

Resultatrapport SAMBA

1 Bakgrunn

Smartere anleggsforvaltning gjennom bedre utnyttelse av store datamengder (SAMBA) var et treårig IPN-prosjekt ledet av Statnett. Prosjektet var støttet av Norsk Forskningsråd (NFR) og hadde følgende partnere: SINTEF Energi, GE Grid Solutions, ABB og IBM.

Hovedideen bak SAMBA var å bidra til forbedring av både beslutningsunderlaget og beslutningsprosessene innenfor anleggsforvaltning i Statnett ved å kombinere nyvinninger innen informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) og elkraftfaglig kunnskap.

Motivasjonen for SAMBA var at data som Statnett, over tid, samler om anleggene og kraftsystemet i for liten grad ble brukt til estimering av anleggenes tilstand og restlevetid; de var ikke tilgjengelig for analyse og beslutningstagning. En av de første aktivitetene i prosjektet var å diskutere og kartlegge mulighetene og utfordringene innen anleggsforvaltning hos Statnett med forsknings- og industripartnere. Vi avdekket da det store potensialet for økt verdiskapning ved mer online og automatisk innhenting av tilstands- og driftsdata. Disse dataene kombinert med vedlikeholdsdata innsamlet ved inspeksjon er essensielt til estimering av tilstand, feilsannsynlighet og restlevetid.

Et viktig poeng i prosjektet var å teste tilgjengelige metoder og modeller fra industri- og forskningspartnere på data fra Statnett. Arbeidsmetodikken i prosjektet har vært beskrivelse og testing av utvalgte use case. I tillegg har prosjektet laget en mulighetsstudie for risikoovervåking og en kartlegging av IKT-arkitektur for anleggsforvaltning.

2 Måloppnåelse

Hovedmålet for SAMBA-prosjektet var å utvikle en systemarkitektur, datamodeller og analysemetoder for big data drevet anleggsforvaltning av transmisjonsnett. Dette målet er oppnådd hovedsakelig gjennom kartlegging av behov innenfor anleggsforvaltning som innspill til fremtidens IKT-arkitektur og beskrivelse og testing av use case. Use casene dekker kun utvalgte områder innenfor anleggsforvaltning, så en komplett "big data drevet anleggsforvaltning" krever mer arbeid fra Statnett i etterkant av prosjektet. Men prosjektet er et fundament å bygge videre på for Statnett. Prosjektets delmål og tilhørende måloppnåelse er vist i Tabell 1 under.

Tabell 1 Delmål og måloppnåelse.

Delmål	Måloppnåelse
1. Establish an overview of best practice in asset management, big data analytics and open architectures.	Mål oppnådd gjennom workshops i WP1 og kartlegging som er utført i WP4.
2. Identify the gap between best practice and current practice at Statnett.	Mål oppnådd gjennom workshops og rapportering fra WP1.
3. Develop requirements for Statnett's future asset management system based on open source architectures assuming big data analytics are available.	Mål delvis oppnådd gjennom kartlegging som er utført i WP4 og testing av use case i WP5. Det er ikke utviklet krav, men en kartlegging av kapabilitetene som et slikt system må ha for å møte behovene i anleggsforvaltning og hvilke IKT-løsninger som er tilgjengelig.

Delmål	Måloppnåelse
4. Define a reference architecture and standardized data model including requirements for data fusion (integration of different data sources).	Mål oppnådd gjennom kartleggingen som er utført i WP4. Arbeidet med referansearkitektur har ikke kun vært utført gjennom SAMBA, men også i andre prosjekter i Statnett, så målet er ikke fullt oppnådd i kun SAMBA-prosjektet.
5. Develop and test use cases for big data analytics.	Målet er oppnådd gjennom utvikling og testing av use case i WP2/WP3/WP5.
6. Develop and refine methods for risk surveillance and decision support.	Målet er oppnådd gjennom arbeidet som er utført i WP6 (risk monitoring) og testing av use case knyttet til teknisk-økonomisk analyse i WP5.
7. Propose an asset management organization prepared for data-driven value creation based on big data analytics.	Målet er delvis oppnådd gjennom innsikter i beslutningsprosesser og mangler ved disse prosessene i løpet av prosjektet, men det er ikke laget konkrete forslag til ny organisering. Det må Statnett fullføre etter at SAMBA-prosjektet er gjennomført.
8. Document value creation and socio-economic benefits of the project.	Målet er delvis oppnådd ved at det for hvert use case som er testet er beskrevet potensielle gevinster, men det er ikke dokumentert for prosjektet som helhet og i liten grad kvantifisert. Men i selve prioriteringen av use case som ble valgt ut for testing ligger det en tanke om at disse har høy verdi for Statnett, i tillegg til at data måtte være tilgjengelig for testing.

Oppsummert er 5 delmålene oppnådd og 3 av delmålene delvis oppnådd. Referansearkitekturen, i delmål 4, er ikke kun utviklet i SAMBA, men i samarbeid med flere andre initiativer i Statnett. Delmål 3 og 7 må det jobbes videre med i etterkant av SAMBA-prosjektet. Det er mange valg som Statnett må ta på veien til å definere et system for- og organisering av anleggsforvaltning og dette ble for omfattende å ta i SAMBA-prosjektet. Delmål 8 er delvis oppnådd på use case nivå, men det er ikke laget estimater for verdien av prosjektet som helhet. Innenfor forskning på transformatorer er det utført analyser av verdien ved å utsette reinvesteringer. Denne analysen viste at 2,5 milliarder er verdien av 20 års utsettelse for 50% av transformatorene som er over 35 år i Norge (Effekter av energiforskningen¹, Impello Management AS). SAMBA-prosjektet kan bidra til realiseringen en slik gevinst, da helseindeks for transformatorer har vært en viktig del av prosjektet.

I Tabell 2 er milepælene i prosjektet listet opp sammen med en beskrivelse av oppnåelsen i prosjektet.

1

https://www.regjeringen.no/contentassets/816c63dcb0ea49768ec03cd64828af5a/effekter_av_energiforsknin gen.pdf

Tabell 2 Milepæler og oppnåelse i prosjektet.

Milepæler	Fra - til	Oppnåelse i prosjektet
M1 Project plan and consortium agreement	Q1 2016-Q3 2016	Konsertieavtale i juni 2016 og prosjektplan presentert på første styremøte i prosjektet, 29.11.2016.
M2 Report: User needs and possibilities	Q3 2016-Q4 2016	Rapport fra WP1 om behov og muligheter innenfor anleggsforvaltning ble ferdigstilt i 2016. Tittelen på rapporten er " Status and further work - results from WP1 in the SAMBA-project". Forfattere: Maren Kristine Istad, Eivind Solvang, Astrid Verdal og Maria Catrinu-Renström.
M3 Report: Use cases	Q3 2017-Q4 2017	Rapport fra W2 og WP3 om use case ble ferdigstilt i Q1 2018, noe forsinket sammenlignet med milepælen. Tittel på rapporten er " Statnett - Use case collection - SAMBA WP2 and WP3 report". Forfattere: Maren Kristine Istad, Jørn Foros, Erlend Grytli Tveten, Magne Lorentzen Kolstad, Eivind Solvang, Camilla Langeland, Elin Viberg, Steven Hagner og Jean-Louis Coullon.
M4 Report: Risk monitoring center	Q4 2017-Q2 2018	Rapport fra WP6 om risk overvåkning ble ferdigstilt i 2018. Tittel på rapporten er " Risk monitoring function in Statnett: SAMBA WP6 report". Forfattere: Maren Kristine Istad, Eivind Solvang, Maria Catrinu-Renström, Jørn Johnsen (1504-9795).
M5 Report: Data models and integration		Milepæl M5 ble strøket i prosjektending i januar 2018 (overføring av aktivitet – godkjent av NFR). Det var ikke nødvendig med en egen rapport på datamodeller og integrasjon, da dette ble dekket av rapporter i milepæler M3 og M7. I tillegg ble fokus på integrasjon i prosjektet redusert. Det viktigste ble at Statnett tilgjengeliggjorde data for forsknings- og industripartnere for testing av use case og ikke på å utføre integrasjoner hos Statnett.
M6 Report: Use cases (second phase)		Milepæl M6 ble strøket i prosjektending i januar 2018 (overføring av aktivitet – godkjent av NFR). Det var ikke nødvendig med to rapporter for use caser og M6 ble dekket av milepæl M3.
M7 Report: Architecture and business rules	Q3 2017-Q1 2018	Rapport I WP4 om arkitektur ble ferdigstilt i 2018. Tittel på rapporten er " Future asset management architecture - SAMBA WP4 report". Forfattere: Leslaw Lopacki, Ståle Fjogstad og Jan Sigurd Aagenæs.
M8 Report: Results from testing/evaluation	Q3 2018-Q3 2018	Rapport i WP5 om testing av use case ble ferdigstilt i 2019, altså etter fristen i milepælen. Årsaken til dette var at arbeid med testing pågikk lengre enn planlagt og ferdigstilling av rapporten ble gjort helt på slutten av 2018 og sent til gjennomgang hos alle partnere på starten av 2019. Tittel på rapporten er: " Use case testing - SAMBA WP5 report". Forfattere: Maren Istad, Jørn Foros, Erlend Tveten, Magne Kolstad, Eivind Solvang, Gjert Rosenlund, Steve Hagner, Maurice G. Henderson og Jean-Louis Coullon.

Milepæler	Fra - til	Oppnåelse i prosjektet
M9 Report: Summary results/recommendations	Q4 2018-Q4 2018	Rapport I WP7 med oppsummering av innovasjoner og anbefalinger ble ferdigstilt i 2019, altså etter fristen i milepælen. Årsaken til dette var at vi ønsket å få med innspill fra sluttkonferansen 23.januar 2019 inn i rapporten og inkludere et kapittel om veien videre etter SAMBA-prosjektet og dette krevde interne avklaringer internt i Statnett. Tittel på rapporten er: "Innovations and recommendations - SAMBA WP7 report". Forfattere: Maren Istad, Eivind Solvang, Arne Smisethjell, Maria Catrinu-Renström og Jørn Johnsen.

3 Beskrivelse av de viktigste FoU-oppgavene og sentrale aktører

Use case metodikk ble valgt som arbeidsmetode i prosjektet og de viktigste FOU-oppgavene var derfor beskrivelser og testing av use case. Metoder og modeller ble ikke utviklet i prosjektet, men testet på syntetiske eller reelle data fra Statnett. Dette gav viktig innspill til Statnett, men også til forsknings- og industripartnere om modellens styrker og svakheter. Arbeidet innenfor IKT-arkitektur krevde undersøkelser av mulig arkitekturer og behov hos brukere innenfor anleggsforvaltning. Mulighetsstudien om risikoovervåkning i Statnett var også en viktig FoU-oppgave i prosjektet.

Hos forsknings- og industripartene var flere miljøer involvert med komponentkunnskap, kunnskap om kraftsystemet, beslutningsmetodikk, vedlikeholdsoptimering og big data analyse.

Følgende miljø i Statnett har vært involvert i de ulike use casene, totalt 70 personer fra Statnett:

- I anleggsforvaltning har ressurser fra avdeling vedlikehold og fornyelse vært involvert samt ledelsen i anleggsforvaltningen.
- For ledning og kabel har fagmiljøet fra anleggsforvaltningen vært involvert.
- For transformator har ressurser fra trafogruppen i anleggsforvaltningen for stasjoner (DAS) samt ressurser fra transformator gruppen i T&U vært involvert.
- For effektbryter har ressurser fra gruppen effektbryter i anleggsforvaltningen for stasjoner (DAS) samt ressurser fra stasjonsgruppen i T&U vært involvert.
- For driftsplanlegging har flere ressurspersoner fra avdeling systemdrift og markedsoperasjoner vært involvert i diskusjoner i forbindelse med arbeidet i WP6.

Alle partnere har vært med i de ulike workshop for å prioritere use case for områdene transformator, ledning, kabel, anleggsforvaltning og effektbryter.

4 En kort vurdering av prosjektgjennomføring og ressursbruk

Prosjektet startet med å arrangere en rekke workshops for alle prosjektdeltagerne. Etter hvert som arbeidet med use case ble mer konkret ble det arrangert møter med aktuelle aktører innenfor de ulike temaområdene; transformator, kabel, risikoovervåkning, vedlikehold etc. Leverandørene hadde separate møter med Statnett og SINTEF. Det har vært et prosjekt preget av åpenhet og villighet til å dele ideer og tanker.

Et arbeidsutvalg bestående av de mest aktive i prosjektet fra Statnett og SINTEF Energi hadde Skype-møter annenhver uke for å rapportere om framdrift og planer framover. Prosjektet avsluttet med en konferanse for alle prosjektpartnere og andre interessenter i bransjen. Det har blitt holdt totalt 53

foredrag/blogger/fagartikler fra prosjektet, se Figur 1, så mange i bransjen har hørt om prosjektet og kan nyttiggjøre seg av resultatene. Det har også vært 3 sommerjobber og en prosjekt/masteroppgave ved NTNU tilknyttet prosjektet. Dette har vært meget nyttig for begge parter. Kalibrering og konsekvensene for estimering av tilstand/restlevetid ved unøyaktigheter i datagrunnlag var gjennomgående tema for en sommerjobb, prosjektoppgave og masteroppgave i 2017/2018. Sommeren 2018 var to studenter ansatt for å jobbe med følgende tema:

1. Dyp læring for å forutsi kabeltemperatur
2. Teknisk tilstand for lineskjøter ved hjelp av puls current metoden

Sistnevnte var arbeid i laboratorium med målinger på nesten 80 lineskjøter som Statnett har tatt ut av drift. Sommerjobbene er beskrevet i blogger². Figur 1 viser bilder av studentene; Martine, Markus og Øyvind, fra omvisning på et an Statnett sine anlegg.















Figur 1 Venstre: Jørn Foros, Anders Holvik og Martine Ukkelberg Høyre: Øyvind Auestad, Arne Smisethjell and Markus Heggås

²<https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/elkraftkomponenter/sommerforskere-pa-tur/>
<https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/sommerstudenter-samba/>,<https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/statnett-samba-prosjektet/>

I hele prosjektperioden har det løpende vært tilpassinger for hvilke oppgaver og ressurser som har vært nødvendig. Dette sett i lys hvilke rammer prosjektet har hatt til disposisjon. Dette har resultert i at prosjektet har kommet i mål innen budsjetterte rammer.

5 En beskrivelse av forventninger til resultatenes betydning/nytteverdi

SAMBA-prosjektet har levert viktige resultater i form av use case beskrivelser og resultater fra use case testing som styrker Statnett sin kompetanse på utvalgte områder, use case som kan implementeres i beslutningsprosessene hos Statnett eller tas videre i utvikling av nye prosjekter. De viktigste innovasjonene fra prosjektet er vist i Figur 2. Det som prioriteres i Statnett framover er helseindeks for transformatorer og risikoovervåkningsfunksjonen.

 Statnett use case identification	 Circuit breaker failure model	 Risk monitoring function	 Voltage transformer failure prediction
 Multivariate analysis of transformer gasses	 Overview of historical data availability	 Cable and transformer temperature prediction	 Asset reinvestment analysis
 Reactor breaker reignition identification	 Health index transformers	 Line connector condition assessments	 ICT asset management architecture investigation

Figur 2: De viktigste innovasjonene i SAMBA-prosjektet.

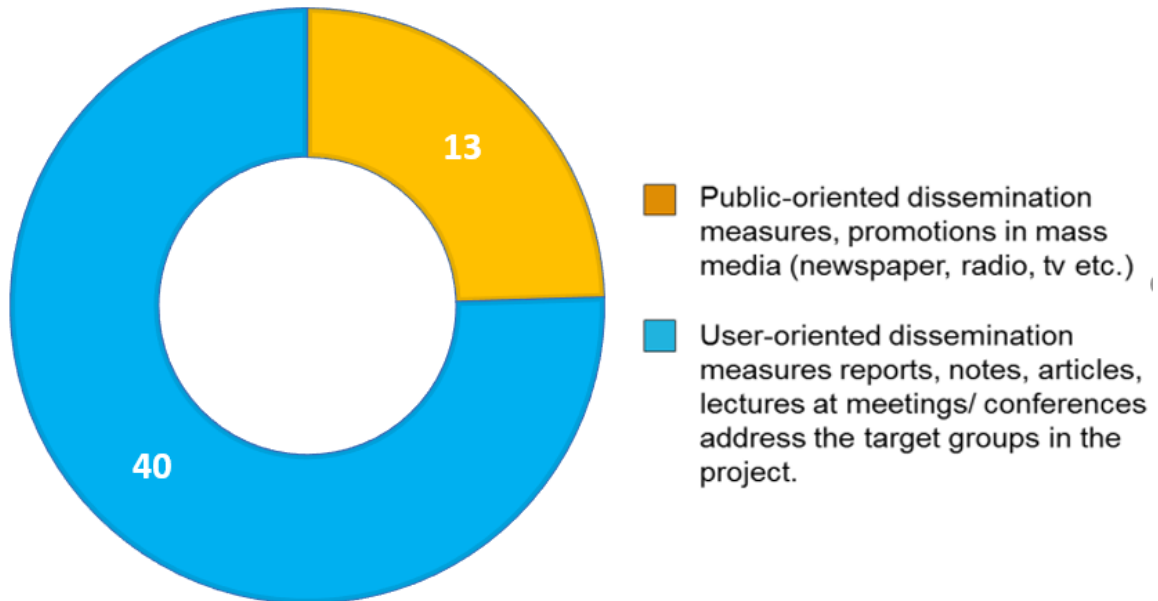
FoU-partnerne har nå oversikt over hvordan modeller og metoder fungerer på data fra Statnett og kan videreutvikle disse. Prosjektet har også påpekt hvor data mangler og har dårlig kvalitet, slik at Statnett og andre i bransjen har oversikt og i framtiden kan stille med nødvendige data for å få ennå større nytteverdi ut ifra, eksempelvis helseindeks for transformatorer. Mulighetsstudien for risikoovervåkingen har vist hva en slik funksjon kan være og bidra med i Statnett og dette er et viktig grunnlag for videre arbeid med utviklingen av en risikoovervåkningsfunksjon i Statnett.

Industripartnere har fått erfaring med å teste sine modeller på data fra Statnett og kan videreutvikle sine modeller på bakgrunn av dette. Andre industripartnere, som ikke var med i prosjektet kan få inspirasjon og ideer til utvikling av metoder og modeller for anleggsforvaltningen.

Samfunnet for øvrig kan få ut en nytteverdi fra prosjektet ved at Statnett får oversikt over tilstand på sine komponenter basert på relevante tilstandsparameter og kan gjøre bedre beslutninger mht vedlikehold og reinvestering. Dette er god samfunnsøkonomi.

6 Kort beskrivelse av planene for formidling og for utnyttelse av resultatene

Prosjektet har prioritert å gjøre resultater tilgjengelig utenfor prosjektet og totalt hatt 53 presentasjoner/paper/blogger, se Figur 3.



Figur 3: Foredrag, blogger og artikler i SAMBA-prosjektet

Prosjektet hadde blant annet paper på CIGRE 2018 og Euromaintenance 4.0 konferanse i Antwerpen i 2018. I januar 2019 inviterte prosjektet til sluttkonferanse³ i Oslo med nesten 90 deltagere fra prosjektet, nettselskaper, nordiske TSOer og industriaktører. Figur 4 viser to bilder fra sluttkonferansen.



Figur 4: Steven Hagner, Industry Solution Executive ABB (venstre) and Jørn Foros, Forsker hos SINTEF Energi (høyre), presenterer resultater fra SAMBA på sluttkonferansen.

³<https://www.statnett.no/om-statnett/nyheter-og-pressemedlinger/nyhetsarkiv-2019/anleggsforvaltning-med-kunstig-intelligens/>

Resultater som vil bli formidlet på konferanser etter ferdigstilling av prosjektet:

1. FoU konferanse Statnett SF, 2-3.april 2019. Ullevål Stadion, Oslo
2. MonitorX (NFR nummer 245317) sluttseminar 9.mai 2019 i Stockholm

I tillegg vil alle rapporter fra prosjektet bli tilgjengelige på Statnett sine FoU-nettsider.

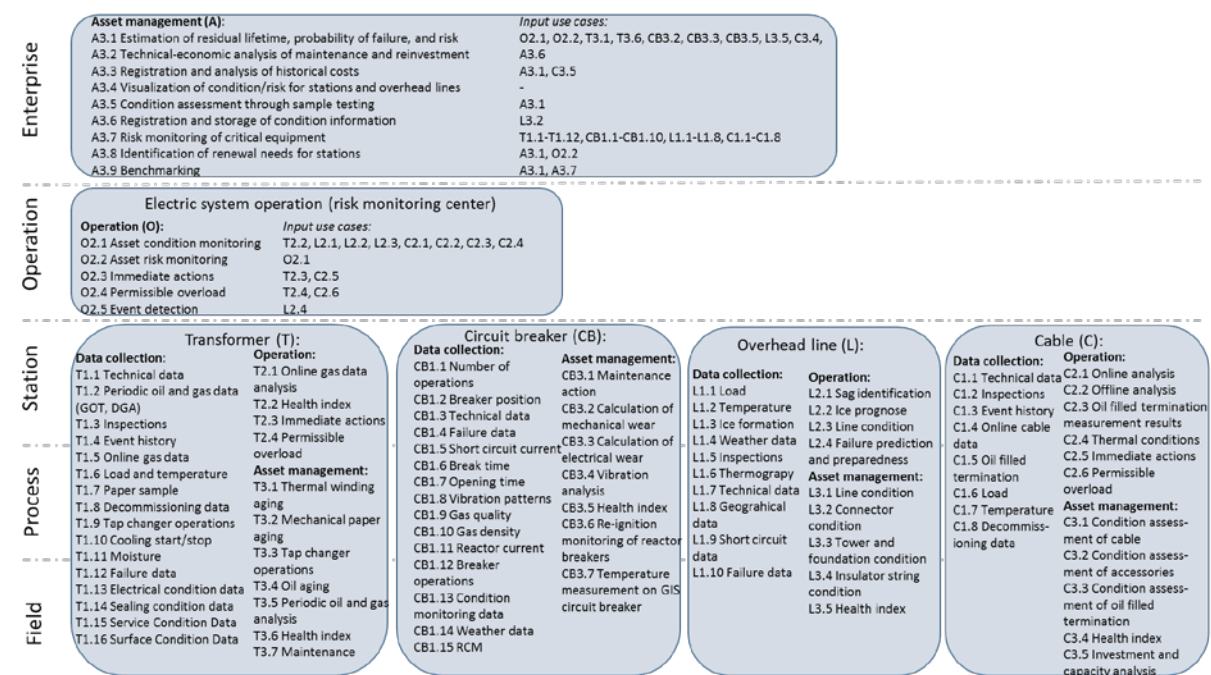
Resultater og erfaring fra SAMBA-prosjektet blir et viktig bidrag i det videre arbeidet med å få etablert bedre databasert kunnskap om tilstand og risiko som grunnlag for kritiske beslutninger om vedlikehold, fornyelse og kapasitetsutnyttelse.

7 Kort beskrivelse av hvilke resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektets slutt

Innovasjoner og anbefalinger fra SAMBA er inkludert i Statnetts "plan for anleggsforvaltning". I tillegg har Statnett nettopp startet et digitaliseringsprogram for anleggsforvaltning som heter FRIDA. Målet for dette programmet er å gjøre anleggsforvaltning og nettplanlegging i Statnett mer effektiv og å bidra til digitalisering av Statnett og energibransjen i Norge. Arbeidet i FRIDA vil bli basert på mange av resultatene fra SAMBA.

Vedlikehold/asset health er valgt ut som et team i FRIDA pga høyt verdipotensial, tilgang på relevante operasjonelle data i Statnetts kildesystemer, omfattende erfaring med relevante brukerhistorier fra SAMBA-prosjektet og sterk motivasjon i organisasjonen. Arbeidet i teamet støtter Statnett sine ambisjoner om å jobbe smartere i anleggsforvaltningen og ved å organisere teamet inn under digitaliseringsprogrammet er målet å akselerere fremdriften mot denne ambisjonen.

Flere use case som er definert i SAMBA enn det som er beskrevet og testet og disse use casene har en egenverdi for Statnett som et grunnlag for videre arbeid innen anleggsforvaltning. Det er ikke laget en konkret plan for videre arbeid med disse. Figur 5 viser en oversikt over alle use case som ble definert i SAMBA. Av disse var det 19 som ble testet.



Figur 5: Oversikt over alle use case i SAMBA