

IDE OLTC

# AUTOMATISK TRINNING BASERT PÅ AMS

2024



Elvia

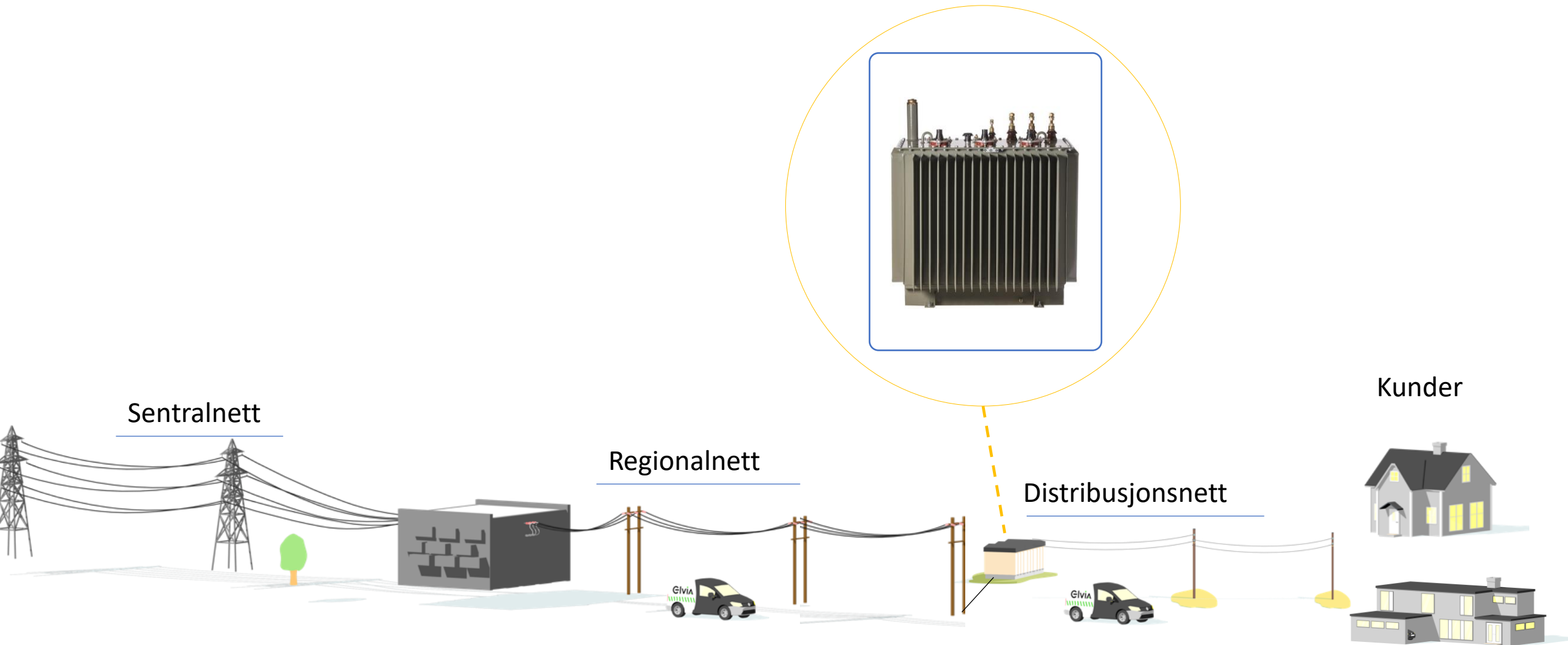
# Mål

Målet med prosjektet er å demonstrere at fordelingstransformatorer med automatisk trinnkobler basert på AMS-data kan holde spenningen innenfor «Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet (FoL)», og på den måten:

1. Unngå / utsette oppgraderinger i nettet / investeringsbehov
2. Forsterke tilknytningskapasiteten (av både forbruk og produksjon)
3. Øke kontroll i komplekse driftssituasjoner
4. Sørge for mer effektiv drift av nettet (reduksjon av overføringstap i LV-nett)

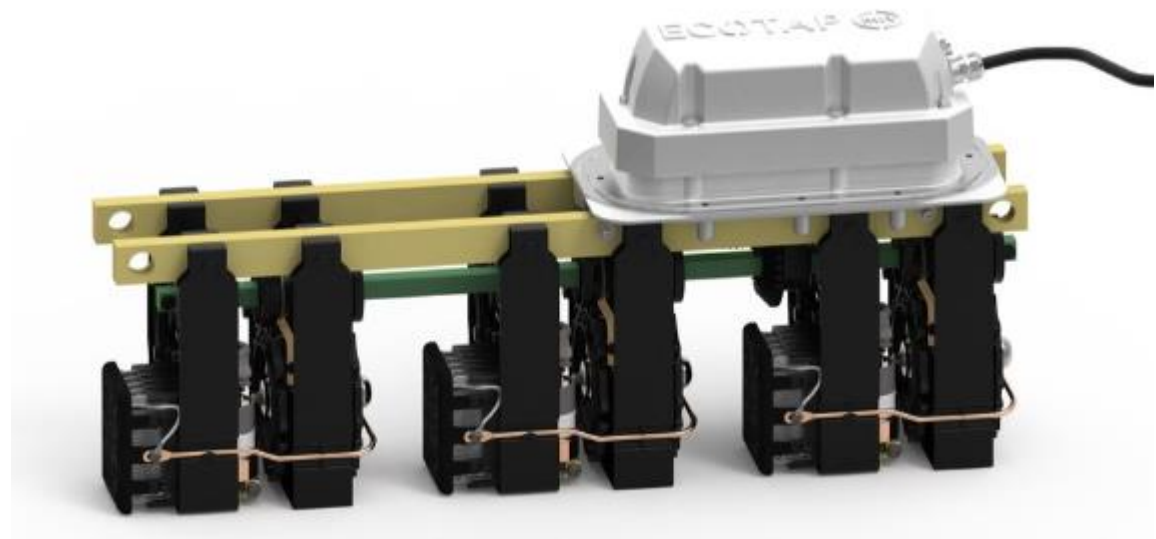
# OLTC

## Automatisk trinning av fordelingstransformator



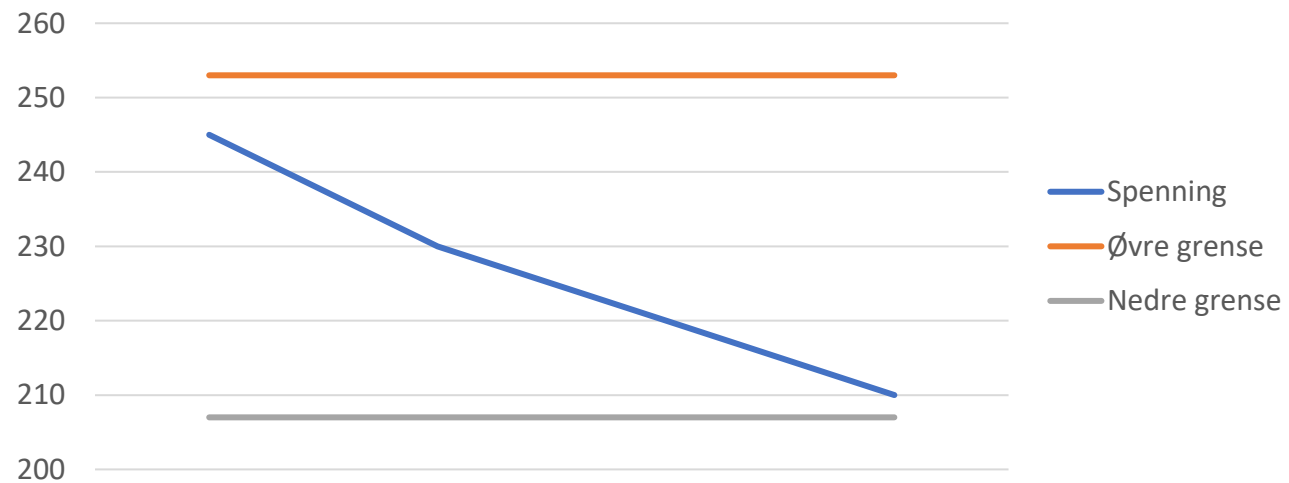
# OLTC- Hva er det?

*On-load Tap Changer*



Bilder fra Reinhausens nettsider:

<https://www.reinhausen.com/productdetail/on-load-tap-changers/ecotap-vpd-iii>

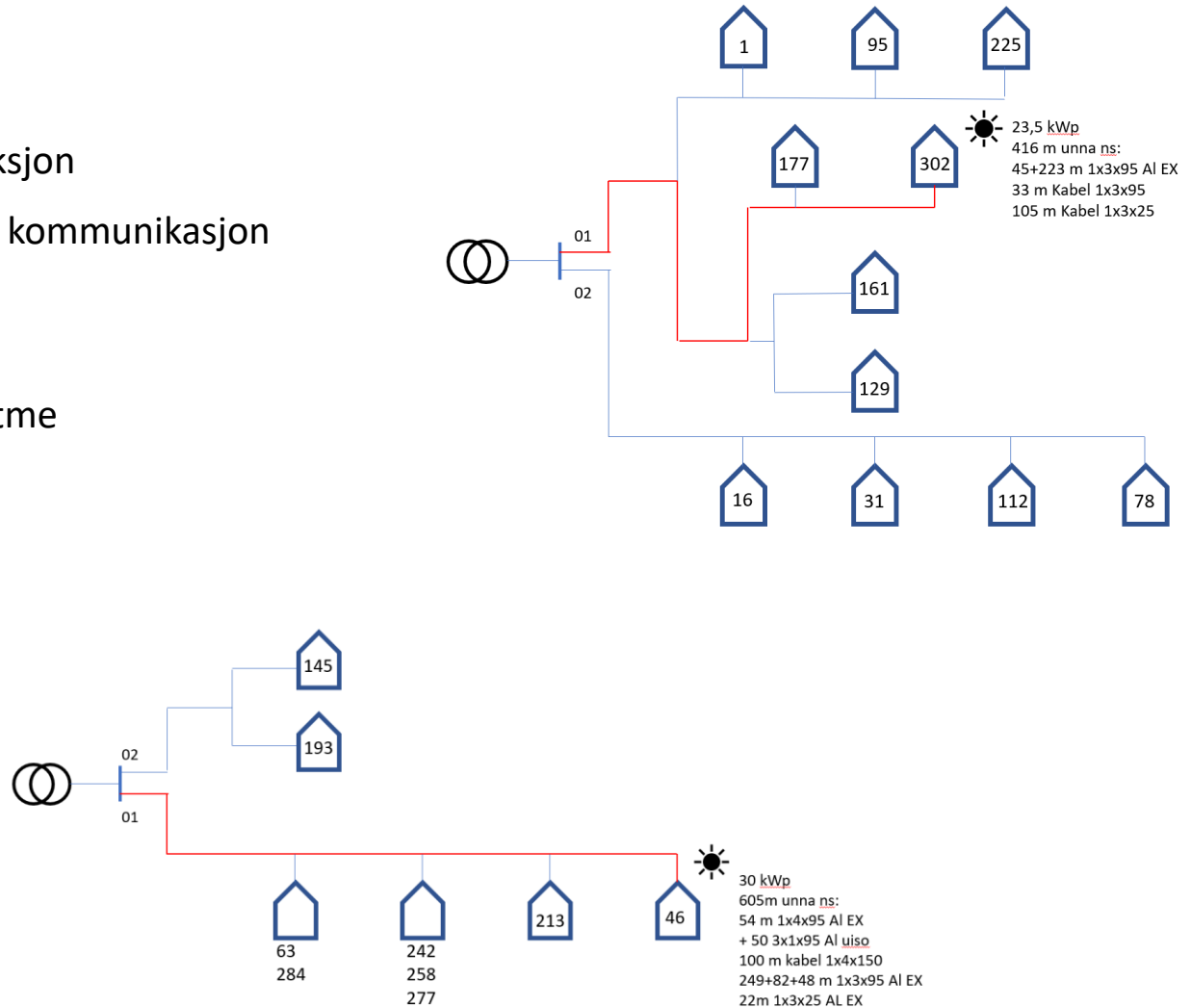
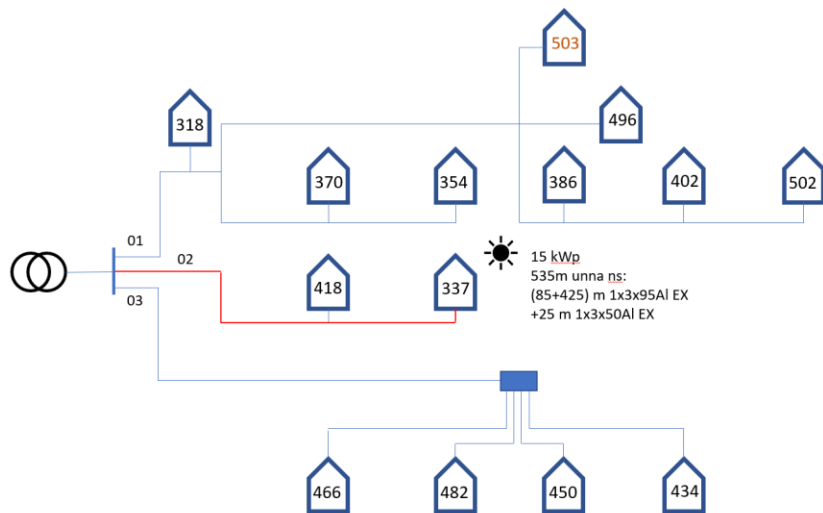


Kort fortalt:  
 Holde spenning innenfor FOL,  
 særlig i situasjoner med solceller  
 mm.

Kan vi bruke AMS-data til dette?

# Lokasjonene

- Svakt nett, spenningsproblemer og solcelleproduksjon
- Trinnvelgere er sammen med utstyr for styring og kommunikasjon montert
- Trinnvelgeren har 9 trinn, hvert på ca. 5V
- Energea: kommunikasjonsløsning + styringsalgoritme



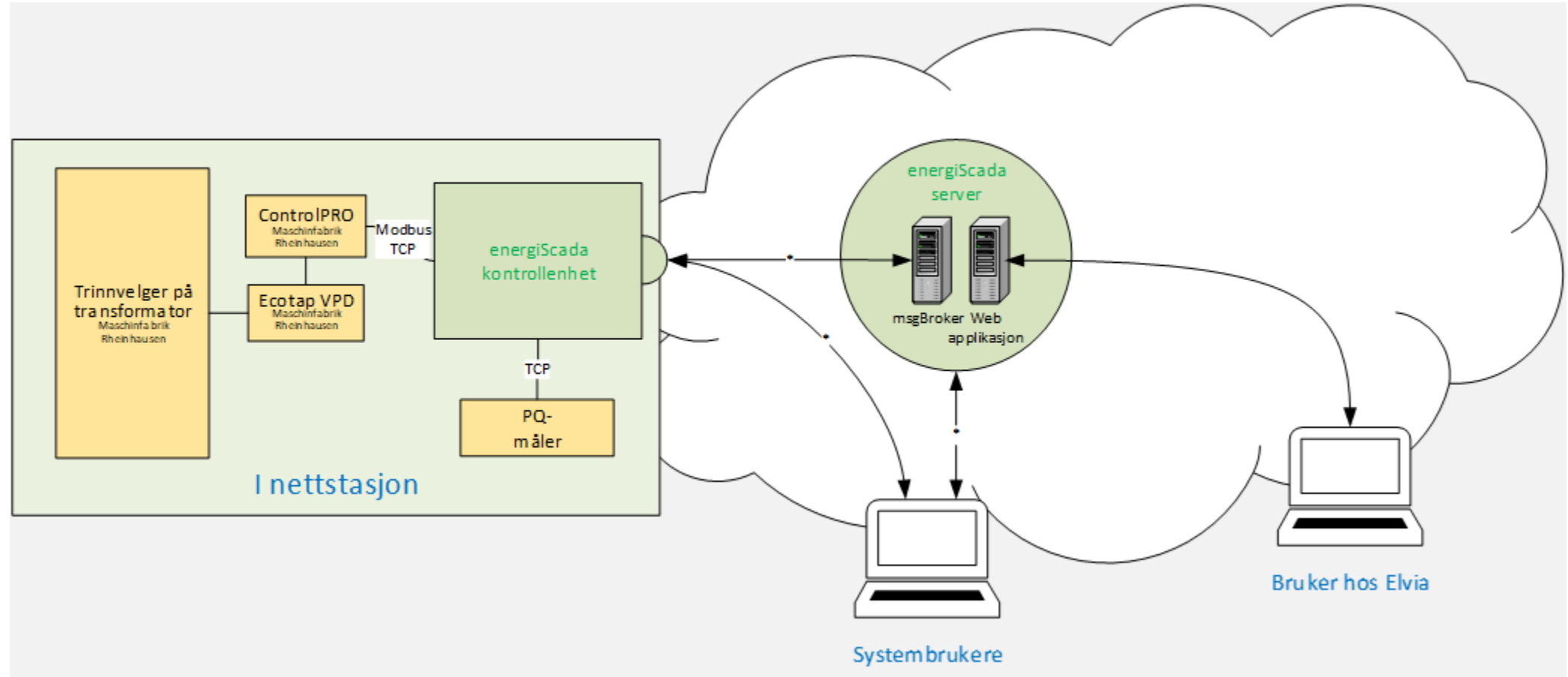
# Lokasjonene

	Transformer 1	Transformer 2	Transformer 3
Location	Sarpsborg	Vestby	Spydeberg
Performance [kVA]	100 kVA	100 kVA	100 kVA
Primary voltage [V]	22000 - 17500	22000	11000
Secondary voltage [V]	240	240	240
Connection group	Dyn11	Yy0	Yy0
Regulation	+4 -4 x 2.5%	+4 -4 x 2.0%	+4 -4 x 2.5%

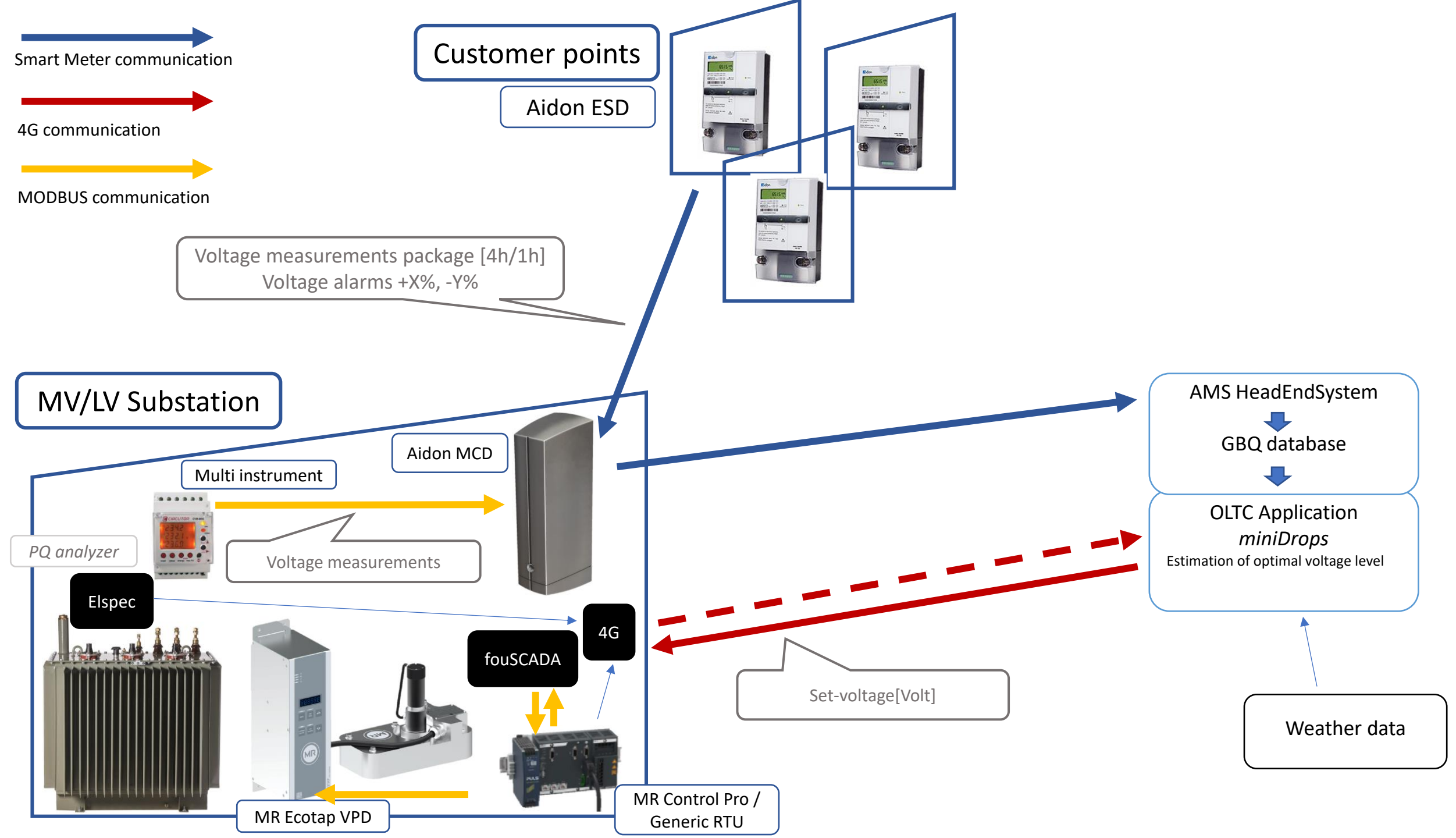


# Trinnbar trafo i Elvias prosjekt OLTC

Oppsett av systemet med energiScada™







# Trinning basert på AMS-data

Utviklet to ulike versjoner/algoritmer;

**dynamisk** (foregående time avgjør neste set-spenning) og **planmessig** (timenes set-spenning planlegges 1 døgn i forveien).

- Dynamisk har vært operativt (og under videreutvikling) høsten våren 2023.
  - Før dette trinnet vi for det meste basert på spenningsmåling lokalt målt på transformators sekundærside og benyttet Reinhaussens standard lokal automatikk / fast set-spenning.
- I Juni 2023 gikk vi over til planmessig styring.
- Både dynamisk og planmessig er basert på spenninger målt med AMS-målinger, pr time, og kontinuerlig lokalt på transformators sekundærside.
  - OLTC-applikasjonen bestemmer seg for en målspenning/utspenning fra transformator, dette blir gjeldende set-spenning for den kommende timen.
  - Reinhaussens styremodul styrer deretter mot denne spenningen ved å sammenligne målt lokal spenning mot set-spenning, og endrer trinn relativt raskt basert på de faktiske omstendigheter/lokale spenningsmålinger.

Set-spenning er dermed «timeoppløst», men selve trinningen for å treffe/holde denne spenningen er rask (sekunder/minutter)
- Vi har som utgangspunkt at trinningen ikke skal medføre ødeleggende spenninger (en verre situasjon enn om vi ikke hadde trinnkobler), også om vi mister kommunikasjonen med trinnkobler eller mangler AMS-data.
- Et annet utgangspunkt er at systemet ikke skal trenge å rekonfigureres manuelt selv om nye kunder kommer til i kretsen, eller nye kunder skaffer seg solcellepaneler eller endrer sitt forbruk vesentlig. Endringer skal fanges opp automatisk (kun basert på måledata fremfor registerdata) og tilpasning skal skje automatisk/være en del av prinsippet/algoritmen.
- Alarmer fra AMS er ikke integrert pga forsinkelsene vi har i ulike ledd vs hvor raskt f.eks. en sky (på himmelen) kan påvirke spenningen, samt med hensyn til stabiliteten og «robustheten» til systemet.

Z0096  
Ligot



Ulike trinningskonsepter

# Trinnvelger på Ligot nettstasjon

## Fast styring mot 238V



# Trinnvelger på Ligot nettstasjon

Algoritme med «realtids» AMS, værdata og solhøyde



# Trinnvelger på Ligot nettstasjon

Algoritme som bruker erfaring siste 14 dager, og oppdaterer denne









# OLTC – erfaringer og læringspunkter

- *Dynamisk* system basert på AMS er relativt komplisert, spesielt pga skiftende skydekke innad i timen, og fordi selve algoritmen fort blir kompleks og «stor» og dermed krevende å verifisere om virker korrekt / som tiltenkt, og å feilsøke på.

*Planmessig* ble valgt for videre testing av fire hovedårsaker;

- Forenkling av algoritme
- Vi klarer uansett ikke å agere på veldig raske endringer innenfor hver time
- Større forutsigbarhet for eventuelle andre komponenter i nettet
- Mulighet for å bruke de samme prinsippene som algoritmen bygger på til å gjøre simuleringer av trinnkobler i ethvert lavspenningsnett der det er montert AMS-målere, altså nært 100%

- Vil en trinnkobler hjelpe oss her / hvor mye vil den «løse»?

X0396  
Jelsnes



# OLTC – erfaringer og avsluttende oppgaver

- Det (vil) kreves driftsovervåkning av OLTC uansett om man har hyllevareløsning eller AMS-basert styring.
  - Jo flere komponenter, jo større risiko for driftsforstyrrelser og FoL-brudd.
- Avslutningsvis jobber vi med å lage datapakker til viderebruk og en guide for hvor man bør bruke OLTC (eventuelt i kombinasjon med andre løsninger).
- I tillegg har vi en sideoppgave på å vise PQ-data rett i web-GUI

## OPERATION OF ON-LOAD TAP CHANGER (OLTC) IN MV/LV TRANSFORMER BY USING SMART METER DATA FOR VOLTAGE OPTIMIZATION AND INCREASING HOSTING CAPACITY IN LOW VOLTAGE DISTRIBUTION GRIDS WITH DISTRIBUTED PHOTOVOLTAICS (DPV)

Kjell Anders Tutvedt<sup>1</sup>, Per Olav Dypvik<sup>2</sup>, Johannes Skivdal<sup>3</sup>, Reidar Tjeldhorn<sup>4</sup>, Håkan Svanberg<sup>5</sup>, Franco Pizzutto<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Elvia AS, Hamar/Oslo, Norway

\*kjell.anders.tutvedt@elvia.no

<sup>2</sup>Energie AS, Fredrikstad, Norway

<sup>3</sup>Skivdal Data AS, Bergen, Norway

<sup>4</sup>Norsk Transformator AS, Steinkjer, Norway

<sup>5</sup>Reinhausen Nordic AB, Stockholm, Sweden

<sup>6</sup>Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg, Germany

Keywords: VRDT, OLTC, DPV, SMART METERS

### Abstract

This paper presents the results from a Norwegian pilot project on using voltage regulating distribution transformers (VRDTs) in low voltage grids with DPV together with smart meter data. The aim of the project was to minimize the networks losses by purposefully adjusting the target voltage of the VRDT and, at the same time, ensuring that the voltage at all connection points meet the national limits, despite the application of increased hosting capacity.

Control strategies with fixed set-point, smart-meter based dynamic set-point and a self-learning algorithm have been compared. In addition, the use of weather data as input to the control algorithm for determining the optimal voltage has been tested.

Results show that VRDTs can increase the hosting capacity of low voltage networks and be used to optimize voltage, and that it is possible to use smart meter data to enable an even more dynamic voltage regulation. Some issues were identified, that should be specifically considered when installing VRDT in networks with DPV.

### 1 Introduction

An increasing number of distributed energy resources (DER) creates new challenges when it comes to keeping the voltage within the limits of national [1] and European power quality standards [2]. In Norway, distributed photovoltaics (DPV) is expected to increase significantly the next years. In addition to the challenge to host an increasing amount of DER and innovative loads (e.g., heat pumps, EV-chargers), DSOs' ambitions are to reduce the networks' carbon footprint and increase economic and operational efficiency.

Smart meters were introduced in Norway in 2017-2018. The smart meter models installed in Norway (AMS) are capable of measuring voltage and deliver data by radio communication and/or mobile network communication to central databases. Voltage regulating distribution transformers (VRDT) are a proven technology to increase the distribution network's hosting capacity for DER and loads [3], allowing greater voltage control in the low voltage network by decoupling the voltage of a secondary substation from the voltage variations in the medium voltage [4].

# Systemvisninger

# miniDrops og fouSCADA

- Visualisering

## Grafana





# OLTC og AMS-data

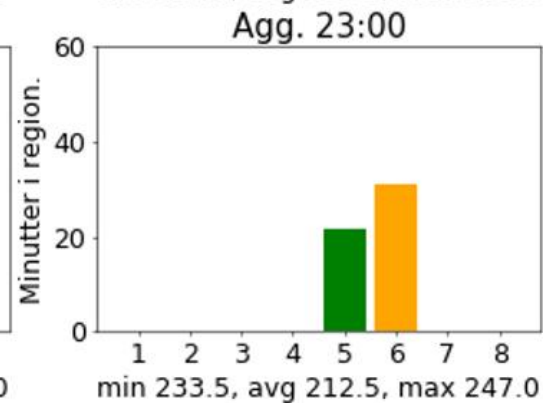
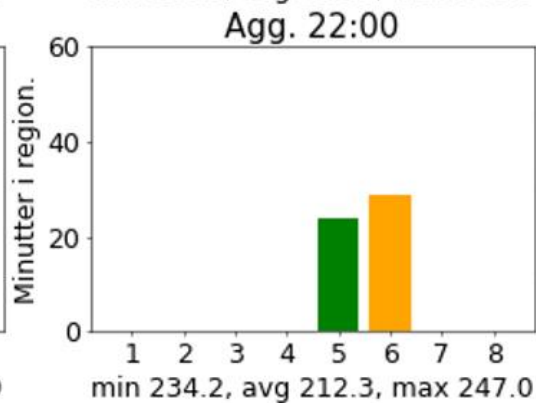
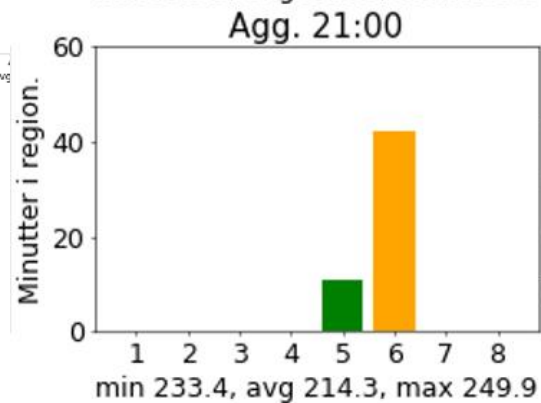
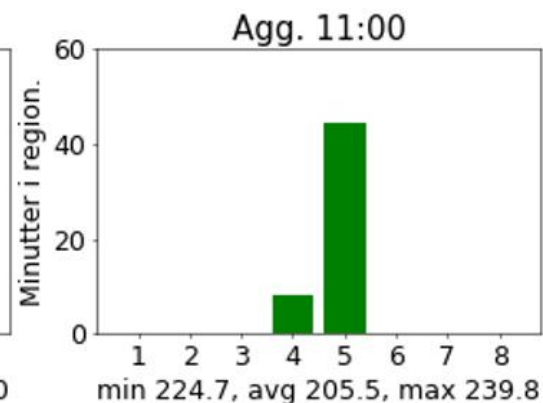
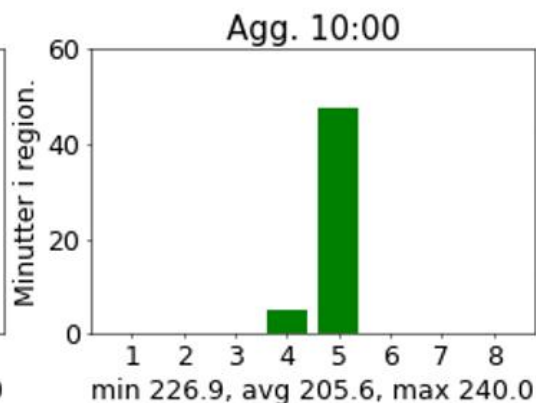
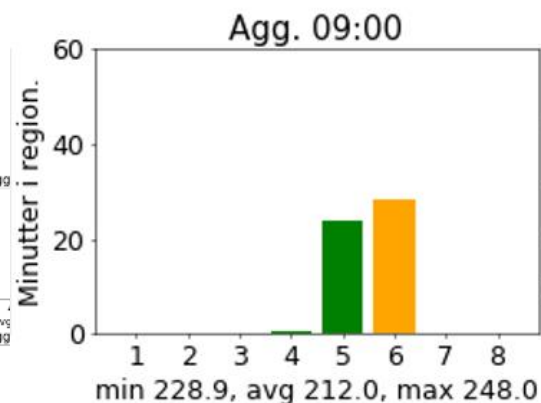
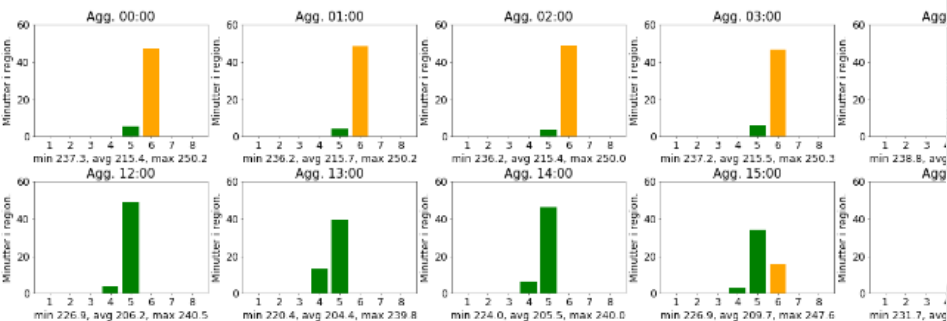
- Vi har også tatt inn «HitTableStatistics» fra AMS for å se om vi får noe ekstra nytte ut av disse dataene, spesielt i analysefasen. Dette er data fra AMS som hittil ikke har vært i bruk utenom i enkelte studentoppgaver om spenningskvalitet.
- [miniDrops \(elsin.no\)](https://www.elsin.no/miniDrops)

## StaticRegionHitsplott for Jelsnes den 2023-10-21

[Gå tilbake](#)

Filer:

[Jelsnes 2023-10-21 aggregert.png](#)



- Plan

AutoSave Off Spenningsplan Ligot 2023-08-28 - Read-Only... Kjell Anders Tutvedt

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Automate Help Comments Share

Paste Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Analysis Sensitivity

B2

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Plan for Ligot 2023-08-28		Basert på datoene 2023-08-13 til 2023-08-27						
2			Målspenning $253 - (5.75 / 2) - 1 = 249.125$						
3									
4	time start utc	time diff soltopp	sett spenning	max diff	max diff date	estimert mål			
5	0	11	247	1,9	2023-08-17	248,9			
6	1	10	247	1,7	2023-08-18	248,7			
7	2	9	248	1,6	2023-08-18	249,6			
8	3	8	248	1,1	2023-08-24	249,1			
9	4	7	247	2,1	2023-08-17	249,1			
10	5	6	247	2,5	2023-08-23	249,5			
11	6	5	240	9,4	2023-08-23	249,4			
12	7	4	239	10,5	2023-08-23	249,5			
13	8	3	238	11,0	2023-08-24	249,0			
14	9	2	231	18,0	2023-08-24	249,0			
15	10	1	231	18,5	2023-08-16	249,5			
16	11	0	228	21,0	2023-08-18	249,0			
17	12	1	229	20,0	2023-08-16	249,0			
18	13	2	230	18,7	2023-08-14	248,7			
19	14	3	231	18,5	2023-08-16	249,5			
20	15	4	237	12,0	2023-08-21	249,0			
21	16	5	241	7,8	2023-08-16	248,8			
22	17	6	246	3,6	2023-08-22	249,6			
23	18	7	247	2,1	2023-08-15	249,1			
24	19	8	247	2,1	2023-08-23	249,1			
25	20	9	247	1,9	2023-08-18	248,9			
26	21	10	247	2,5	2023-08-16	249,5			
27	22	11	248	1,3	2023-08-18	249,3			
28	23	12	248	0,9	2023-08-24	248,9			
29									
30									
31									
32									

Sheet1

Ready Accessibility: Good to go Display Settings 110%





# Bruk og utprøving

Funksjoner i energiScada™ som web applikasjon på server

## energiScada™ i OLTC:

[Spenningsplott](#)  
[Forbruksplott](#)  
[Generer dagsrapport](#)  
[Eksporter dagsplan](#)  
[Grafana](#)  
[Målefiler fra PQ-måler](#)  
[Administrer nettstasjoner](#)  
[Seq](#)

## Administrer nettstasjoner

[Gå tilbake](#)

[Legg til ny nettstasjon](#)

Navn	AMS ID	Latitude	Longitude	Trinnstrørrelse (V)	Styring på	Siste time AMS	
Hovum	V0241	59,584233	10,831617	4.6	True ▼	2023-07-31 06:00:00+00:00	Slett
Ligot	Z0096	59,656553	11,109275	5.75	True ▼	2023-07-31 06:00:00+00:00	Slett
Jelsnes	X0396	59,363909	11,153036	7.2	True ▼	2023-07-31 06:00:00+00:00	Slett

Laare

## Forbruksplott for Hovum den 2023-08-21

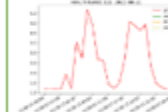
[Gå tilbake](#)

Filer:

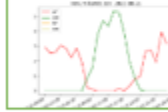
[Hovum\\_2023-08-21 aggregert forbruk.png](#)



[Hovum\\_2023-08-21 318 forbruk.png](#)



[Hovum\\_2023-08-21 337 forbruk.png](#)



## PQ-målefiler for Jelsnes

[Gå tilbake](#)

[2023-08-02](#)  
[2023-08-03](#)  
[2023-08-04](#)  
[2023-08-05](#)  
[2023-08-06](#)  
[2023-08-07](#)  
[2023-08-08](#)  
[2023-08-09](#)  
[2023-08-10](#)  
[2023-08-12](#)  
[2023-08-13](#)  
[2023-08-14](#)  
[2023-08-15](#)  
[2023-08-16](#)  
[2023-08-18](#)  
[2023-08-19](#)  
[2023-08-20](#)  
[2023-08-21](#)  
[2023-08-22](#)  
[2023-08-23](#)

Elvia

[kjell.anders.tutvedt@elvia.no](mailto:kjell.anders.tutvedt@elvia.no)