

CINØLDI

Centre for intelligent electricity distribution
- to empower the future Smart Grid



Norwegian Centre for
Environment-friendly
Energy Research

Utfordringer og mulige tiltak i fremtidens distribusjonsnett

Stine Ekrheim, Ivar Bjerkebak



Strategi og veikart for overgangen til et fleksibelt og intelligent strømnett

Tre hovedbudskap for å sette strømnettet i stand til å håndtere de endringene som må til for å lykkes med det grønne skiftet og nå klimamålene i 2030 og 2050

Gerd Kjølle, Susanne Sandell, Oddbjørn Gjerde,
Maren Istad og Magnus Korpås

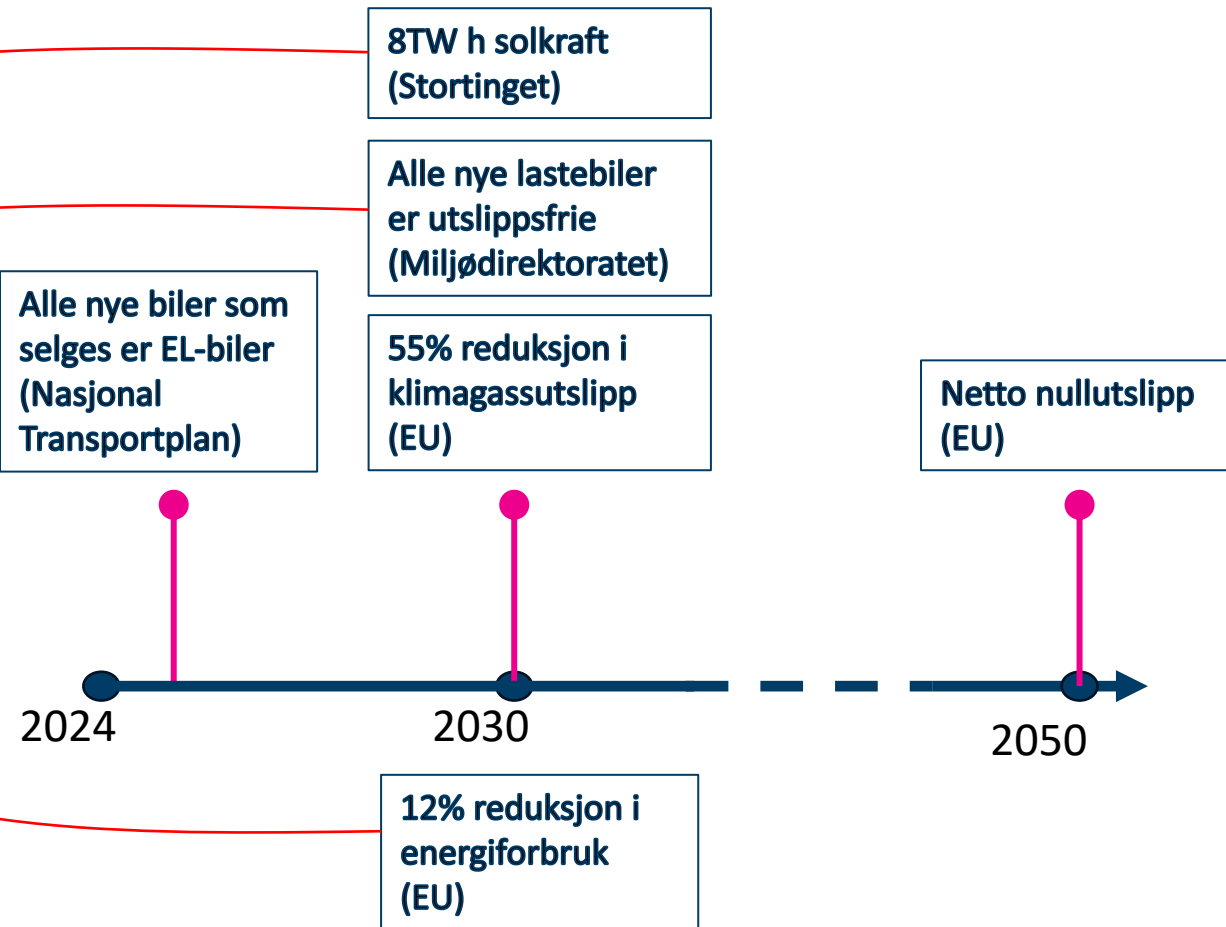


Strategien og veikartet
kan lastes ned her:
<https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/smartgrids/veien-til-et-smartere-stromnett/>

Energiomstillingen utfordrer distribusjonsnett

- Massiv utbygging av solceller på takareal
- Ladestasjoner for tungtransport
- Flere nye hurtigladestasjoner
- Beregne elektriske tap

Utgangspunkt for case



Data og programvare



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Data in Brief

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dib



Data Article

Reference data set for a Norwegian medium voltage power distribution system



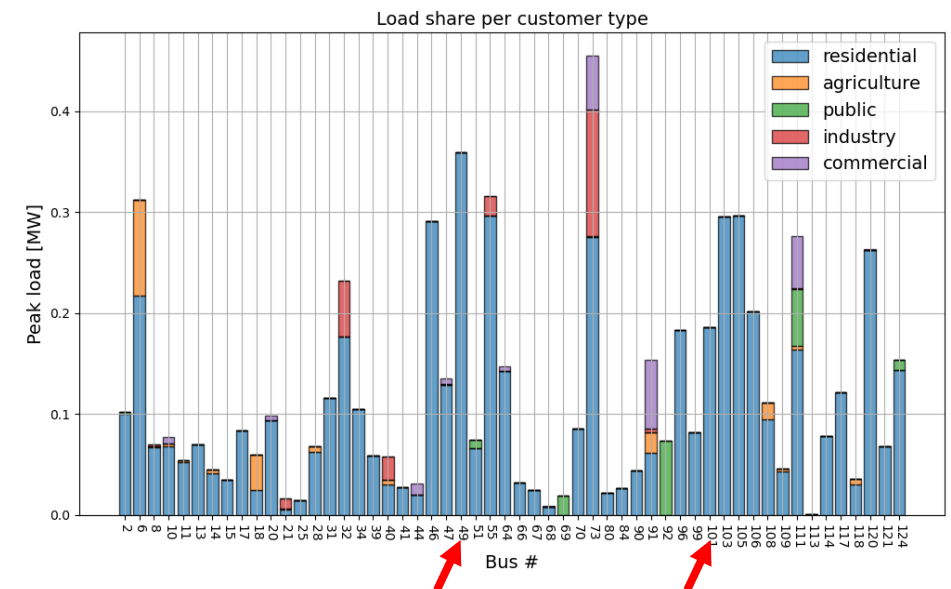
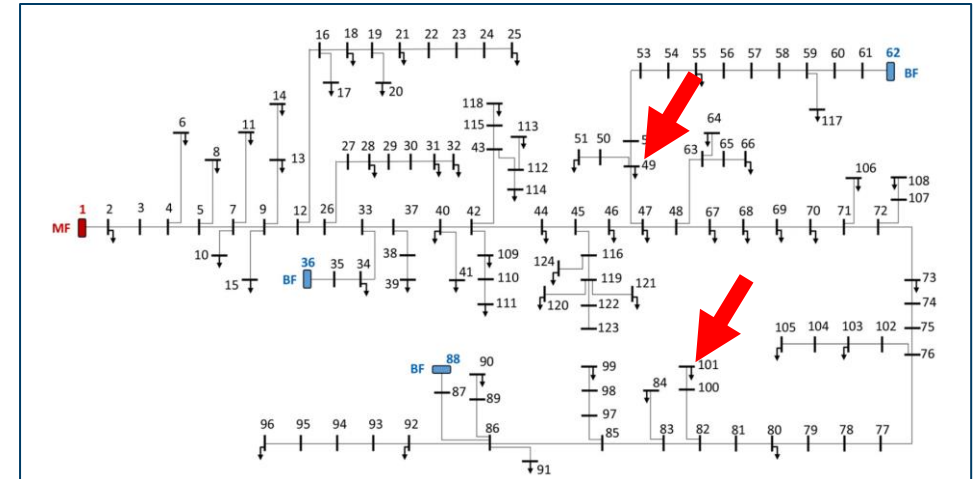
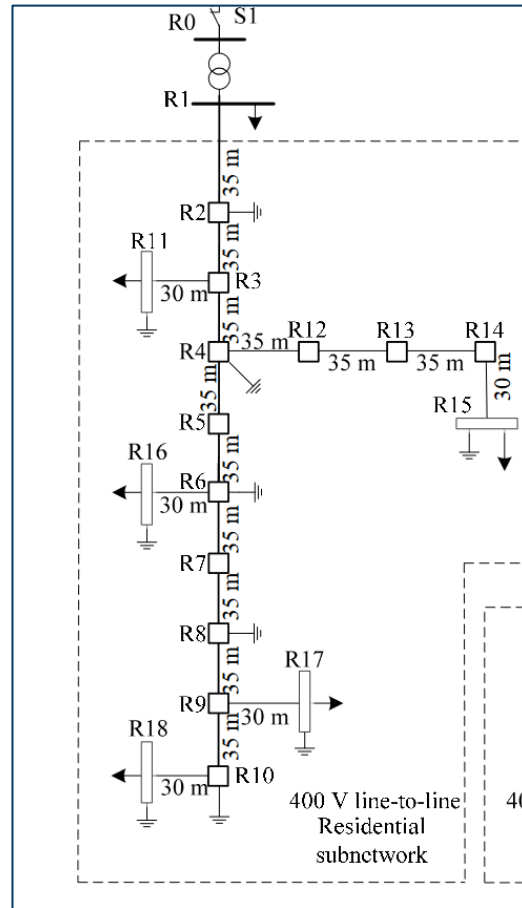
Renewables.ninja



CINELDI

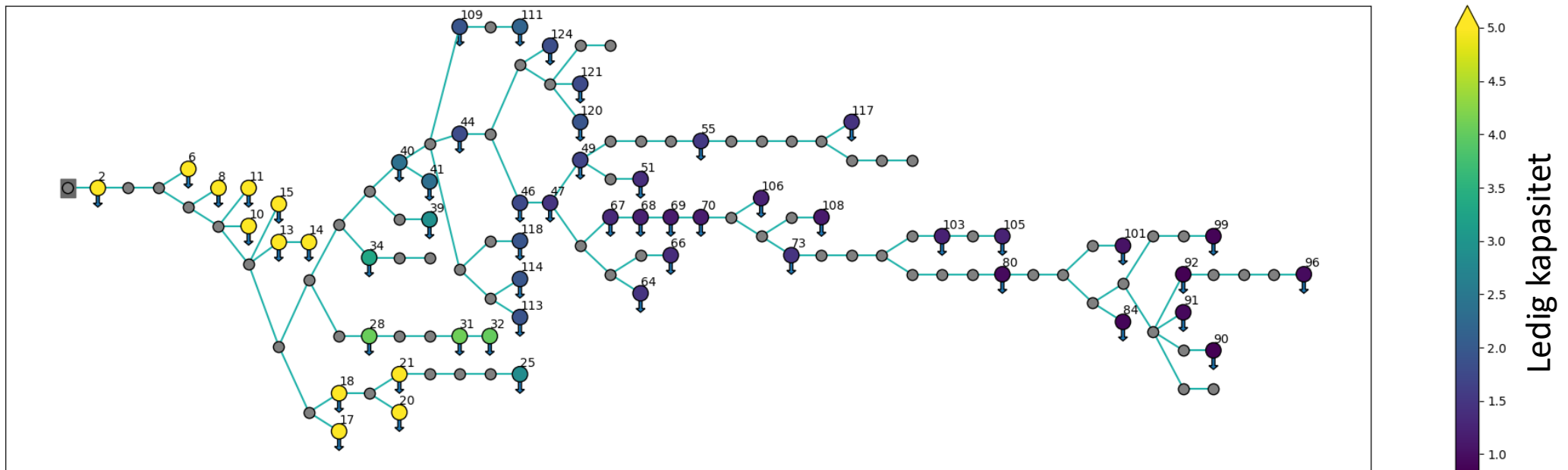
Testsystemet

- Et lavspennetnett tilknyttes to noder i høyspennetnettet
- Antar at resultatene fra disse LV-nettene er representative for alle LV-kretser i systemet
- Studerer effekter på tvers av nettnivå

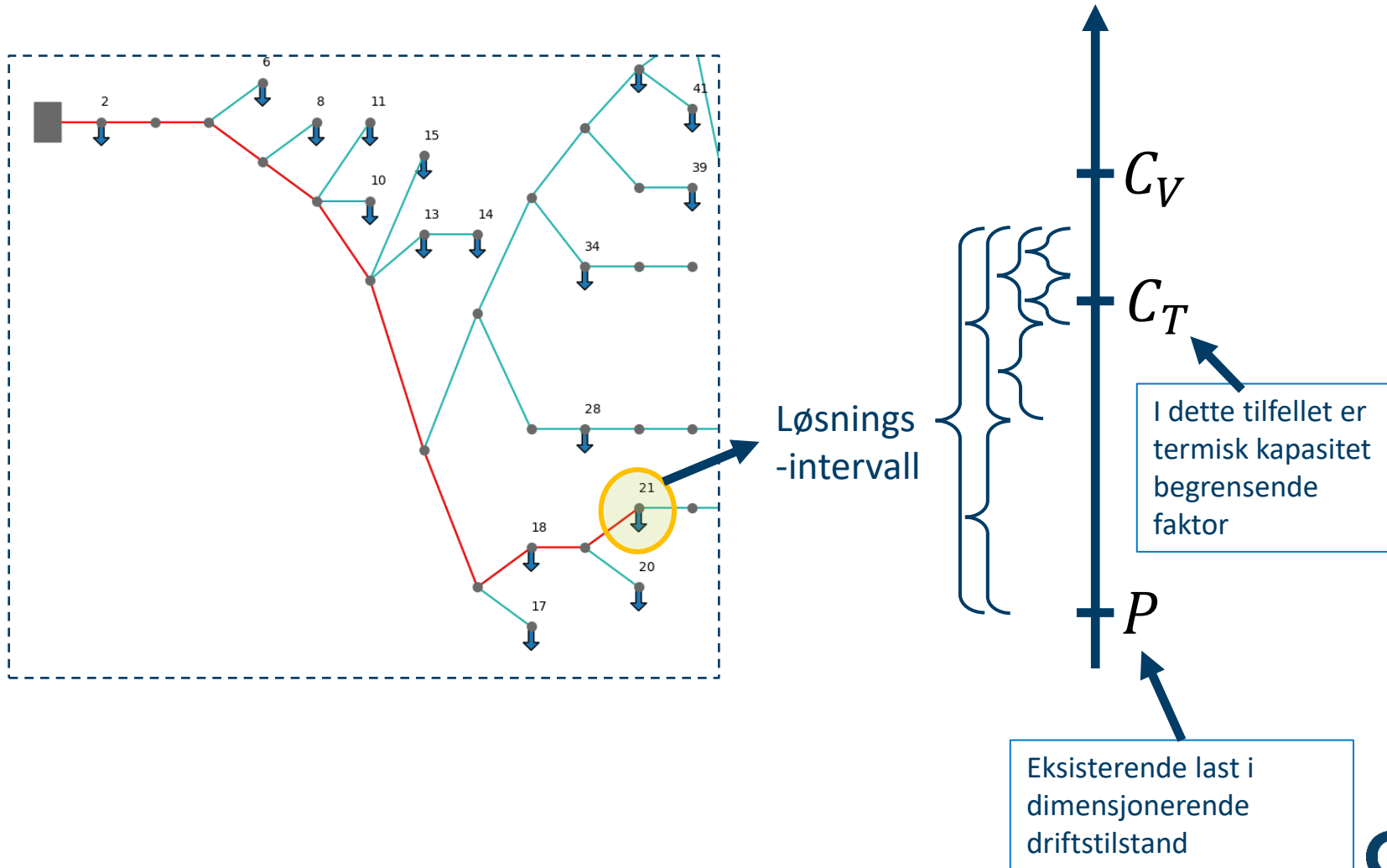


Kapasitetskart

- For å plassere nye tilknytninger i caset ble det utviklet et kapasitetskart
- Kapasitetskartet **viser resterende kapasitet i nettets dimensjonerende driftstilstand**
- Enkel og automatisert algoritme
- Tar hensyn til spenningsgrenser og termiske grenser
- Basert på AMS-data



Illustrasjon av kapasitetsberegning

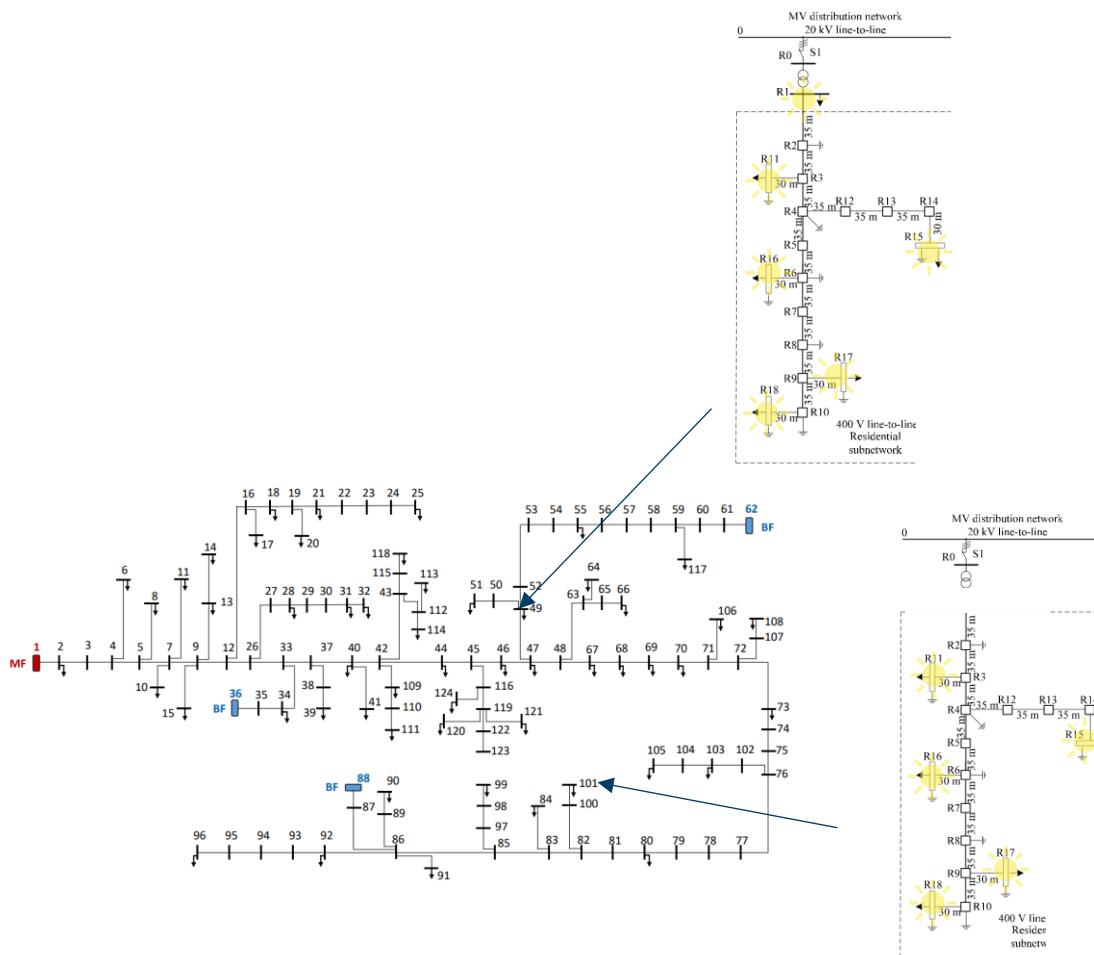


Casets oppbygning

Nettnivå	Last/produksjon	Nettproblem	Valgte løsninger
LV	Solcelleanlegg på boliger	Overspenning	3 alternativer vurdert: 1) Manuell trinnkobler (NLTC) 2) Automatisk struping 3) Dynamisk trinning (OLTC)
MV/LV	Solpark Hurtigladestasjoner Tungtransportlading Solcelleanlegg på boliger fra del 1 er inkludert	Overspenning Underspenning Termisk overlast på kraftlinjer.	OLTC på lavspentside av nettstasjoner Energilager (Batteri)



Solceller i lavspennetnettet

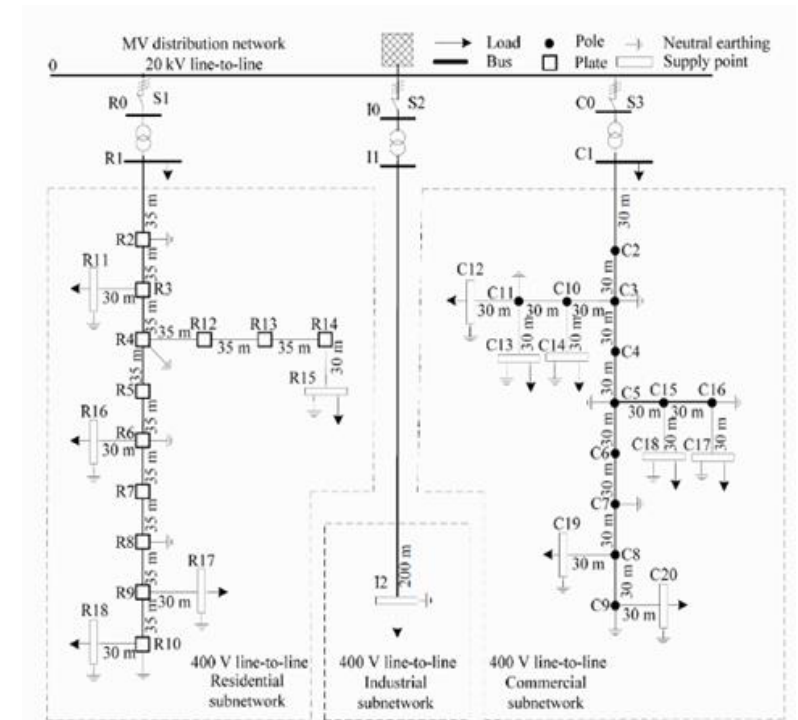


Solceller i lavspennetnettet

- CIGRE-nett med små modifikasjoner
 - Ser kun på husholdningsdelen
 - Økt linjelengdene
 - «byttet ut» transformatoren slik at HV-siden er 22 kV
 - Skalert lasten
- En gjennomsnittlig husholdning har et årlig energiforbruk på 15 MWh. Fra dette kan vi beregne antall husholdninger per lastpunkt i LV-nettet¹.
- Private PV-anlegg har en gjennomsnittlig størrelse på 9 kWp¹.



¹ Elhub. "Forbruk, produksjon og installert effekt." Accessed March 4, 2024. <https://elhub.no/data/forbruk-og-produksjon/>.



Electra. "Benchmark Systems for Network Integration of Renewable and Distributed Energy Resources." 2014.

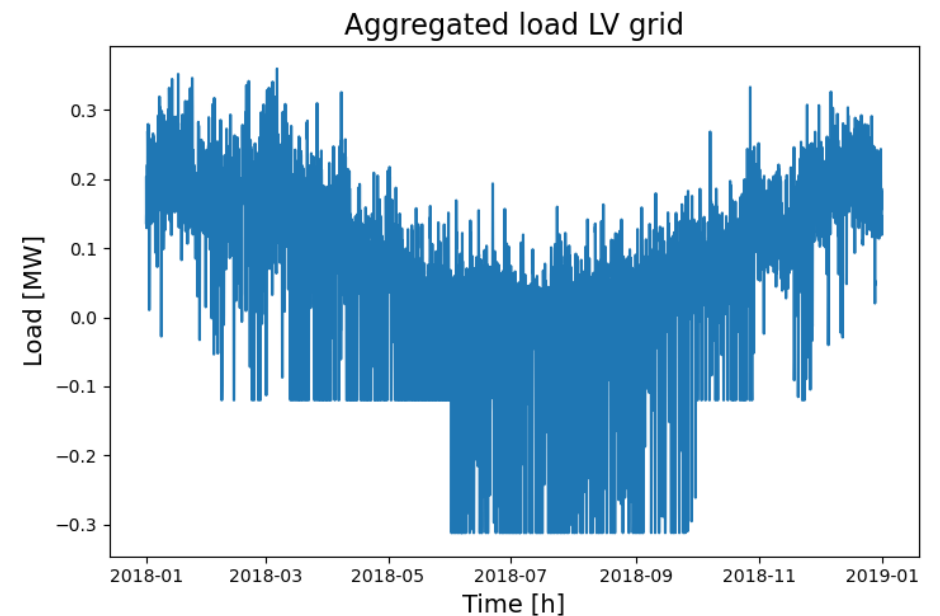
Solceller i lavspennetnettet

- Vil sammenligne 3 alternativer:
 - Kontrollert utbygging
 - Struping
 - Dynamisk trinning (OLTC)
- Antatt for de to første alternativene at transformatorene trinnes 2 ganger i året

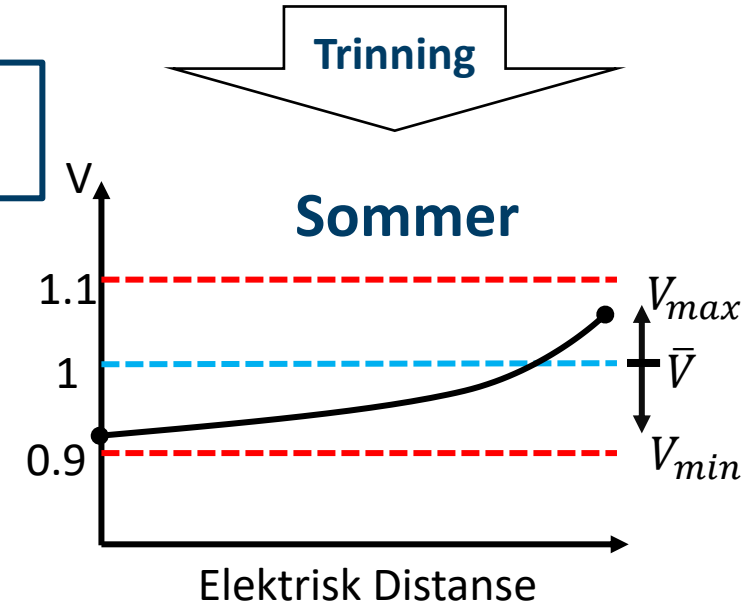
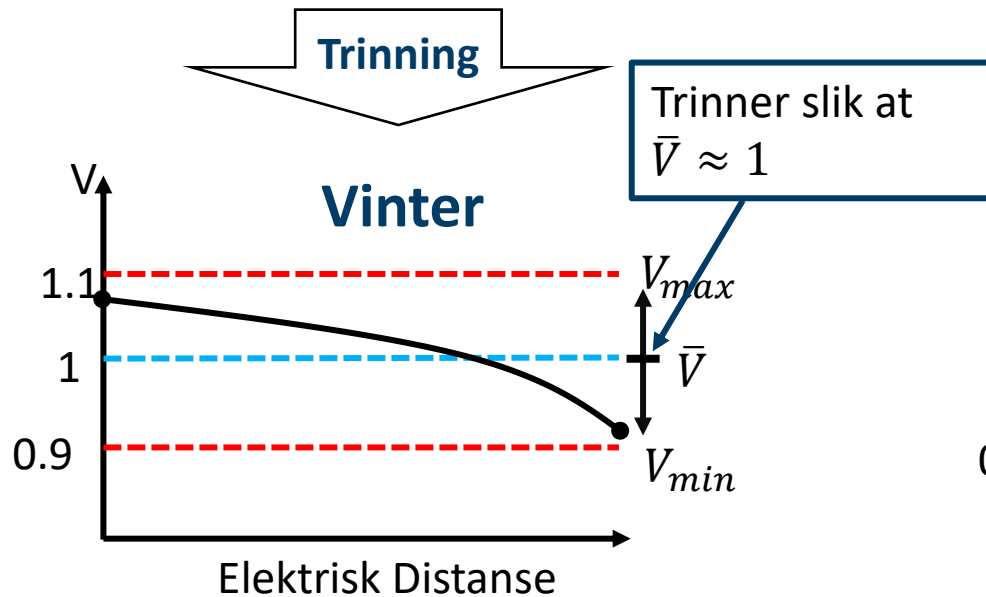
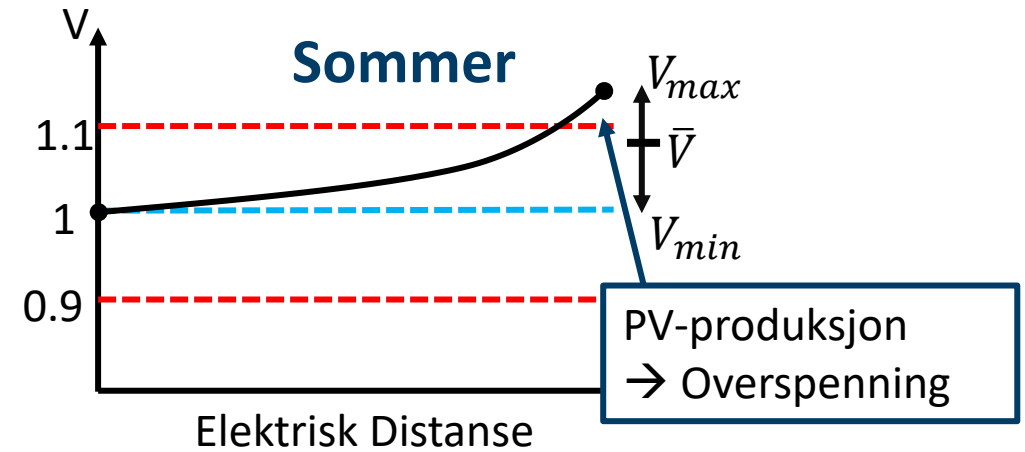
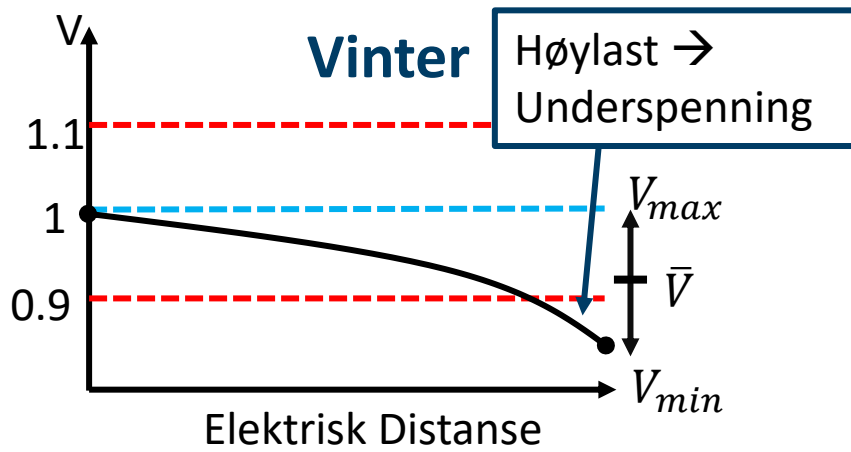


Simulering av struping

- Funnet den maksimale eksporten
- Kutter produksjonen prosentvis likt for alle når denne verdien overstiges

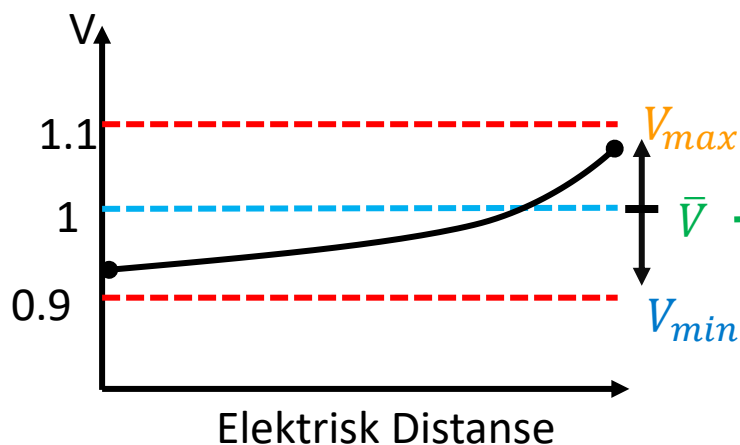


Simulering av OLTC på fordelingstransformatorer

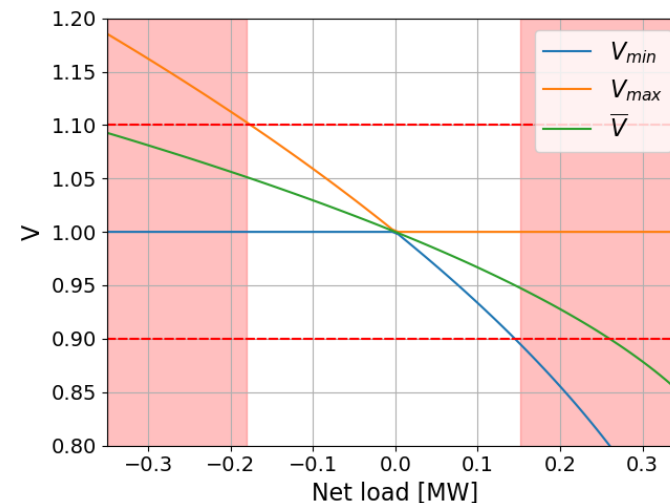


Simulering av OLTC på fordelingstransformatorer

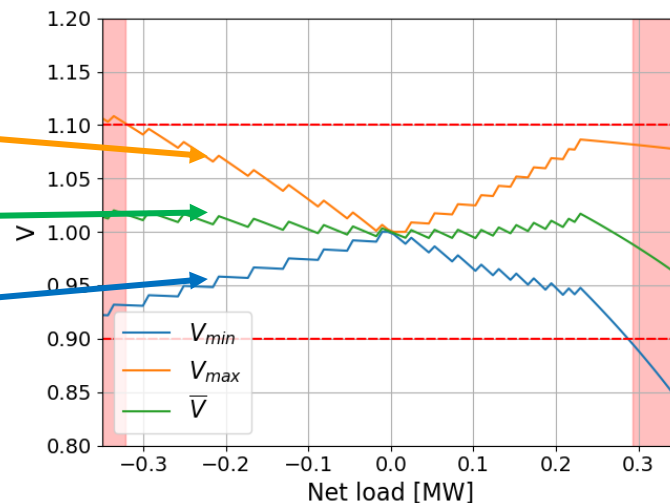
- Antar 1% $\approx 4V$ steg på trinnkobleren
- Antar maksimal trinning $\pm 10\%$
- Med automatisk trinnkobling tåler LV-nettet dobbelt så høy lastflyt i begge retninger.



Uten trinning

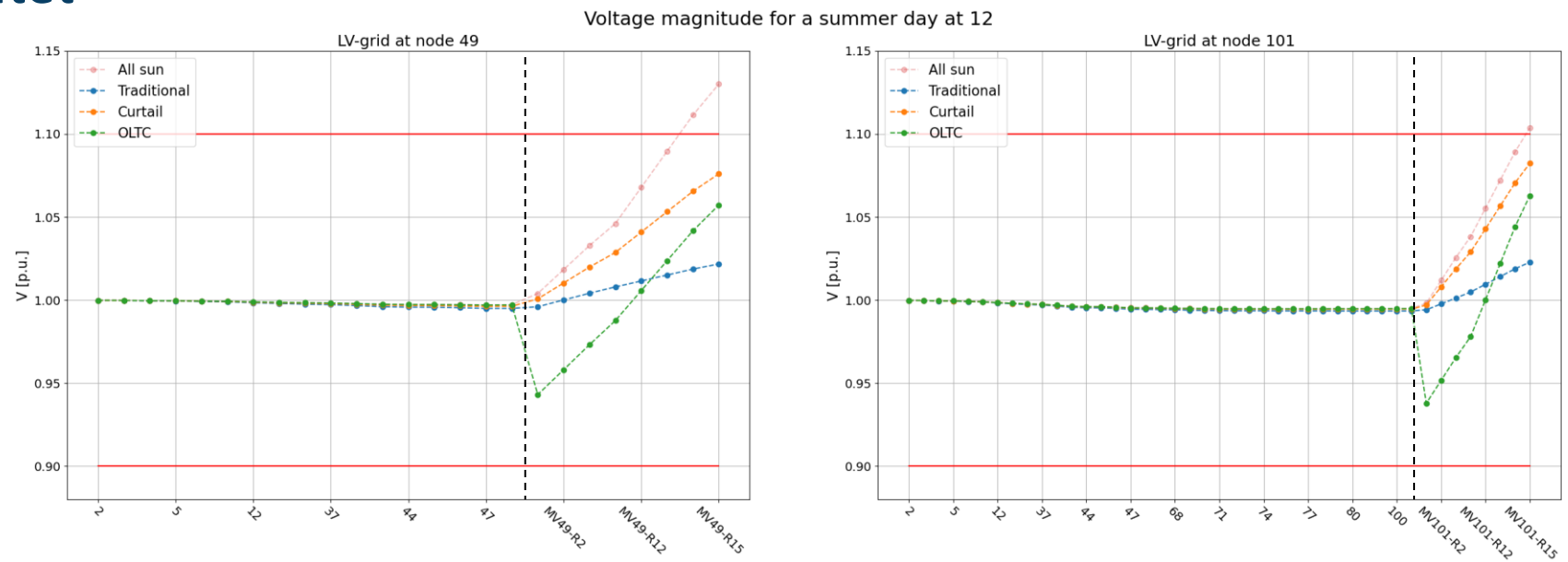


Med trinning



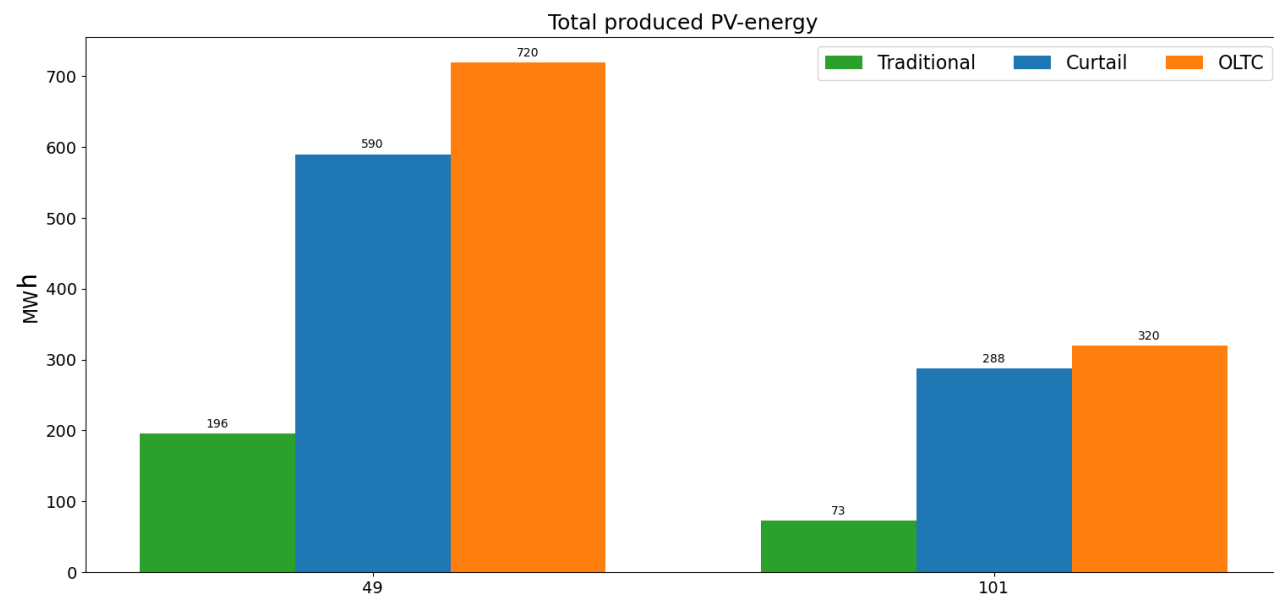
Sol på alle hustak i et LV-nett

- Uten tiltak vil spenningen være for høy de timene det er mye sol og lite last
- Med aktive tiltak vil spenningen holde seg innenfor de gitte grensene for leveringskvalitet



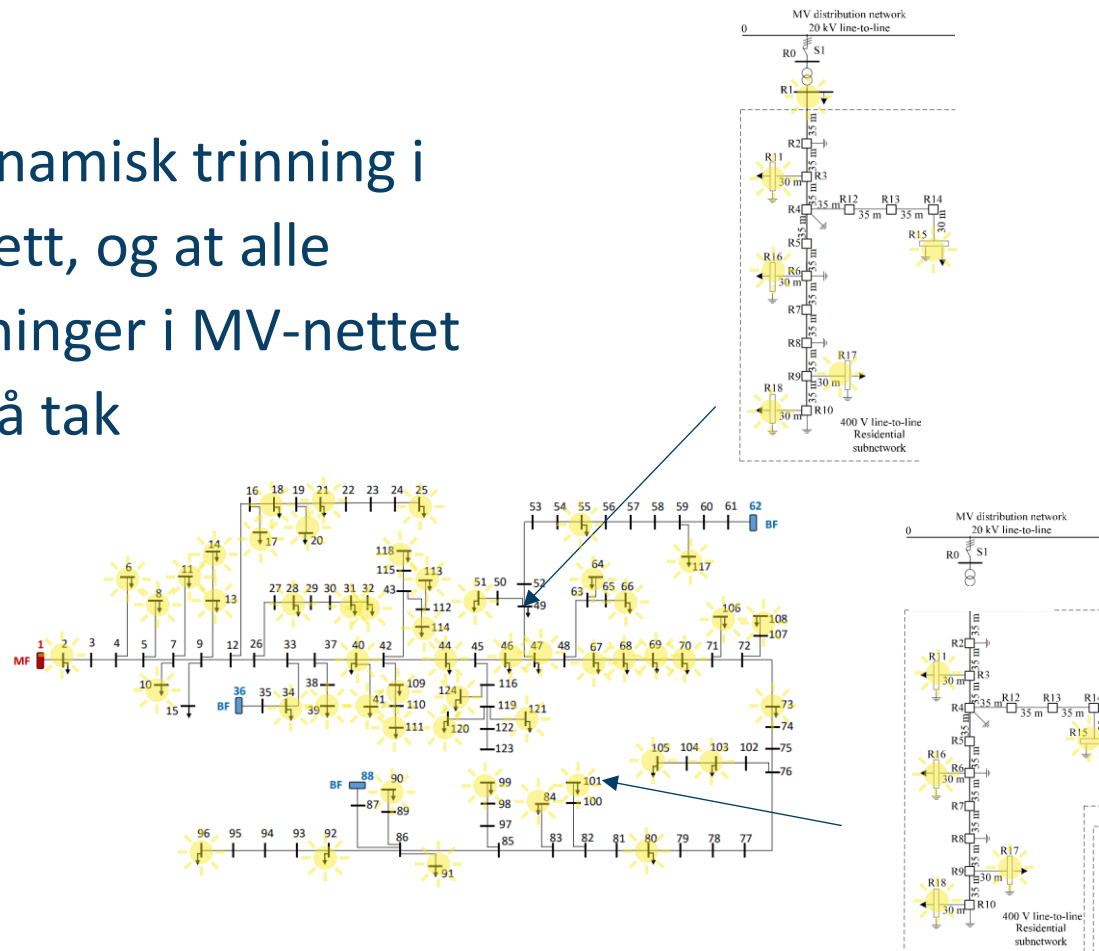
Sol på alle hustak i et LV-nett

- Ved kontrollert utbygging kan det legges til sol på 20-30% av alle hustak
- OLTC produserer 10-20% mer energi i løpet av et år enn ved struping



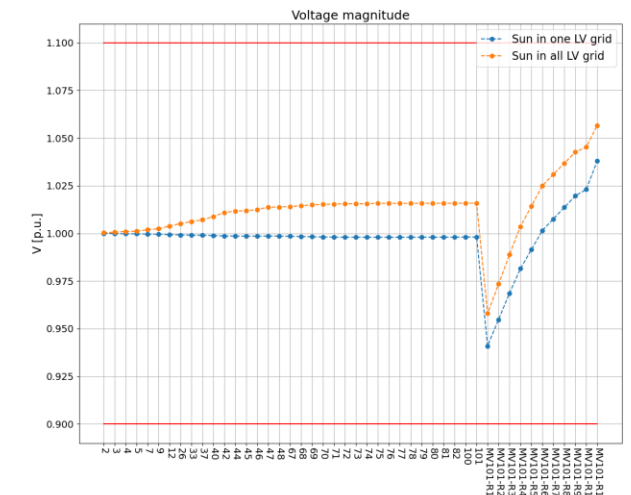
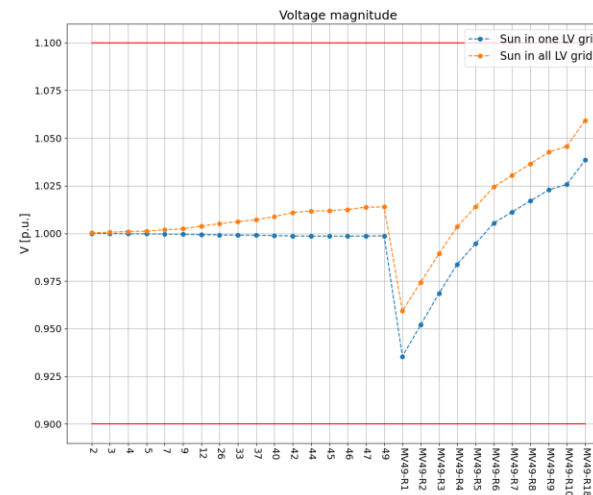
Solceller i hele distribusjonsnett

- Antar dynamisk trinning i alle LV-nett, og at alle husholdninger i MV-nettet har sol på tak

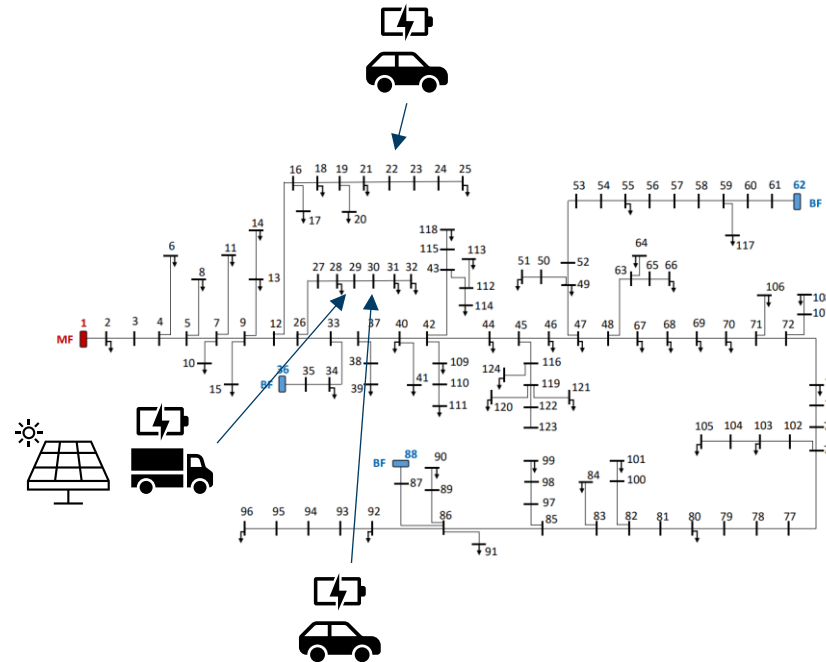


Effekt av distribuert PV-produksjon på hele distribusjonsnett.

- Total kapasitet: $15,8 \text{ MW}_p$
(maksimal eksport: $-11,3 \text{ MW}$)
- Produsert solenergi: $17,7 \text{ MWh}$

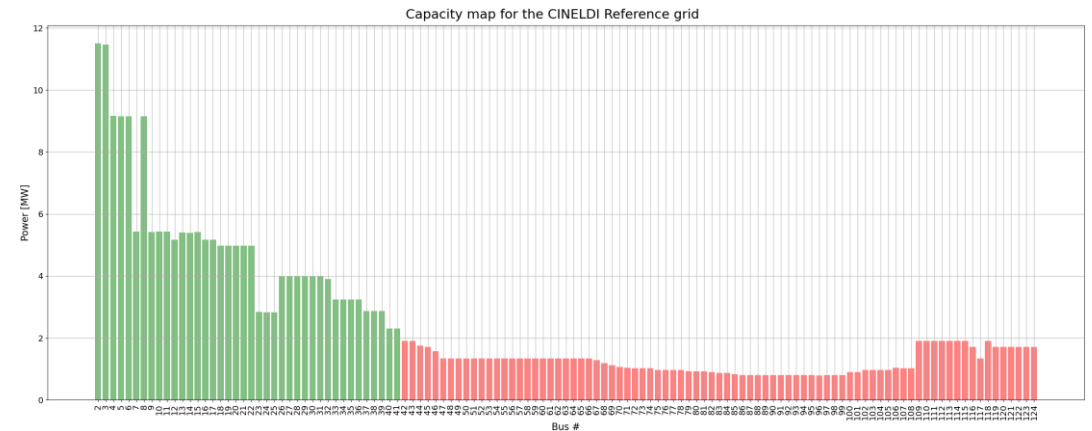
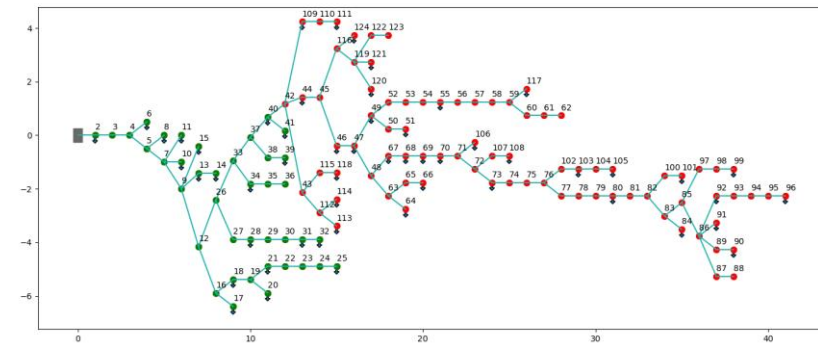


Tilknytning av hurtigladebilstasjon og solpark



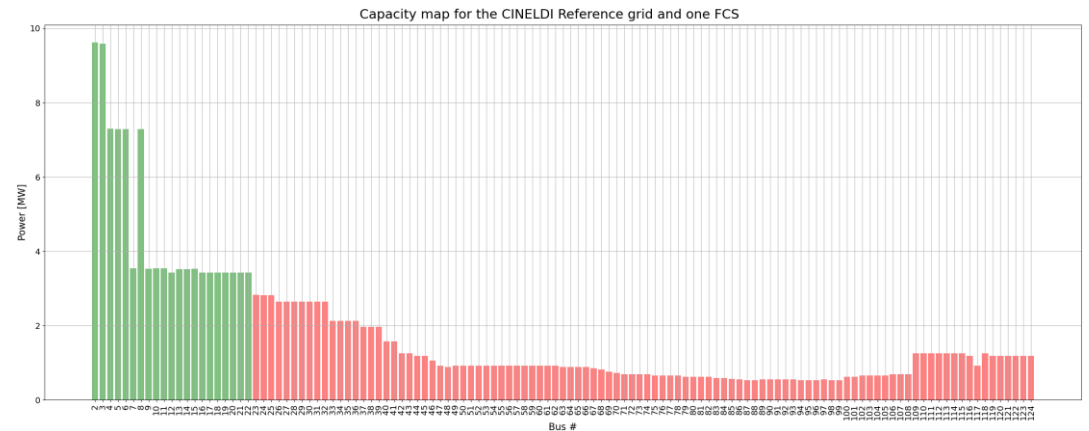
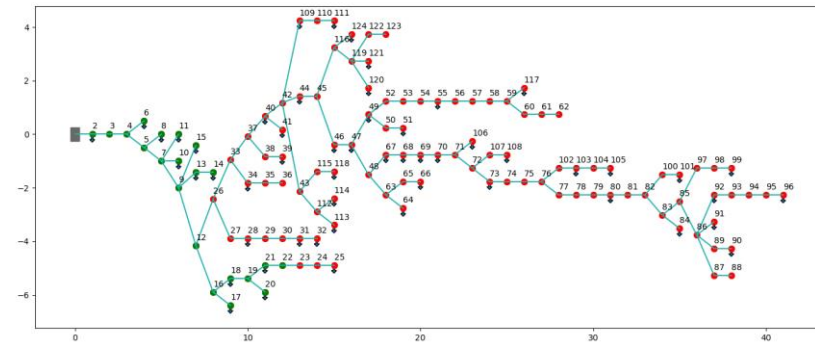
Tilknytning av hurtigladdestasjon

- Hurtigladdestasjon - 2,3 MW
ønsker tilknytting
- Ledig kapasitet på
knutepunkt 2 til 41



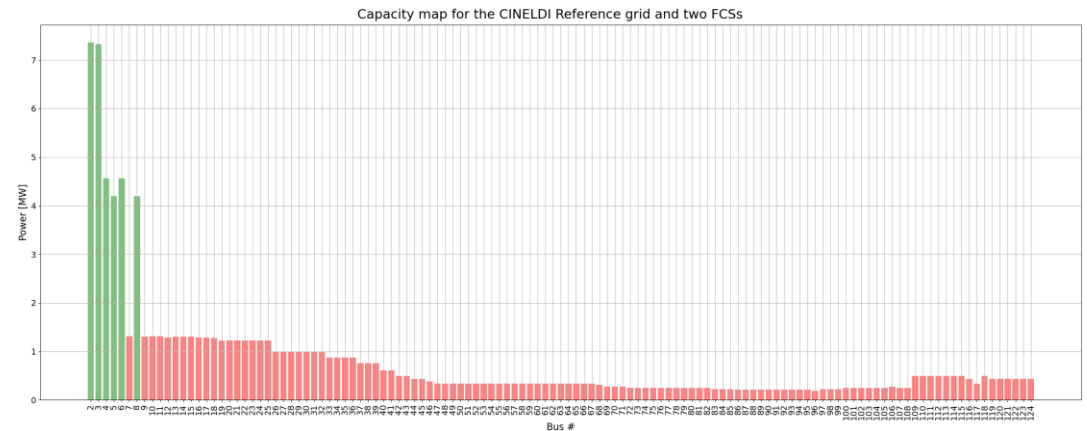
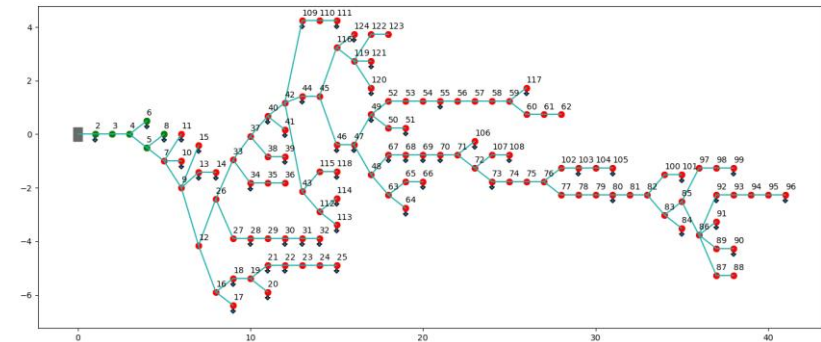
Tilknytning av hurtigladeestasjon

- Hurtigladeestasjon - 2,3 MW kobles til knutepunkt 30
- Ny hurtigladeestasjon - 2,9 MW ønsker tilknytning
- Ledig kapasitet på knutepunkt 2 til 22



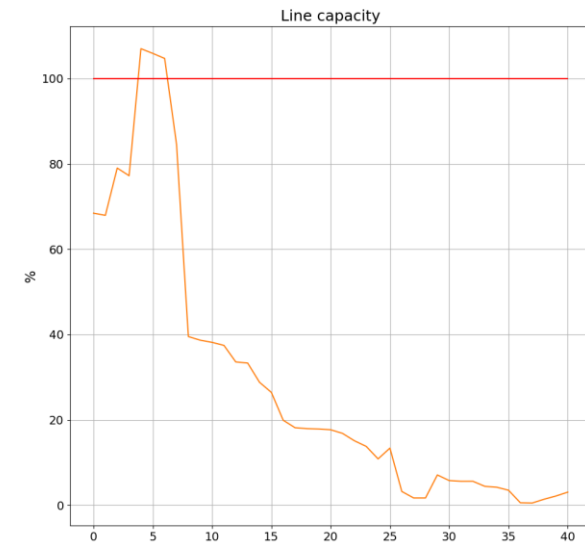
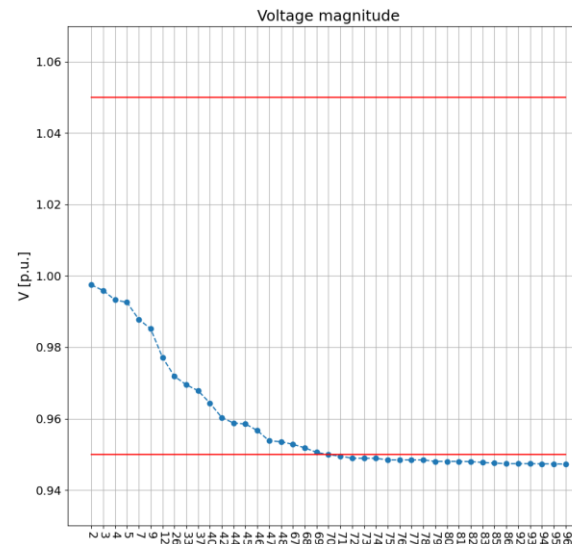
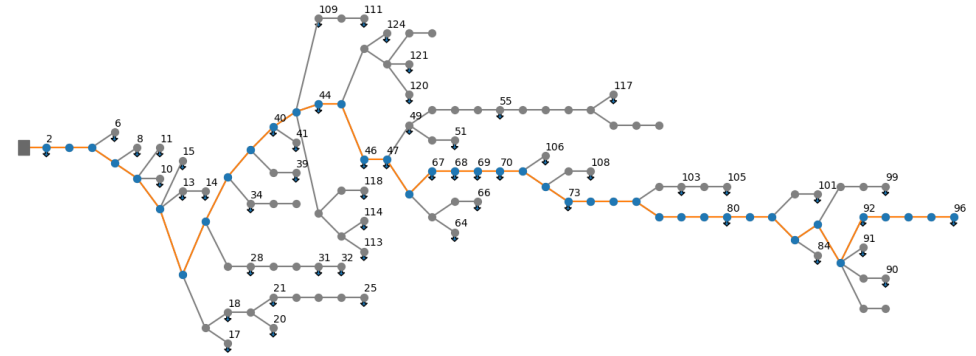
Tilknytning av tungtransportlading

- Hurtigladestasjon - 2,9 MW kobles til knutepunkt 22
- Tungtransportlading - 2,5 MW
- Kun ledig kapasitet på knutepunkt 2 til 6 og 8



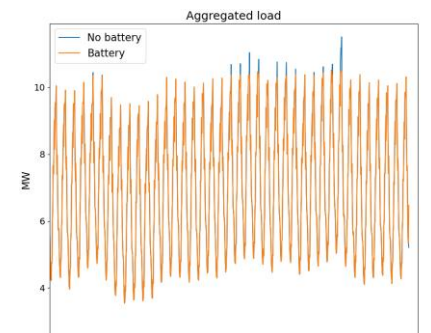
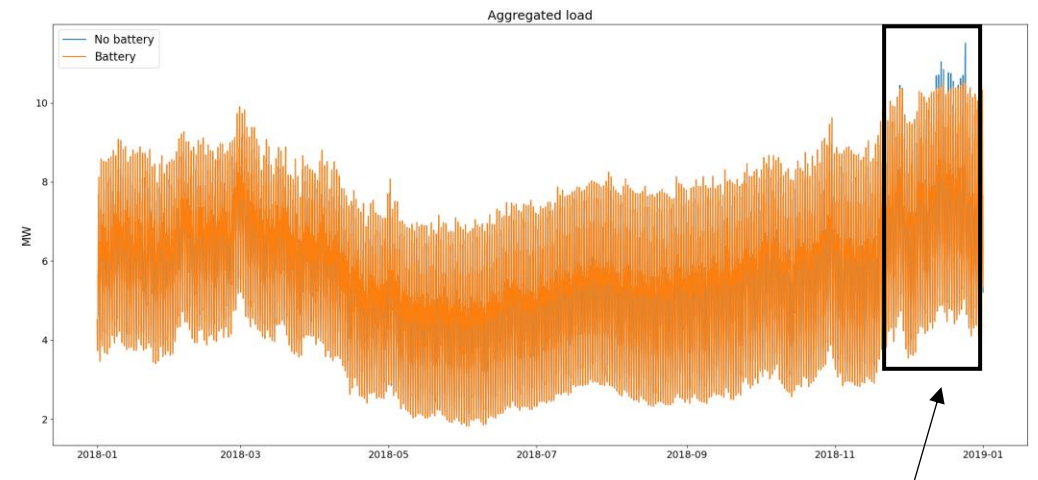
Tilknytning av tungtransportlading

- Ønsker å koble til på knutepunkt 29
- 5 timer der spenningen er for lav og/eller overlast på linjer
- Disse timene er alle på vinteren



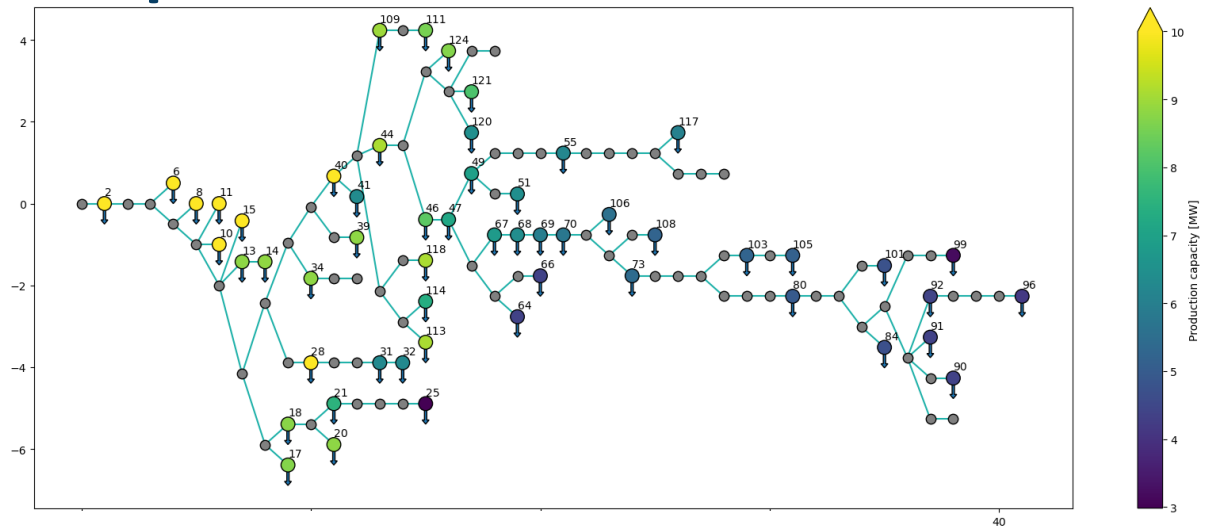
Tilknytning av tungtransportlading

- Aktive tiltak er nødvendig om kunden ikke vil vente på nettforsterkninger
- Batteri er en mulig løsning
 - Få timer der dette er nødvendig
 - Derfor må kunden utnytte value-stacking for å oppnå lønnsomhet

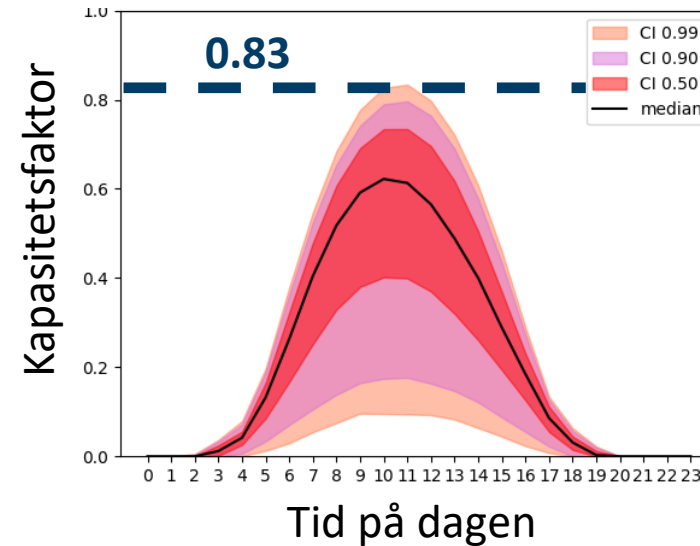


Tilknytning av solcellepark

- Dimensjonerende driftstilstand blir en time på sommeren med lav last og høy solinnstråling.
- Det vil være mye ledig kapasitet til en solpark i referansenettet
- Et solcelleanlegg i Sør-Norge vil i praksis aldri produsere med maksimal effekt.

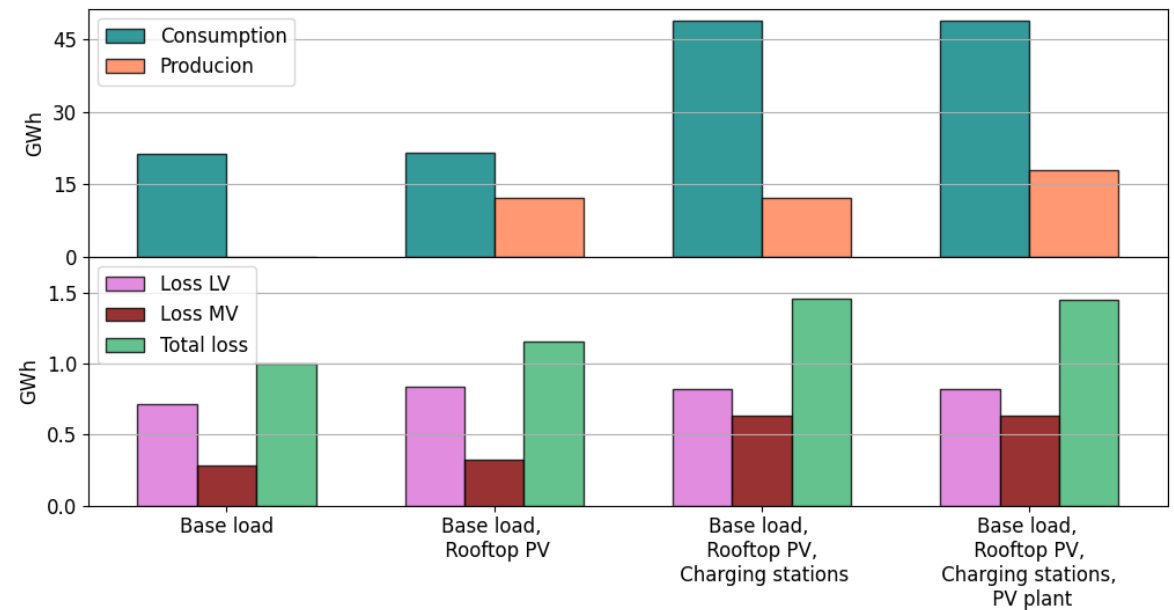


Daglig variasjon i kapasitetsfaktor (sommer)



Elektriske tap

- Solceller på tak i stor skala gir økte tap grunnet lav selvkonsum
- Stor lastøkning, men moderat økning i tap.
- Samlokalisering av lading og lokal produksjon kan redusere tap
- Det trengs ny metodikk for å beregne samfunnsøkonomiske tapkostnader



Konklusjoner

- For å nå målene som er satt av myndighetene kreves aktive tiltak og bruk av fleksibilitet i distribusjonsnett
- Det er plass til mye ny produksjon og forbruk hvis tilknytningene skjer på riktig sted og kombineres med aktive tiltak
- Det trengs ny metodikk for å beregne samfunnsøkonomiske tapkostnader
- Det trengs mer forskning på forsyningssikkerhet, inkludert påvirkning på overliggende nett.

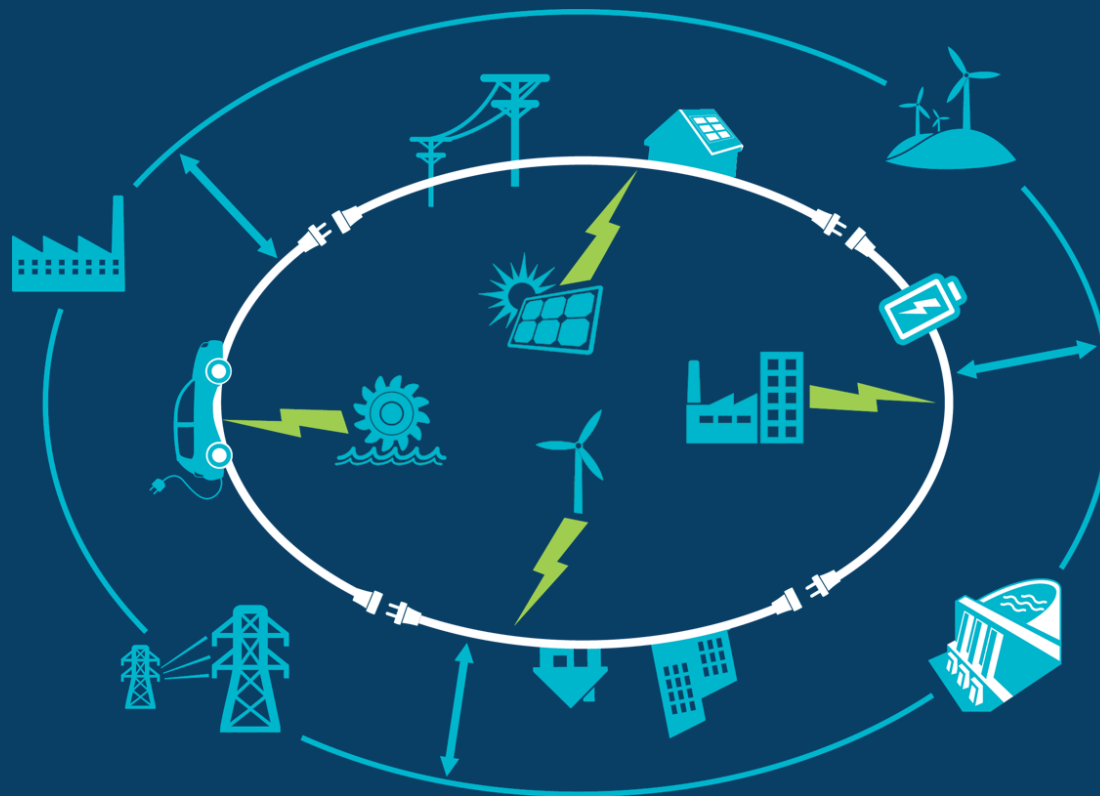


CINELDI

Centre for intelligent electricity distribution
- to empower the future Smart Grid



Norwegian Centre for
Environment-friendly
Energy Research



This work is funded by CINELDI - Centre for intelligent electricity distribution, an 8 year Research Centre under the FME-scheme (Centre for Environment-friendly Energy Research, 257626/E20). The authors gratefully acknowledge the financial support from the Research Council of Norway and the CINELDI partners.



cineldi.no



[CINELDI_FME](https://twitter.com/CINELDI_FME)



blog.sintef.com/



linkedin.com/company/cineldi/