. I tillegg er det flere av økosystemene som ennå ikke er kartlagt. Det jobber Miljødirektoratet med nå. Dette er en god illustrasjon på at vi driver et pionerarbeid, både sammen med andre etater som gjør sine egne analyser og med Miljødirektoratet som har et bredere sektoransvar for miljø generelt, avslutter Korneliusen.



– Miljøinngrep kan være en stor ulempe som vil gi fratrekk i regnestykket.

ROLF KORNELIUSSEN
SIVILØKONOM
ØKONOMISK ANALYSE

20 % sikrere, raskere og rimeligere

Statnett skal i årene fremover investere titalls milliarder i å ruste opp kraftsystemet. Det betyr at økt FoU-innsats kan gi formidable gevinster.



Foto: Johan Wichagen



– Vi skal snu hver stein for å kunne oppnå våre målsetninger.

ODDGEIR KASPERSEN
PROGRAMLEDER
INNOVATIV TEKNOLOGI



Målsetningene i FoU-programmet Innovativ teknologi er ambisiøse: Innen 2020 skal byggetiden reduseres med 20 prosent, kostnadene skal ned 20 prosent og sikkerheten skal økes med 20 prosent.

Dette kan oppnås for eksempel gjennom nye metoder som forlenger anleggs-sesongen, noe som igjen gir raskere byggetid. Hvis eksisterende infrastruktur kan forbedres fremfor å bygge nytt, vil dette både gi store besparelser og færre nye naturinngrep. Sikrere arbeidsmetoder skaper også en tryggere hverdag.

Utfordre vedtatte sannheter

En driver for FoU-programmet er å utfordre tradisjonelle måter ting gjøres på.

Innovativ teknologi har samlet sine underprogrammer under begrepet "Lean", som er en metode for å oppnå kontinuerlig forbedring. Det betyr at FoU-programmet skal se på prosesser og rutiner - og snu hver stein for å kunne oppnå 20-20-20-målsetningen.

Tre delprogrammer

FoU-programmet har tre delprogrammer; Lean Line, Lean Substation og Lean Cable. Det første programmet handler om master, fundament og byggeteknologi, Lean Substation omhandler digital stasjon og ny teknologi i transformatorstasjoner, mens Lean Cable ser på kabelteknologi.

– FoU-programmet Innovativ teknologi har adoptert deler av Lean-prinsippene. Det betyr at hver stein skal snus for å kunne bygge rimeligere, raskere og sikrere. Oppnår vi dette betyr det sikrere arbeidsmetoder og potensielle besparelser i milliardklassen.

ODDGEIR KASPERSEN
PROGRAMLEDER
INNOVATIV TEKNOLOGI



Raskere og sikrere mastebygging

Innføringen av aluminium som mastematerial, hvor byggeelementene veier under halvparten av de tradisjonelle stålmastene, er et stort gjennombrudd for høyere sikkerhet og bedre effektivitet i linjeutbyggingen.

Det største problemet med stål er vekten. Normalhøyden på en mast er 27 meter og med stål som materiale, veier den rundt 11 tonn. Det gjør det tidkrevende og det er en viss HMS-risiko forbundet med å reise slike, forteller prosjektleder Øyvind Welgaard, som jobber i kraftledningsavdelingen i Statnett.

- Vi bygger ofte kraftledningene langt fra vei, og helikopter er gjerne den mest effektive måten å frakte mastene den siste strekningen frem til mastepunktet. Dette er likevel tidkrevende siden helikopteret maks kan løfte ett tonn per tur. Løsningen da blir å frakte elementene med bil til en pre-monteringsplass så nær linjen som mulig. Her blir masten delvis satt sammen og så flydd ut til mastepunktet hvor monterer sitter i masta og tar i mot og monterer elementene. Det blir med andre ord mange helikopterturer, og prosessen krever også mye arbeid i høyden, forklarer han.

Største gevinsten ligger i HMS

En slik tidkrevende byggeprosess med mye arbeid i høyden gjør det interessant med andre byggematerialer. Til sammenligning veier en mast på 27 meter bygd i aluminium rundt fem tonn, altså under halvparten av stålmasten.

- Erfaring viser at aluminiumsmaster fungerer vel så bra som stålmaster. Lavere vekt gir mindre bruk av helikopter og arbeid i høyden, og dermed sikrere montering. Aluminium scorer altså maks både på HMS og effektivitet, sier Welgaard entusiastisk.

I innkjøp er aluminium noe dyrere enn stål, men dette utlignes av det man sparer på raskere montering og mindre behov for kostbare helikopterturer.

- Vi har regnet på hele prosessen og disse mastetyperne kommer ganske likt ut. Den store gevinsten ligger innenfor HMS. Å trygge arbeidshverdagen har førsteprioritet, og slik sett er aluminium suverent.

Lettere å lage aerodynamiske profiler

En annen fordel med aluminium er ingen korrosjon, noe stålmaster kan slite med, spesielt i kystnære strøk. Derimot takler aluminium sveising dårlig. Det krever at man må designe og presse ut de nødvendige profilene på forhånd. Men dette kan også sees på som en styrke, mener Welgaard.

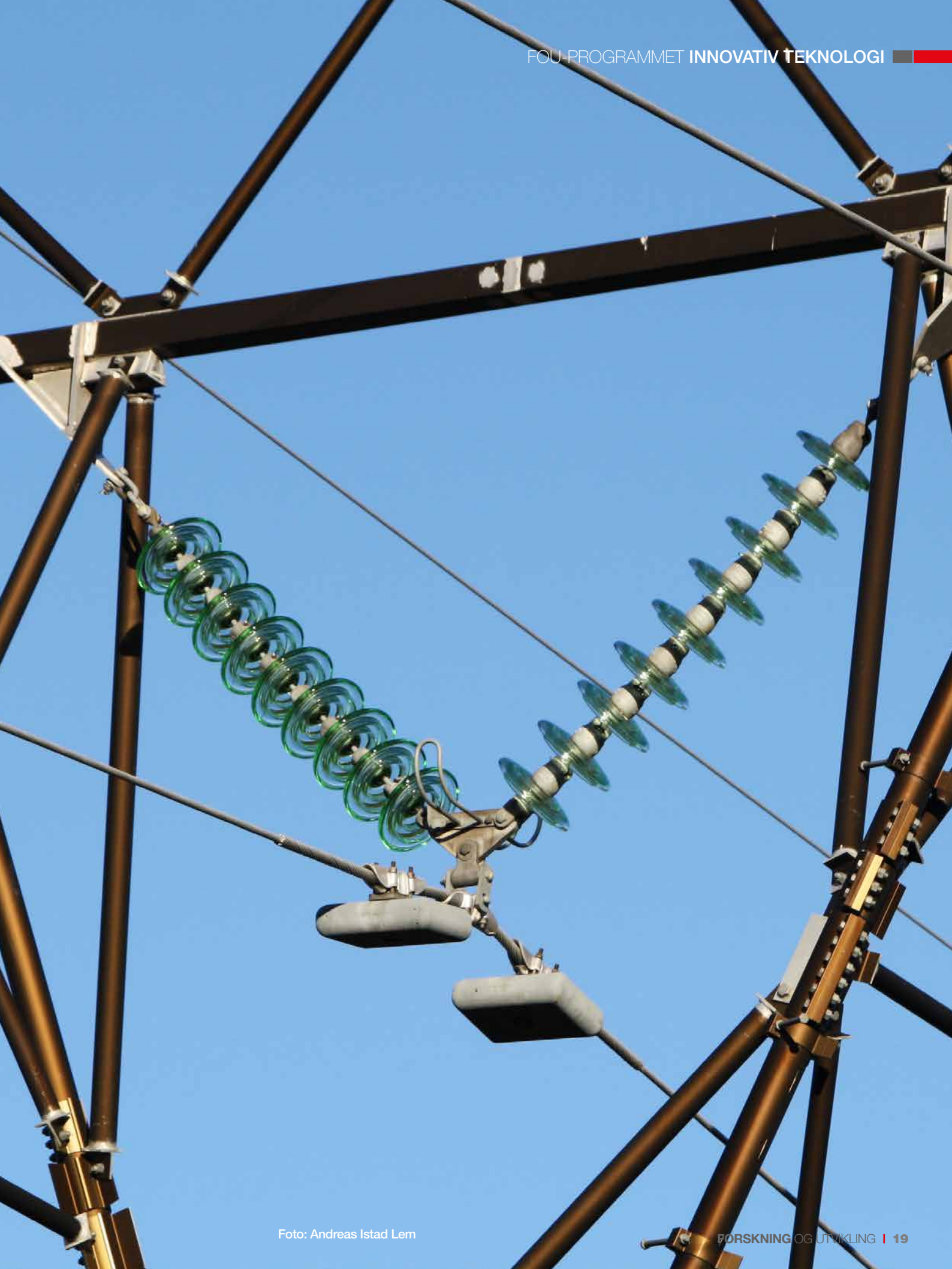
- Når vi kan presse ut en hvilken som helst profil kan vi integrere mange smarte løsninger. Det kan for eksempel være spesielle designelementer som spor til montering av klatreløsning eller små finner for å redusere vibrasjoner indusert av vind. For å skape en tilsvarende profil på en stålmast krever det mye ekstra sveisearbeid.

Av utseende blir aluminiumsmastene ganske like stålmastene, men det blir mindre forgitring. Med færre diagonale elementer blir ikke masten like tett og således blir den mindre synlig, avslutter Welgaard.



- Materialtestingen er ferdig, og til våren starter vi produksjon av prototypen. Til høsten skal denne masten prøvemonteres før den blir sendt til en fullskalatest. Deretter blir det en pilot, trolig i 2018, hvor vi skal reise et fåtall aluminiumsmaster i et linjestrekk sammen med stålmastene.

ØYVIND WELGAARD
SIVILINGENIØR
KRAFTLEDNING





Neste generasjon digitalisering åpner nye dører

Styringen i Statnetts 150 transformatorstasjoner i sentralnettet er allerede langt på vei digitalisert. Nå starter neste fase med digitalisering helt ut til apparatanlegget.

- Digitaliseringen har skjedd trinnvis, og dagens kontrollanlegg har digital styring fra driftssentralen. Brytere kan fjernstyres, og hvis for eksempel et tre forårsaker linjebrydd, kan dette stedet lokaliseres rimelig treffsikkert, sier prosjektleder Rannveig S. J. Løken for prosjektet Digital Stasjon Pilot.

Det brukes i dag smarte vern som overvåker nettet, vurderer feilsituasjoner fortløpende og avgjør om de skal fikse problemet eller om de skal vente på at vernet i den andre linjeenden gjør jobben sin.

– Digitaliseringen åpner mange dører, men når stadig mer foregår digitalt, blir sikkerhet særdeles viktig.

RANNVEIG S. J. LØKEN
PROSJEKTLEDER
DIGITAL STASJON PILOT

Er fiber like driftssikkert som kobberkabler?

I dagens anlegg brukes det trådbundet forriglinger mellom felt, i tillegg til utløserkretsen fra vernet ut til effektbryteren. Det sentrale i prosjektet er å erstatte tradisjonelle kobberkabler med fiber (prosessbus), og kartlegge muligheter og risikoer forbundet med dette. Løken mener dette på mange måter er en reise inn i det ukjente, noe som gjør prosjektet ekstra spennende.



Foto: Kai Nybakk



- Vi har brukt mye tid på å lage en god kravspesifikasjon. Dette er krevende fordi det innebærer å bevege oss fra områder der vi har mye kunnskap, til å spesifisere funksjoner vi ikke er helt sikre på går teknologisk.

RANNVEIG S. J. LØKEN PROSJEKTLEDER DIGITAL STASJON PILOT

Anleggene kan gi mindre fotavtrykk

Dagens tankesett for kontrollanlegg er én funksjon i én boks, og dublering av funksjoner i ulike enheter. I en digital stasjon kan vi kombinere mange flere funksjoner fra flere felt i samme enhet, som vil gi et mer kompakt anlegg og mindre fotavtrykk. En annen gevinst kan være automatisk overvåkning av apparatanlegget som gjør at svakheter kan avdekkes mye tidligere. I dag skjer dette delvis manuelt, eller med skreddersydde systemer som krever egne innsamlingsystemer, opplyser hun.

Testanlegg klart til høsten

- Digitaliseringen åpner mange dører, men når stadig mer foregår digitalt, blir sikkerhet særdeles viktig. Derfor ser prosjektet også på hvordan vi kan beskytte sensitive deler av anlegget med gode systemer, sier Løken.

FoU-prosjektet, som ble startet i 2016, skal både se på hvordan nye transformatorstasjoner skal bygges i fremtiden og hvordan eldre kan oppgraderes. Viktig for prosjektet er kompetansebygging av interne ressurser.

I tillegg har prosjektet en industripartner som skal utforske teknologien sammen med Statnett, samt ingeniører og bygge et digitalt testanlegg.

- Testanlegget er klart til høsten, det måler på ekte strøm og spenning, og skal driftes i en toårsperiode i en av Statnetts stasjoner, avslutter Løken.

Robotmontasje av flymarkører

Fra ukeshjobb til kun timer

Nye krav til merking av kraftlinjer gir Statnett en formidabel jobb i årene fremover. Takket være en innovasjon som Statnett har utviklet sammen med flere industripartnere, kan jobben nå gjøres langt rimeligere, raskere og sikrere.

Minst halvparten av dagens flymarkører må byttes ut med selvreflekterende markører. I tillegg må mange luftspenn som frem til nå ikke har vært merkepliktig, markeres. Dette er kjernen i forskriftsendringene som Luftfartstilsynet gjorde med virkning fra 1. september 2014 - og fristen for å bli ferdig med merkingen er allerede 1. januar 2018.

For Statnett var det ikke bare starten på en formidabel jobb. Det var også en solid motivator til å tenke nytt – skape en spennende innovasjon, sier sivilingeniør Boris Adum i kraftledningsavdelingen divisjon Teknologi og utvikling.

Tidsfristen er fem år

- Vi har i dag mange tusen flymarkører, så det antallet som må byttes ut er betydelig. Videre har vi anslått at rundt 170 av dagens luftspenn må markeres. Tar vi utgangspunkt i at hvert luftspenn består av 5-6 markører, snakker vi altså om montering av 900 til 1000 nye markører, sier han.

Stilt overfor en slik oppgave ble det både aktuelt og spennende å se på hele flymarkørprosessen, forteller Adum.

Risikofylte og dyre metoder

- Den vanligste metoden ved nye kraftspenn er å feste flymarkørene manuelt på, etterhvert som linene rulles ut fra trommelen. På bestående kraftledninger brukes små vogner ute på faselinene, og i noen tilfeller heises personell ned i en korg fra et helikopter, forklarer han.

Eksisterende metoder krever arbeid i høyden, de er tidkrevende og ikke minst forutsetter de kostbar utkobling av ledningen.

- En utkobling av en linje har en stor kostnad for samfunnet. På en så omfattende jobb som denne snakker vi altså om store tall, sier Adum.

Ikke behov for kommunikasjon med helikopteret

Metoden Statnett har utviklet sammen med tre industripartnere, er å bruke en robot som heises ned fra helikopteret. I denne prosessen holder roboten en flymarkør som klemmes rundt linjen og deretter festes med skruer. Det er ingen styring eller kommunikasjon med helikopteret. Roboten gjør hele prosessen alene.

Metoden ble med stort hell testet på en prøvelinje utenfor Kristiansand høsten 2016.

- Denne enkle, men svært effektive metoden får enorm betydning for det forestående arbeidet med de nye flymarkørene, mener han.

Imponerende effektivitet

Det er viktig at denne metoden reduserer behovet for utkobling – eller at vi unngår å ha folk oppe i høyden. Spesielt imponerende er effektiviteten. Adum forteller at selv om en montør står nede på bakken tar det minst fem minutter å feste kun én markør. Oppe i høyden er prosessen enda mer tidkrevende på grunn av sikkerhetsaspektet.

- Roboten bruker rundt ett minutt på den samme prosessen. Det betyr at på noen spenn hvor vi før brukte en hel uke på å feste markørene, gjør roboten dette på kun få timer. Det er en ekstrem effektivisering av arbeidsprosessen, avslutter Adum entusiastisk.



- Denne enkle, men svært effektive metoden får enorm betydning for det forestående arbeidet med de nye flymarkørene.

BORIS ADUM
SIVILINGENIØR
KRAFTLEDNING





– Roboten kan foreløpig ikke fjerne eldre markører, men dette skal det jobbes med. På sikt kan helikopteret erstattes av en drone. Dette vil redusere kostnadene betydelig.

BORIS ADUM
SIVILINGENIØR
KRAFTLEDNING

- Det som gjør meg ekstra stolt over dette FoU-prosjektet er tempoet i utviklingen. Kun seks måneder brukte Innova og Statnett på å utvikle konseptet og designe roboten. Samtidig utviklet selskapene Dalekovid og Morsdorfer flymarkøren.

Foto: Boris Adum

Målet er full innsikt
og full kontroll i
sanntid.

ANE M. ELGESEM
PROGRAMLEDER
SMARTE NETT



Forsker på hvordan vi skal håndtere økt kompleksitet

Smarte nett tar for seg FoU-oppgaver innenfor anleggsforvaltning, systemdrift og markedsutvikling, med spesielt fokus på mulighetene som ligger i framtidens IKT-system og -løsninger. Programmet prioriterer forskningstema som utnytter synergier mellom systemdrift og anleggsforvaltning, øker funksjonaliteten i anleggsmassen og utvikler løsninger for sluttbrukerfleksibilitet i driften av kraftsystemet.

Ved å bygge kompetanse og utvikle nye metoder og verktøy, vil Smarte nett-programmet være med på å forberede kraftsystemet på en mer kompleks framtid. I prosjektene utforsker vi hvordan vi kan bruke IKT for å oppnå bedre beslutningsstøtte og automatisere flere oppgaver.

Den overordnede ideen er å søke løsninger der systemer kan optimalisere oppgaver ut fra et helhetsspektiv på økonomi, risiko og forsyningssikkerhet. I et slikt scenario har vi sensorer på komponentene for overvåkning og kontroll, og ingen

begrensinger i innsamling, overføring, lagring og prosessering av data. Sensorene bringer også sanntidsdata inn i en modell som viser tilstanden på kraftsystemet, hvordan den forventes å utvikle seg og hvilke tiltak som bør gjøres.

Informasjonssikkerhet legger en ramme for prosjektene i Smarte nett. Mer data, automatikk og avanserte IKT-systemer skal ikke gå på bekostning av forsyningssikkerheten. Det er nødvendig å ha et klart bilde av hvilke trusler og muligheter nye verktøy og metoder skaper. Målet er full innsikt og full kontroll i sanntid.



Foto: Statnett

Smartere anleggsforvaltning med Big Data

Statnetts anlegg og komponenter utfører kritiske oppgaver, og det er av avgjørende betydning å vedlikeholde og skifte dem ut til riktig tid. Da er det viktig med god kunnskap om tilstanden til hver enkelt komponent. SAMBA skal bidra til å forbedre beslutningsunderlaget og beslutningsprosessene innenfor anleggsforvaltning i Statnett.

SAMBA står for «Smarter Asset Management with Big Data», og er et Forskningsråd-støttet prosjekt der Statnett samarbeider med SINTEF Energi og noen av de største internasjonale leverandørene av systemer for anleggsforvaltning: ABB, GE Grid Solutions og IBM. Prosjektleder Arne Smisethjell i Statnett forteller at man med prosjektet ønsker å gi bedre svar på fire sentrale spørsmål for Statnetts anleggsforvaltning:

- **Hvordan er tilstanden til komponentene mine akkurat nå?**
- **Hvordan vil tilstanden til komponentene mine utvikle seg framover?**
- **Gjør jeg riktig vedlikehold til riktig tid?**
- **Når må jeg bytte ut komponentene mine?**

– Klarer vi å besvare disse spørsmålene, vil det gi betydelig fortjeneste. Når vi med stor sikkerhet kan si hva som er rett tid for å vedlikeholde eller skifte ut komponenter, gir det ikke bare fordeler i form av lavere operasjons- og investeringskostnader – det vil også gi bedre sikkerhet og leveransepålitelighet, understreker Smisethjell.

Data er nøkkelen

I dag kan Statnett stort sett bare beskrive og analysere hva som har skjedd i etterkant av havari på kritiske komponenter. Målet er å komme opp på et nivå der man kan forutsi hva som vil skje og ta styring over

prosessen på forhånd. Datainnsamling og -håndtering er nøkkelen for å lykkes.

– Vi samler allerede inn veldig mye data fra komponenter ute i anleggsmassen. I tillegg vil data fra andre være interessant, for eksempel værdata og data fra leverandører og andre TSO-er. Dette må vi strukturere og organisere for å lage en tilgjengelig plattform som gjør det mulig å kjøre de rette applikasjoner og analyser. Så må vi visualisere presentasjonen av «helsetilstanden» på utstyret og gjøre den håndterbar for beslutningstagere innen vedlikehold, drift og ledelse, slik at de kan ta de rette avgjørelsene om for eksempel reinvestering, forklarer Smisethjell.

Mange ulike systemer

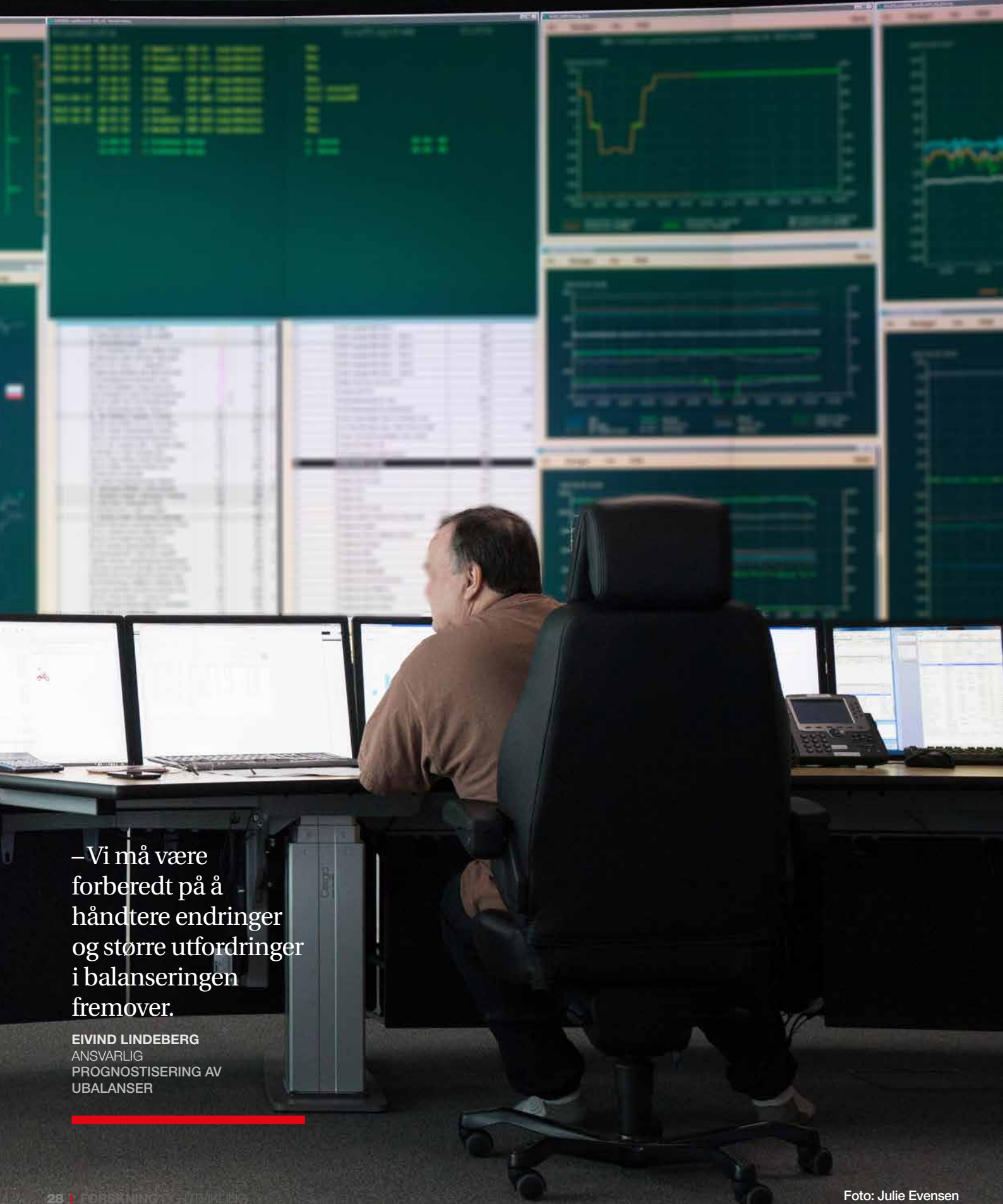
Jobben er omfattende, og utfordringen tilsvarende stor. Prosjektet består av åtte arbeidspakker, og involverer mange fagavdelinger. I dag benytter Statnett en rekke ulike systemer i sin anleggsforvaltning, og det er slett ikke alle som snakker like godt med hverandre.

– Vi må organisere oss annerledes. Framtida er en strømlinjeformet modell med kompatible grensesnitt hele veien. I prosjektet tester vi ut ulike modeller og metoder for tilstandsvurderinger, og ønsker å kunne hente ut informasjon om tilstandsutvikling, restlevetid for komponenter, risiko og optimalt tidspunkt for vedlikehold og reinvestering, avslutter Arne Smisethjell.



– Klarer vi å besvare disse spørsmålene, vil det gi betydelig fortjeneste.

ARNE SMISETHJELL
PROSJEKTLEDER
STATNETT



– Vi må være forberedt på å håndtere endringer og større utfordringer i balanseringen fremover.

EIVIND LINDEBERG
ANSVARLIG
PROGNOSTISERING AV
UBALANSER

Et system i balanse

Ting utvikler seg ikke alltid som planlagt i et kraftsystem. FoU-prosjektet «Prognostisering av ubalanser» skal utvikle nye verktøy som gjør det lettere for Statnetts operatører å forutse og håndtere ubalansene som oppstår når det produseres mer eller mindre strøm enn det som brukes. Big Data og maskinlæring er viktige forutsetninger for å få til en mer proaktiv regulering av systemet.

– Det er operatørene ved Statnetts landssentral som sammen med sine nordiske kolleger regulerer det nordiske kraftsystemet – det vil si at de sørger for å jevne ut ubalanser mellom produksjon og forbruk i driften. I dag gjøres dette ved å se på frekvensen, som er et uttrykk for hvordan balansen er, og deretter aktivere reserver ved behov. Reserver er muligheter driften har til å regulere produksjon og forbruk opp eller ned, men som det tar tid å aktivere. Hvis driften på forhånd visste hvordan ubalansen ville utvikle seg, kunne operatørene vært mer proaktive og satt inn de riktige reguleringstiltakene tidligere, forteller Eivind Lindeberg.

Vil ta i bruk nye data

Han er Statnetts ansvarlige i det Forskningsråd-støttede FoU-prosjektet, som ledes av analyseselskapet Optimeering. Med på laget er også NTNU og Universitetet i Liege, Belgia. Prosjektet startet i 2017 og vil vare i to år. Resultatet vil forhåpentligvis være en prototype som løpende kan forutse ubalansene.

– Dagens prognoser er bygget på data fra produksjonsplaner og om forventet forbruk. I FoU-prosjektet ønsker vi å ta i bruk flere og nye data som vil gi bedre prognoser – for eksempel historiske data om hvordan ubalansen har vært i gitte situasjoner,

værdata og temperaturdata. Vi ønsker også å inkludere den kunnskap og erfaring som bare ligger i hodet til operatørene våre.

– Ved å hente mer informasjon og ta i bruk moderne IT-teknologi for maskinlæring og Big Data, håper vi at maskinene kan finne nye sammenhenger som vi ikke klarer å se i datamengdene, og dermed lage bedre prognoser for ubalanse. Disse nye prognosene vil så kunne danne grunnlaget for videre automatisering av balanseringen, forklarer Lindeberg.

Gode grunner

Det er mange gode grunner til å forske på dette nå. Frekvenskvaliteten, som er et mål på hvor godt man klarer å balansere systemet, har blitt stadig dårligere de siste 20 årene. I dag består en stadig større del av det nordiske kraftsystemet av uregulerbare kraftkilder, og det bygges store mengder vindkraft, men også sol- og elvekraft. I tillegg vil økt overføringskapasitet mellom Norden og landene omkring gi en annen kraftflyt og større og hyppigere endringer

– Vi må være forberedt på å håndtere endringer og større utfordringer i balanseringen fremover, avslutter Lindeberg.



– I FoU-prosjektet ønsker vi å ta i bruk flere og nye data som vil gi bedre prognoser – som historiske data om ubalansen i gitte situasjoner, værdata og temperaturdata.

EIVIND LINDEBERG
ANSVARLIG
PROGNOSTISERING AV UBALANSER

Mer effektiv overvåking med PMU-er

En PMU (Phasor Measurement Unit) måler kontinuerlig strøm, spenning, fasevinkel og frekvens i kraftnettet. FoU-prosjektet SPANDEx skal videreutvikle og prøve ut nye dataverktøy for Statnetts driftssentraler basert på sanntidsmålinger fra slike PMU-er. Dette kan danne grunnlaget for et helt nytt integrert verktøy som blant annet varsler om hendelser vi i dag ikke kan oppdage direkte, og som vi forventer vil øke med nye mellomlandsforbindelser i drift.

– Et slikt verktøy vil gi oss en mye bedre oversikt over tilstanden i systemet, og gjøre det enklere å fange opp uønskede hendelser i nettet. Hvis prosjektet bidrar til å hindre at store deler av Norge blir mørklagt en eneste gang, tror jeg vi tjener inn hele kostnaden, sier prosjektleder David Karlsen.

Etterlengtet verktøy

Det treårige FoU-prosjektet «Synchronphasor/PMU Application, iNtegration and Data Exchange» (SPANDEx) startet i 2016 og er støttet av Forskningsrådet. Statnett samarbeider med SINTEF, NTNU og GE Grid Solutions om å utvikle de nye dataverktøyene som skal gjøre det lettere for de ansatte ved Statnetts regionale driftssentraler å overvåke nettet.

– Jeg jobber selv ved regionsentralen i Oslo og har opplevd situasjoner hvor vi manglet et godt dataverktøy for å fange opp og analysere en del hendelser i nettet på en god måte. Spesielt gjaldt dette effektpendlinger, som for eksempel blir utløst av at produksjon eller forbruk faller ut samtidig som det er en stor kraftoverføring av energi fra Norge til Sverige. Da begynner overføringen å gå i bølger, og man kan i verste fall oppleve at hele nettet kollapser. Flere land har begynt å installere PMU-er etter hendelser som har mørklagt store deler av landet, forteller Karlsen.

Applikasjoner på vei

En PMU-boks plassert ute i nettet kan registrere og sende inn data om elektriske parametere som strøm, spenning,

– SPANDEx skal undersøke nytten driftssentralene kan ha av å bruke data fra PMU-er.

DAVID KARLSEN
PROSJEKTLEDER
SPANDEx



fasevinkel og frekvens femti ganger i sekundet. Da kan man se det dynamiske forløpet og avdekke uregelmessigheter mye mer effektivt enn med dagens løsninger som lagrer slike verdier en gang hvert tiende sekund. PMU-er er også tidssynkronisert slik at det er mulig å sammenligne fasevinkelen mellom ulike områder i nettet, det vil si at man kan si noe om hvor tungt belastet nettet er mellom de to målerne eller hvor pendlinger i systemet kommer fra.

– SPANDEx skal undersøke nytten driftssentralene kan ha av å bruke data fra PMU-er. Dataene brukes av applikasjoner som overvåker systemet og varsler når spesielle hendelser skjer. Det å utvikle, teste og ta i bruk slike applikasjoner i et driftssentralmiljø er essensen i prosjektet. NTNU har for eksempel utviklet en applikasjon for spenningsstabilitet som det blir interessant å teste og tilpasse for vår bruk.

– Neste generasjon kraftsystem vil blant annet ha flere forbindelseskabler til utlandet og økende andel vindkraftproduksjon. Med det følger større variasjoner i kraftsystemet, og da blir det enda viktigere å ha mer nøyaktige måledata i fremtiden, avslutter David Karlsen.



Foto: Statnett

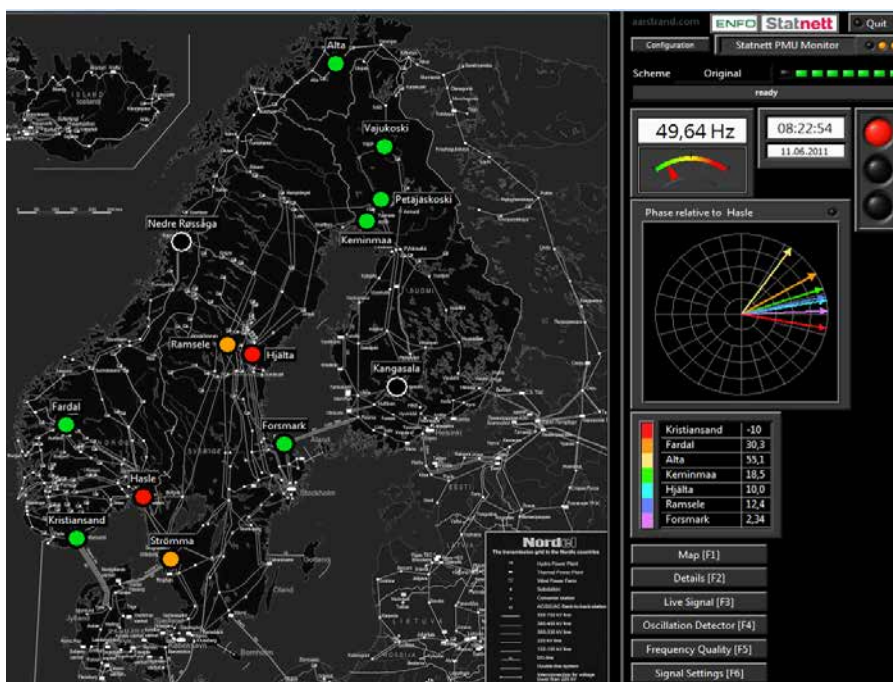


Foto: Statnett

– Jeg jobber selv ved regionsentralen i Oslo og har opplevd situasjoner hvor vi manglet et godt dataverktøy for å fange opp og analysere en del hendelser i nettet på en god måte.

DAVID KARLSEN
PROSJEKTLEDER
SPANDEX



Foto: Pål Bentsdal

Statnett SF, PB 4904 Nydalen, 0423 Oslo
Tel: +47 23 90 30 00, Faks: +47 23 90 30 01

Statnett