

Bevaring av historiske kirker

fukt og energi med bruk av sensorik

Sensorer i vegger - hva lærer vi av måleresultatene?

TEK
: ZENCE

Bergen 25 – 26 mars 2026



THOMAS VOGT
Bygningsingenør og takstmann

-vært takstmann siden 2009

tverrfaglig kompetanse innen bygg, økonomi og prosjektering etter 25 år i bransjen.

-har drevet flere entreprenør forretninger og egen utvikling av eiendom på 3 kontinenter.

- gjennomfører årlige oppdateringer gjennom Norsk Takst og høyskolen sitt opplærings-system.

- er i dag daglig leder for TEK-Zence som jobber med sensorer/ fuktlogging, og skade og reklamasjonstakster

- er styreformann i TEK-Norge med 11 ansatte takstingenører som driver med skadetakst, tilstandsrapporter, verditaksering, reklamasjonsrapporter, sensormålinger, overtagelser, byggelånsoppfølging og prosjektering.

Jeg har bla. følgende sertifikater:

- Boligsertifikat - Verdi
- Boligsertifikat – Tilstand
- Skade
- Sentrall godkjenninger
- DVG sertifisert
- TrV International taksering
- Energirådgiver (Storbygg)
- Miljøfyrårkonsulent



THOMAS ANDREASSEN
Fukt og sensor spesialist

Thomas Andreassen
Rådgiver og fuktspesialist
TEK-Zence AS
Telefon: +47 939 77 927
www.tek-zence.no



Kunder
1,073

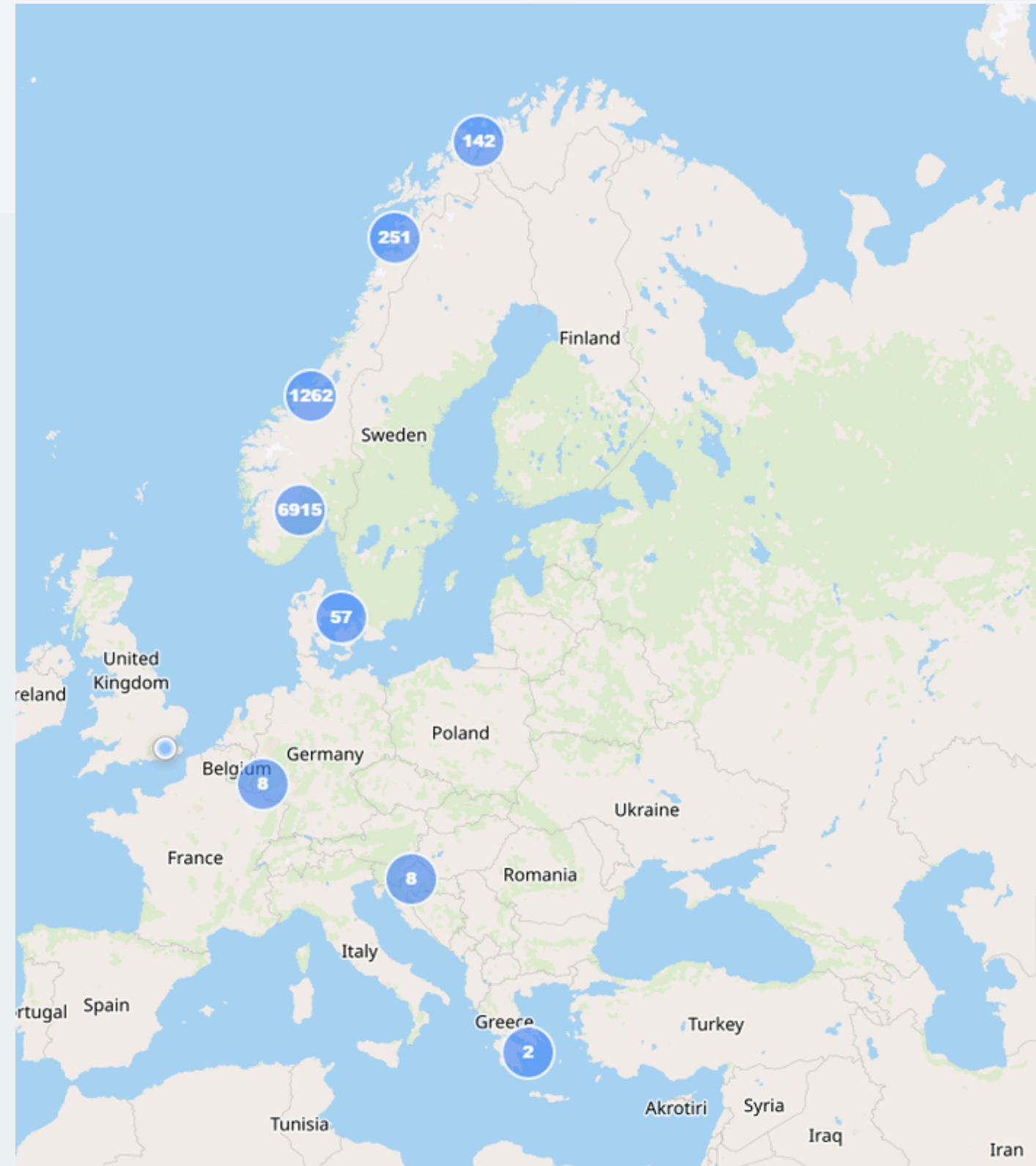
Eiendommer
6,569

Sensorer
2,709

Sensorer varsler siste 7 dager
69

Målinger
25,332,175

Vår data



Vi står i

Hvordan beskytter vi bygg
som har stått i over 800 år –
med et klima i rask endring?

Spørsmål

To spørsmål – én retning:

- 1. Hva er riktig oppvarming?*
- 2. Hva skjer faktisk i bygget?*

**Dette kommer vi
tilbake til**

FRA MÅLINGER TIL DIGITAL TVILLING

En digital tvilling = en levende digital kopi av bygget, drevet av sanntidsdata

Sensorer i vegger - hva lærer vi av måleresultatene?

KONTINUERLIGE DATA
BYGGER EN "LEVENDE
MODELL"

Gir innsikt i samspill mellom klima og
konstruksjon.

SAMMENLIGNING MED
ANDRE BYGG

Etabler hva som er normaltstand

FRA DATA TIL BESLUTNING

Mer treffsikre tiltak

Vår erfaring (overføring av kompetanse)

Målinger uten kontekst kan gi feil beslutninger
VI har lang erfaring fra 1890 gårder

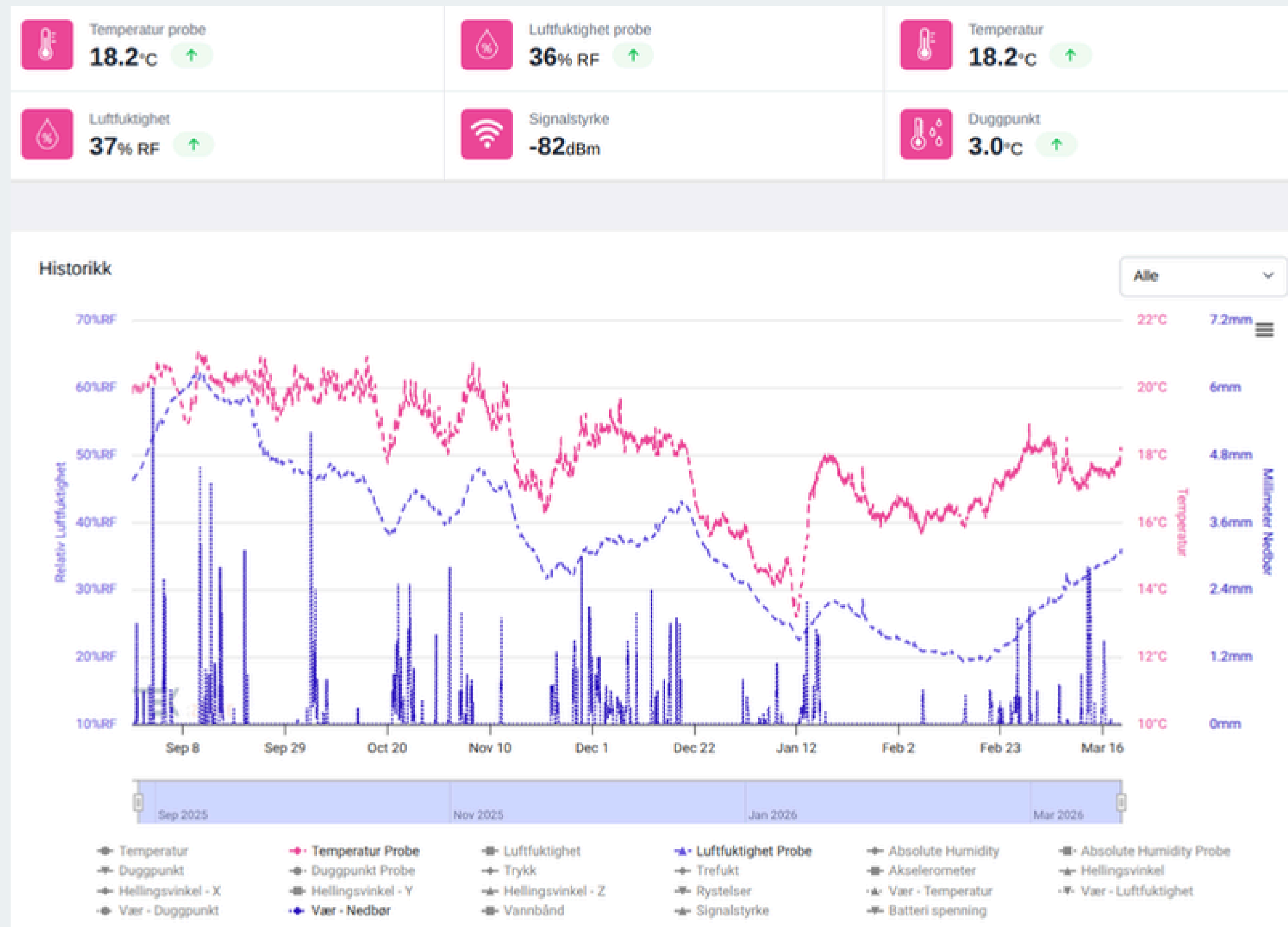


Know it

Forklar bygget med fysikk

- Temperatur og fukt endrer seg hele tiden
- Enkeltmålinger gir et feil bilde
- Historiske data viser utvikling over tid

Avdekker risiko før skader oppstår



Klimaovervåkning i kirker – grunnlaget for riktige beslutninger er logging over tid

Enkel installasjon – 1 2 3

ingen gateway, batteridrevet og automatisk logging hver time, direkte tilgjengelig der du er



Fukt og bevegelser alt på en gang

Tilbake til spørsmål

1. *Hva er riktig oppvarming?*
2. *Hva skjer faktisk i bygget?*

"...det handler om å unngå skjulte fuktskader

Når veggen begynner å "svette"

Varm luft holder på fukt
Når lufta blir kald, slipper den fukten

Dette kalles duggpunkt

Eksempel

- Inne: 19 °C og 60 % relativfukt
- Tegelvegg: 8 °C

Da klarer ikke lufta å holde på fukten lenger

→ Det blir vann



Tenk kirke

Strømpris: 1,50 kr/kWh (eksempel)

Brukstemperatur: 19 °C

1500 m² og 6000 m³

Byggeår ca. 1850

Massiv tegl / høy varmekapasitet

I dag, 26. mars

0,83 kr/kWh — 00:00

Gjennomsnittsprisen 0,91 kr/kWh

Høyeste 15:00-16:00 1,13 kr/kWh

Laveste 03:00-04:00 0,78 kr/kWh



Temperaturfellen når luften blir varm, muren forblir kald

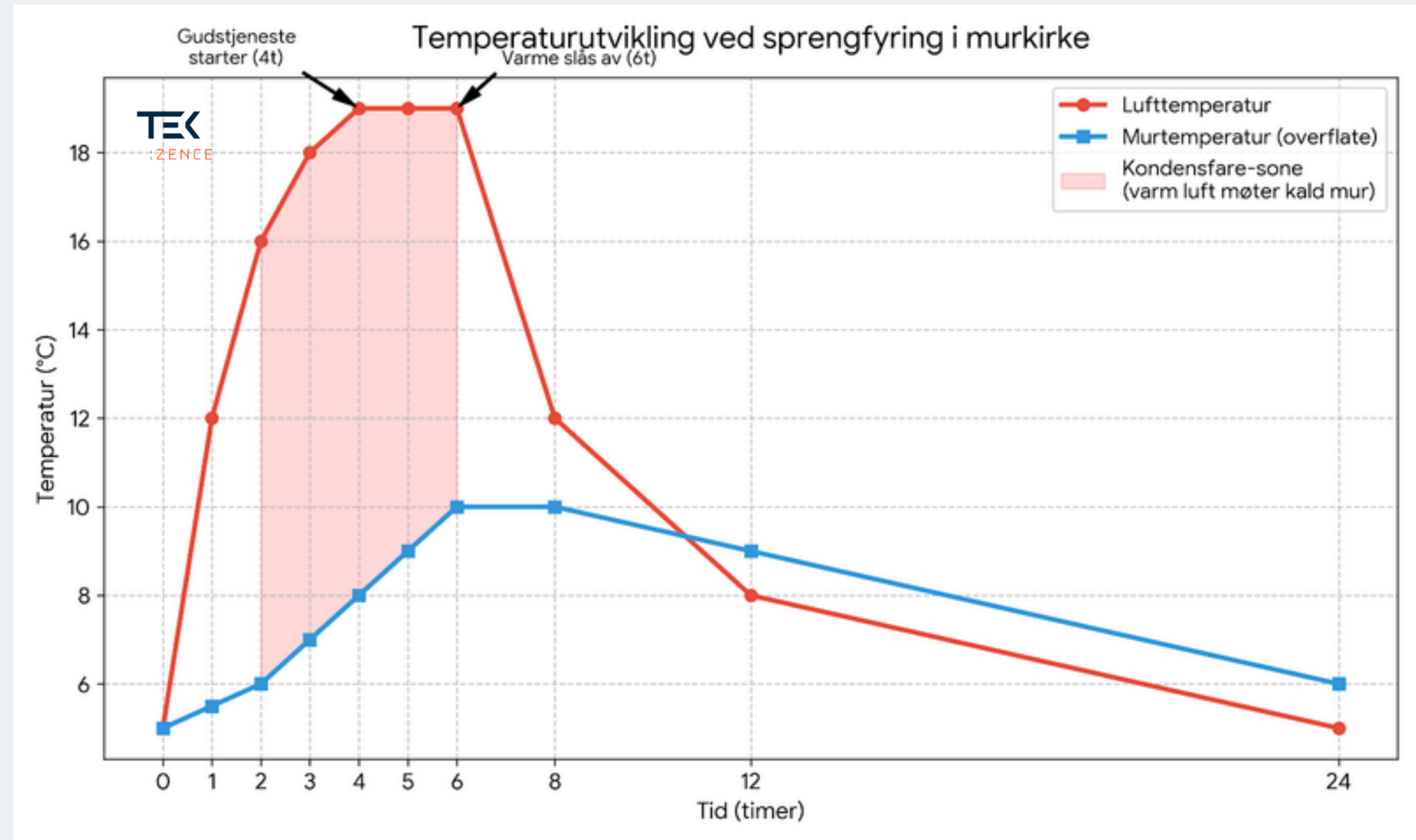
Luft varmes raskt opp på få timer.

Tunge murvegger bruker dager på å endre temperatur

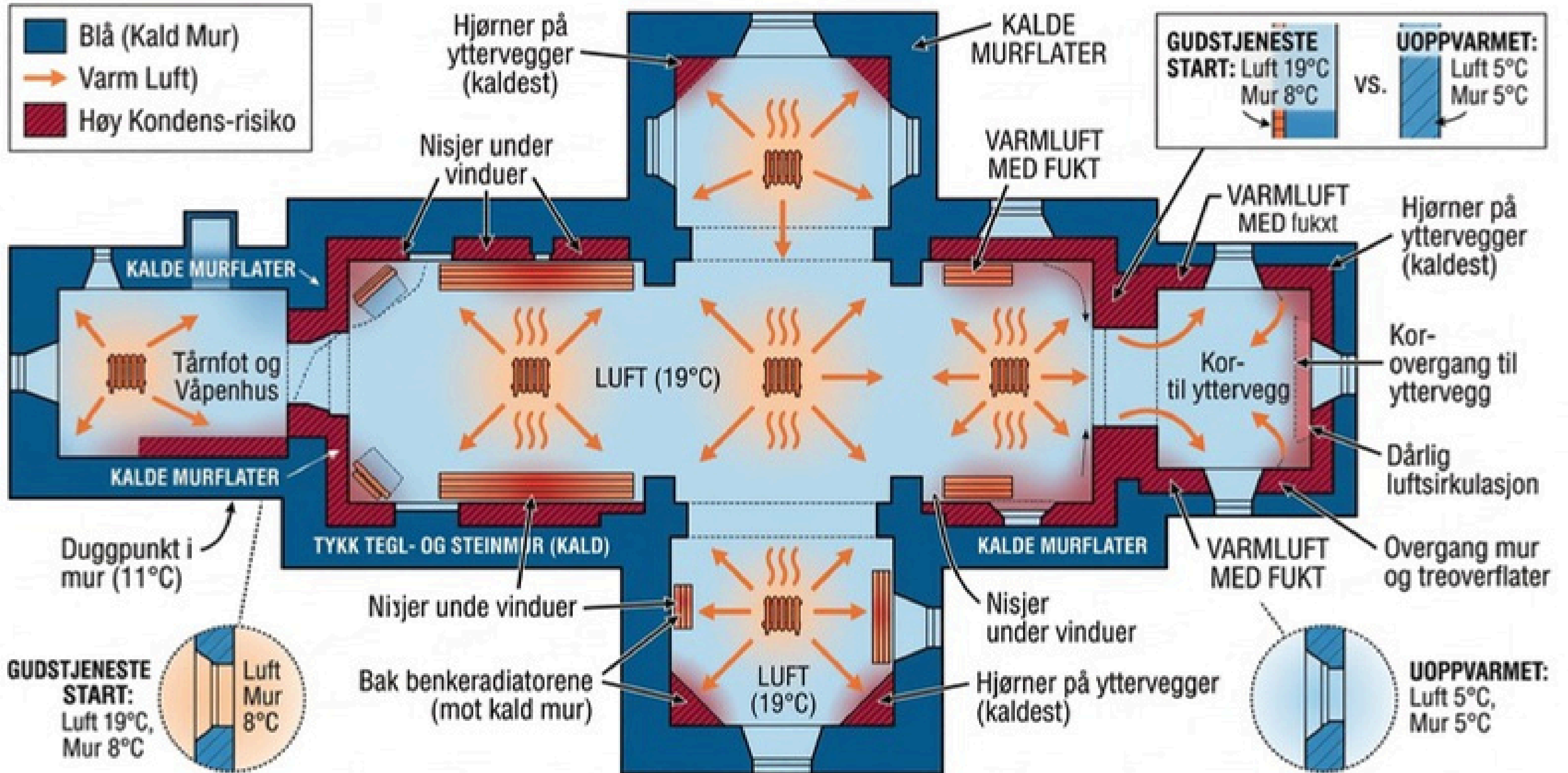
Resultat: Varm luft treffer iskalde overflater.

Dette skaper et kritisk vindu for fukt og store skader

Kirker som brukes mye er mindre utsatt enn de som brukes kun på søndager

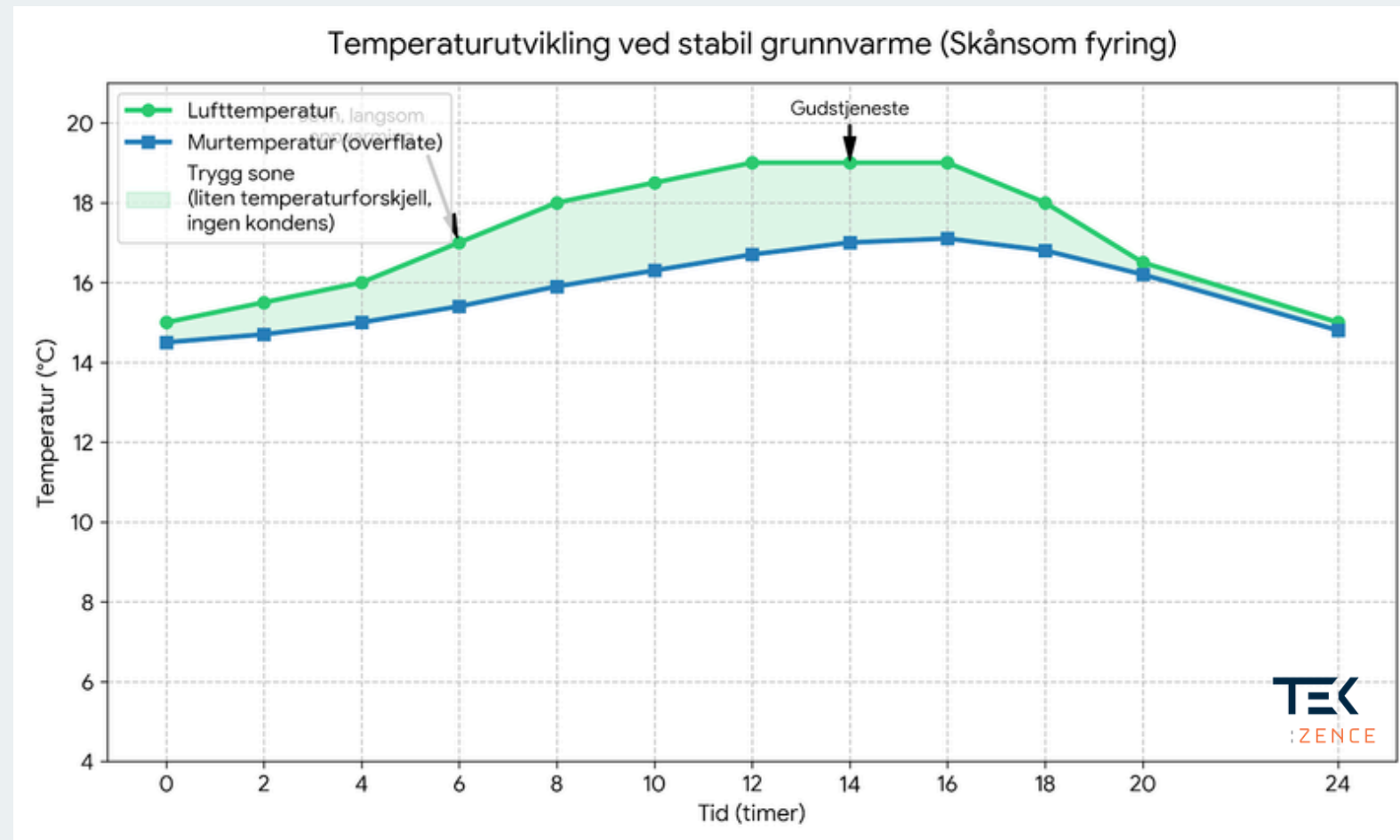


RISIKOKART FOR MURKIRKER: KONDENS-RISIKOSONER VED SPRENGFYRING



Kalde overflater

Økonomi vs. Bevaring



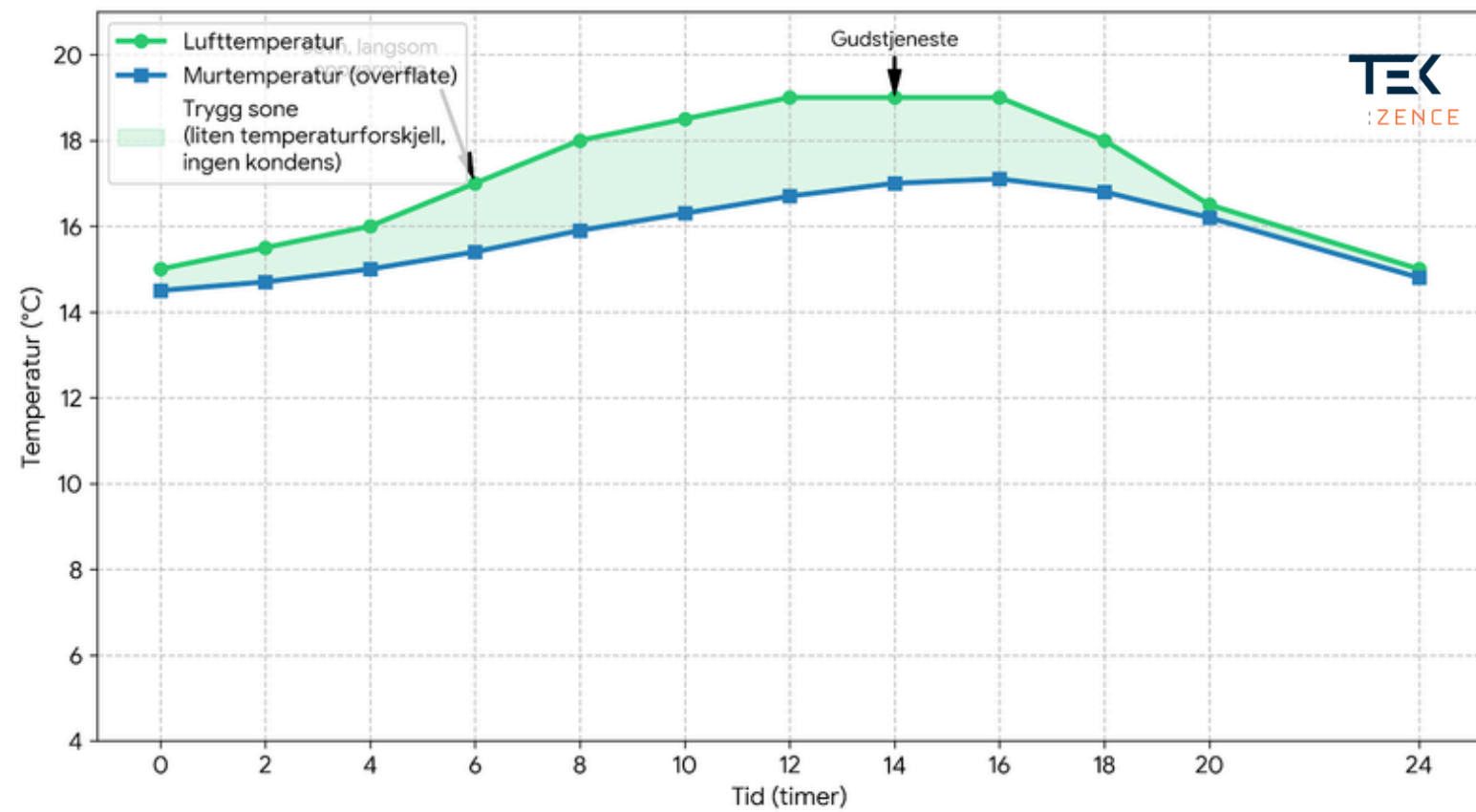
Grafen viser at stabil grunnvarme eliminerer "kondens-sonen".

Muren og luften er i harmoni, noe som bevarer kulturminnet og gir et mye mer stabilt energiforbruk.

Ingen kondens eller langtidskader på utstyr og materialer om man har jevnere temperatur gjennom vinterhalvåret.

Forskjellen fra sprengfyring-rett måte over tid

Temperaturutvikling ved stabil grunnvarme (Skånsom fyring)

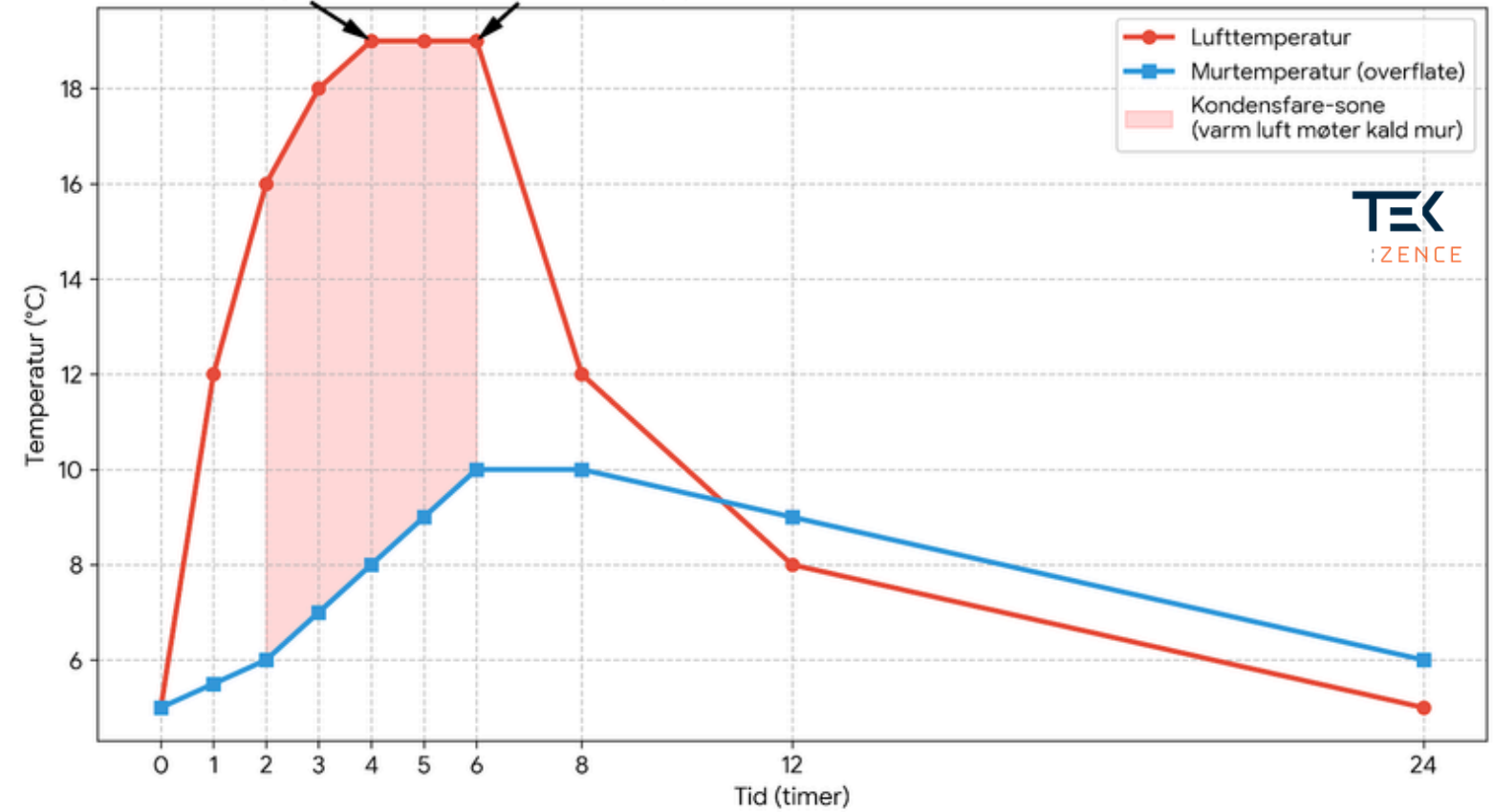


Stabil Grunnvarme (Riktig strategi):

Muren holdes varmere enn duggpunktet = Tørr kirke. Jevnt strømforbruk uten høye straffegebyrer for effekttopper.

Fasit: Total energibruk blir ofte *lavere* i tunge bygg, og kulturminnet bevares.

Temperaturutvikling ved sprengfyring i murkirke



Sprengfyring (Feil strategi):

Hele murmassen (flere hundre tonn) må "lades opp" på nytt hver gang.

Ekstreme effekttopper på strømmettet (dyrt). Garanterer kondens, fukt og økt behov for dyrt vedlikehold.

Å slå av varmen koster faktisk mer penger enn å la den stå på – og i en stor kirke blir tapet betydelig og skadene større

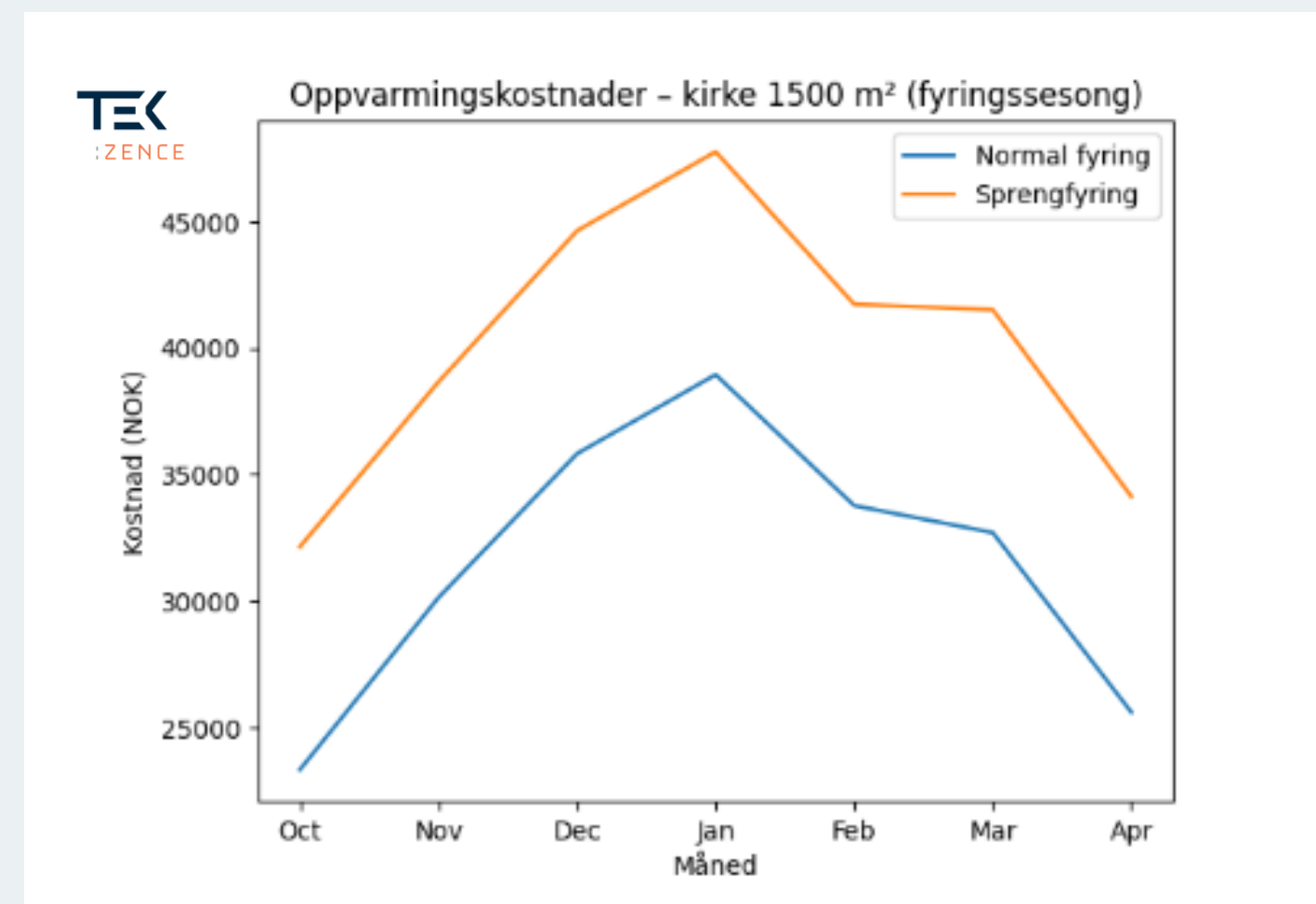
➔ **≈ 100 000 kr mer per år bare i oppvarming**

Årsak:

Murverket må varmes opp på nytt hver gang temperaturen senkes.

Langtidsskader på materialer, ved sprengfyring

Så kommer kostnaddene med følgeskadene

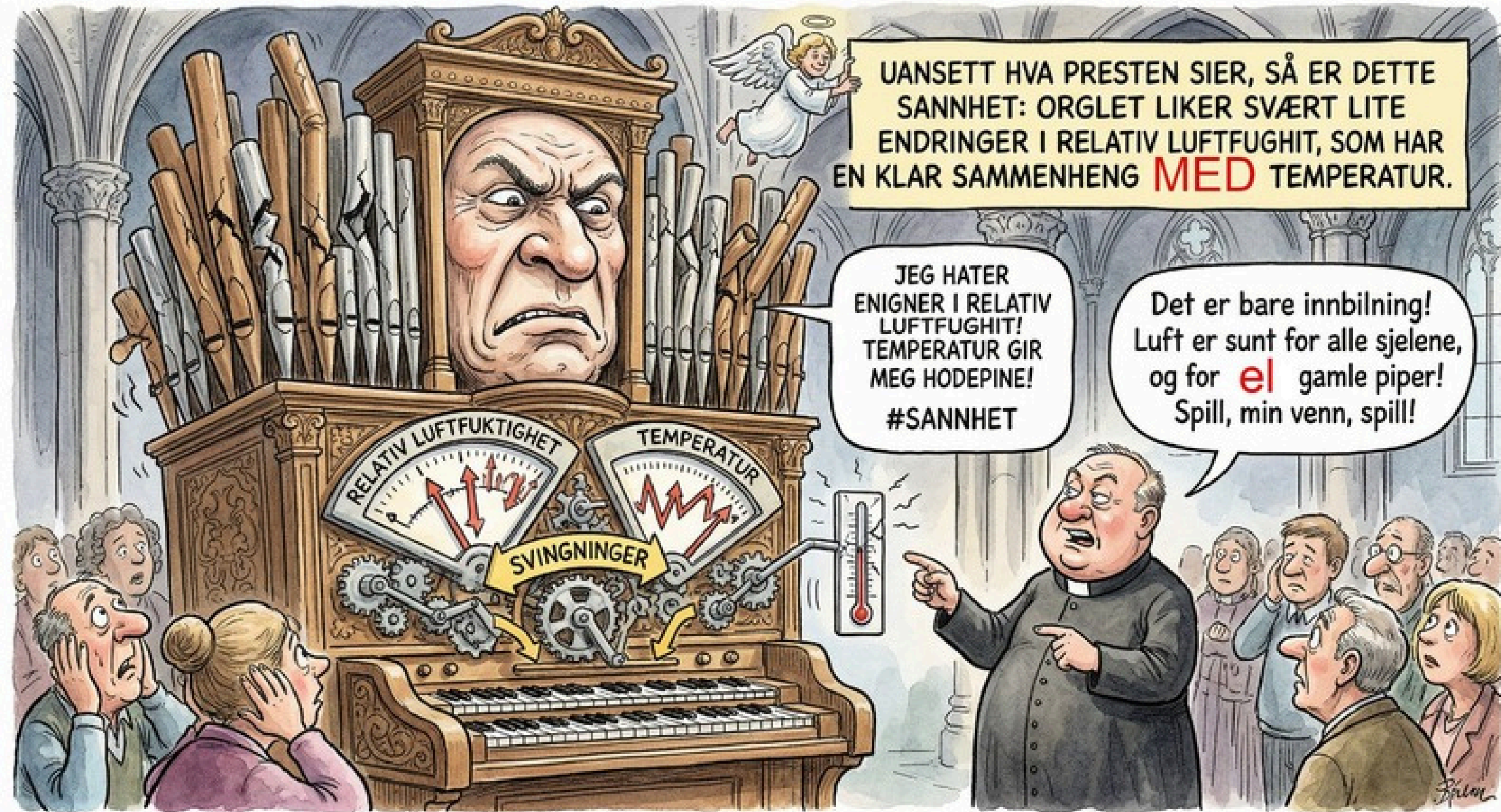


kirkeorgelet

er svært følsomt for endringer i relativ luftfuktighet, som igjen henger tett sammen med temperatur.

Små endringer i temperatur gir store utslag i relativ fuktighet
Ustabil klima påvirker treverk, lim og mekanikk
Stemning og funksjon kan endres raskt

Orgelet trenger et stabilt inneklima – ikke nødvendigvis varmt, men jevnt



Når temperaturen synker 1 °C
øker RF med ca. 5–6 %

TEK-Zence tips som vil forbedre oppvarming og bygget



Tør luft varmes hurtigere en våtluft

Start oppvarming tidlig og gradvis

Maks 1–2 °C per time

Mål kontinuerlig RH og temperatur, ideelt nivå: 40–60 % RH

Bruk benkevarme / soner, ikke ta utgangspunkt i romtemperatur

Sensorbasert regulering

Unngå manuell “på/av”-drift

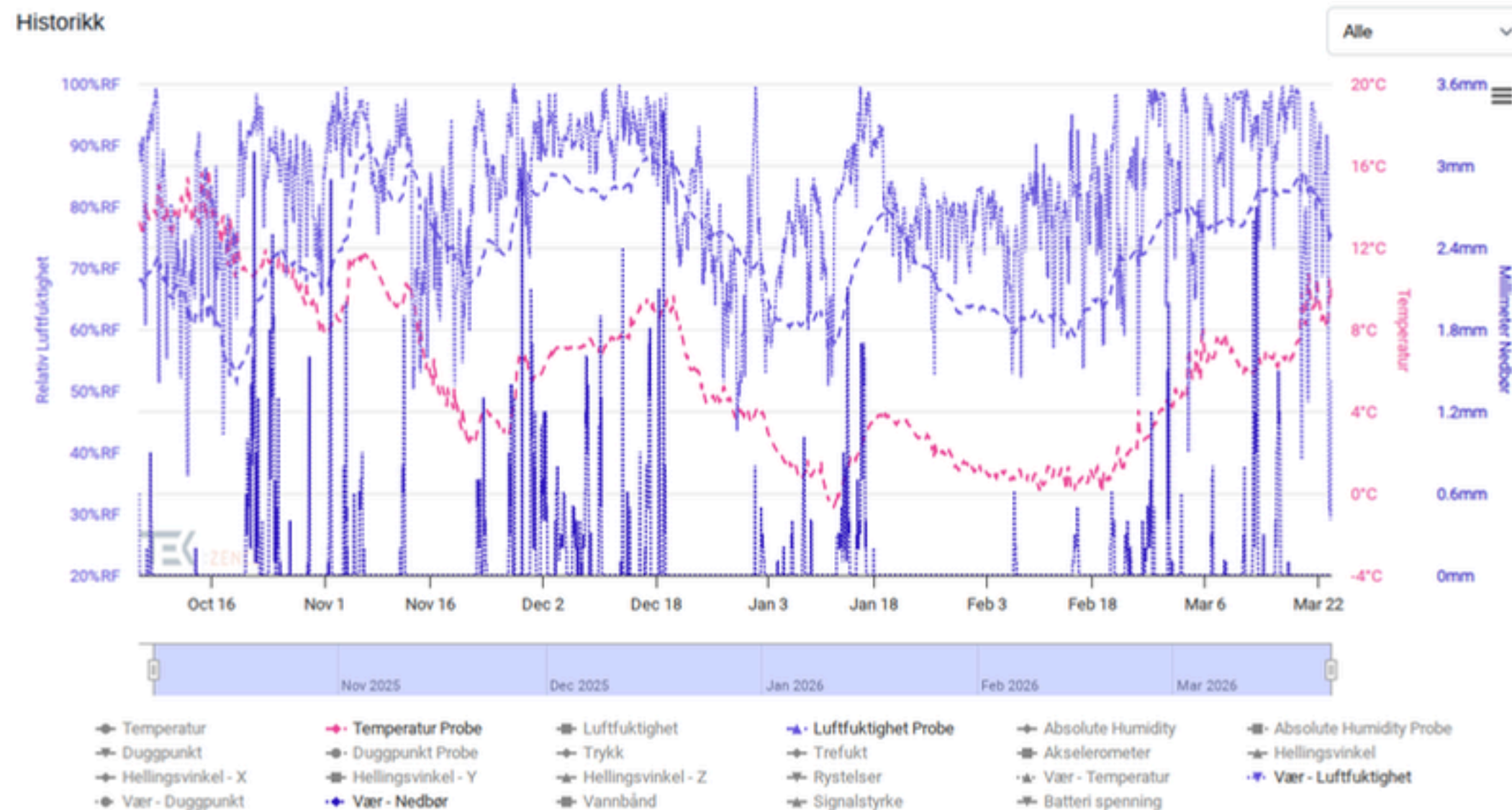
Know it

Vi har også funnet ut med sensorik

Trefoldighetskirken i Oslo

Måleperiode: Oktober - mars 2026

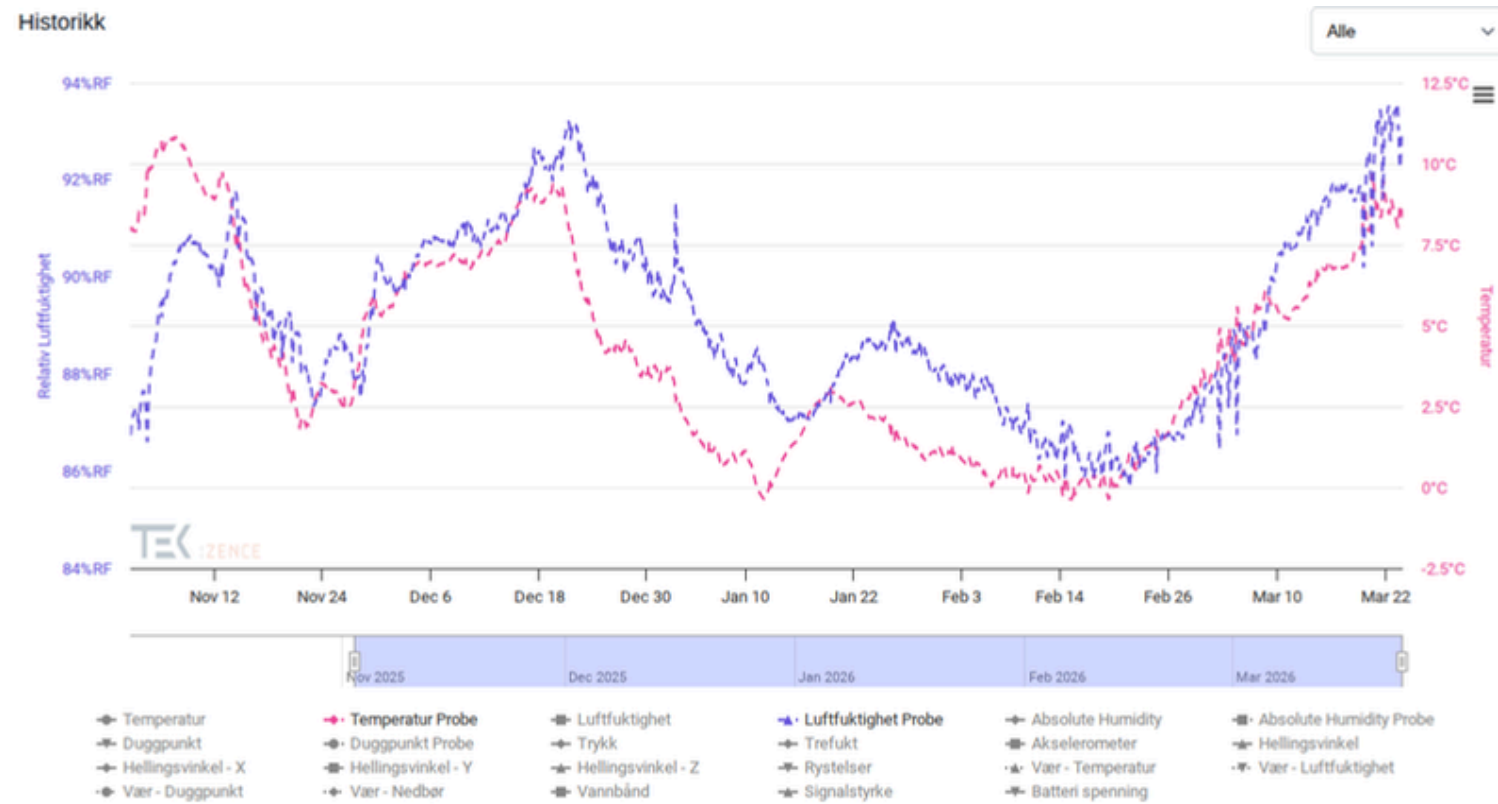
Loft mot Syd, Vest og Nord over vindu opp mot gesims



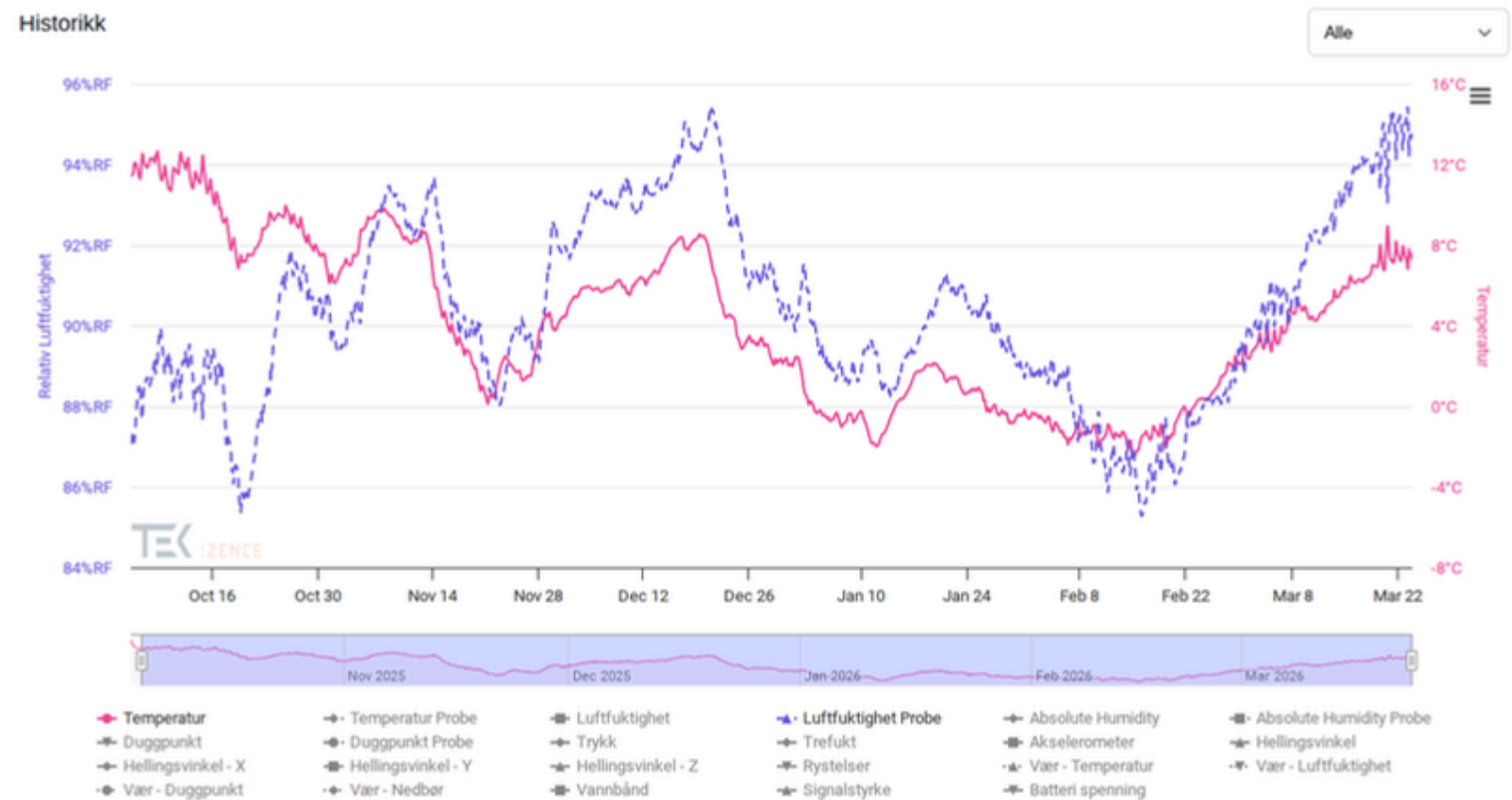
VEGG MOT SYD

Henger sammen med sør

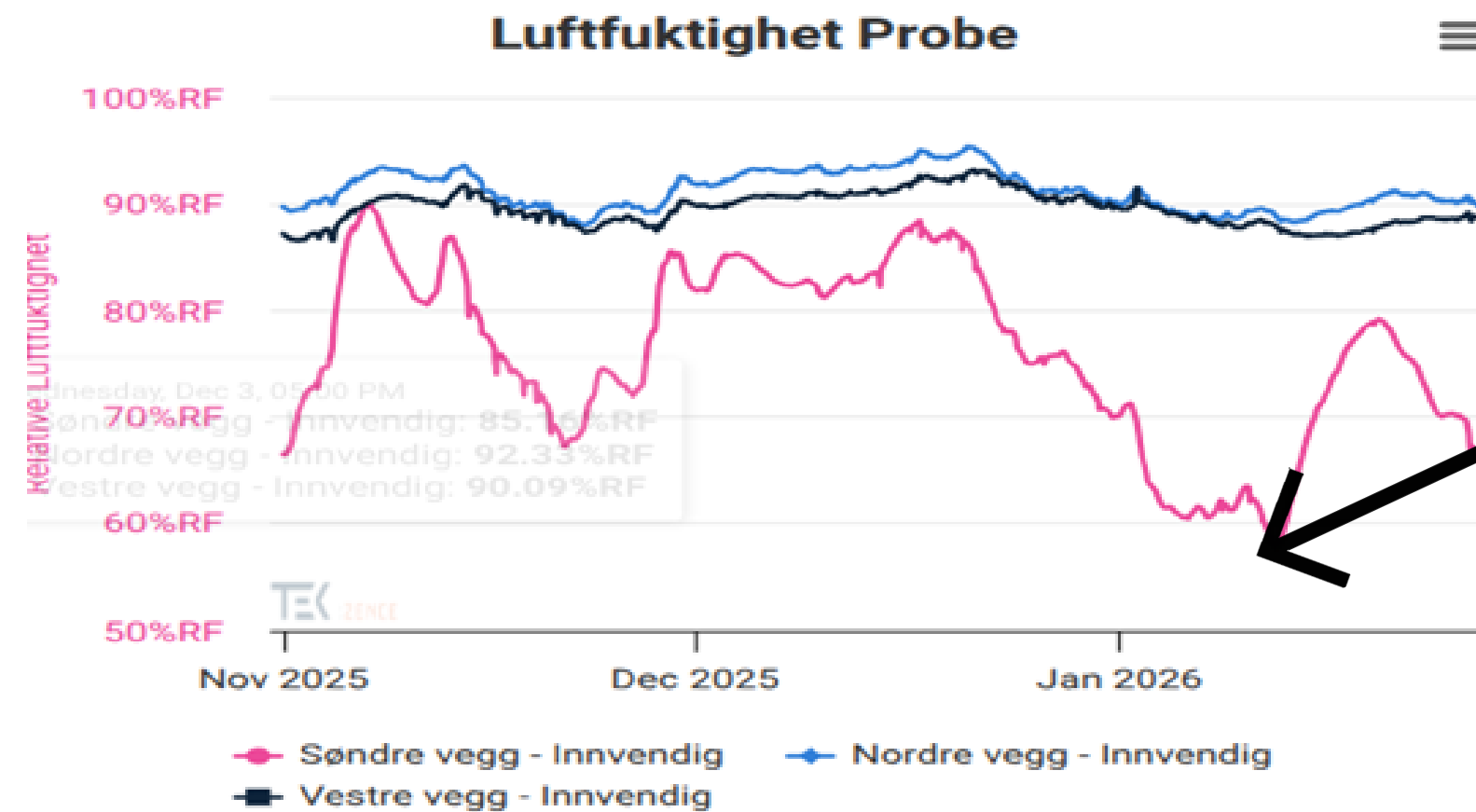
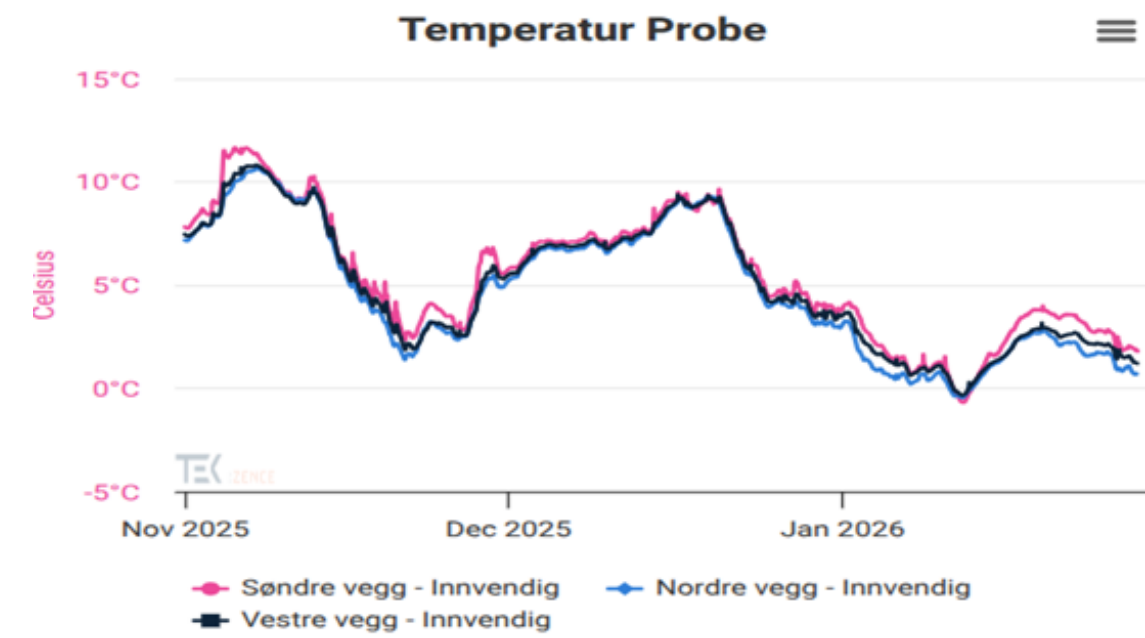
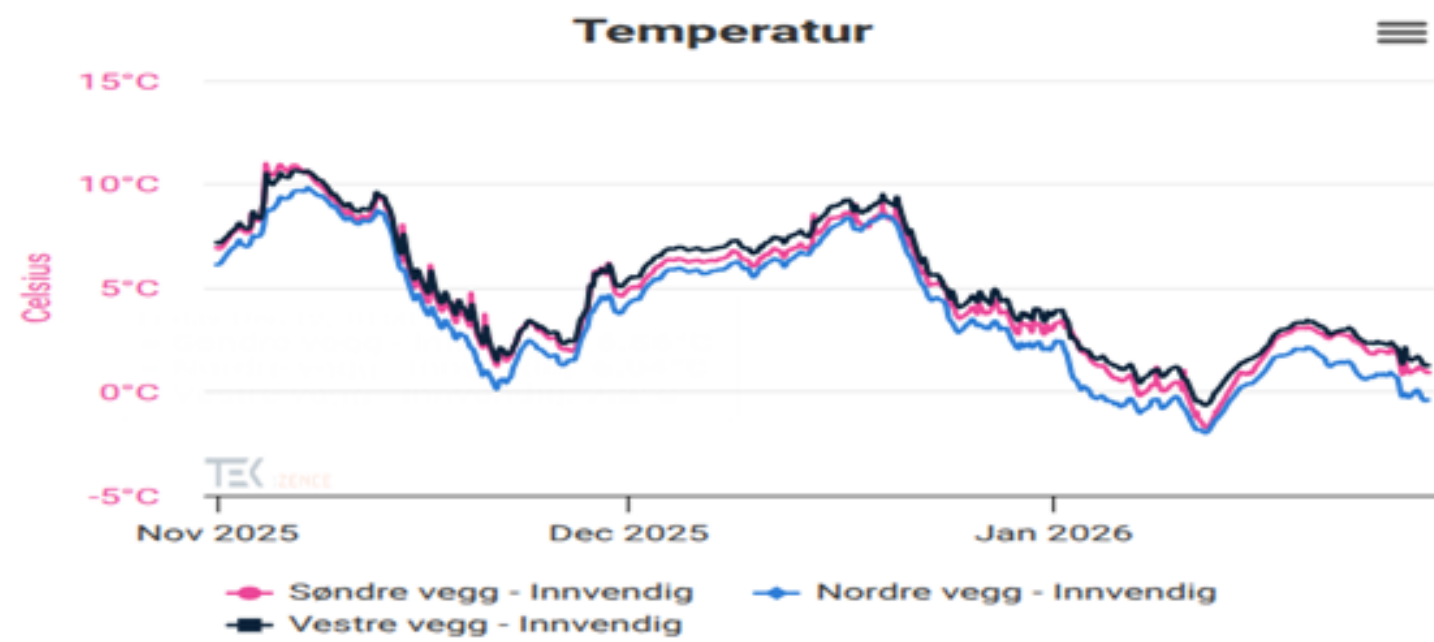
RF i mur



VEGG MOT NORD



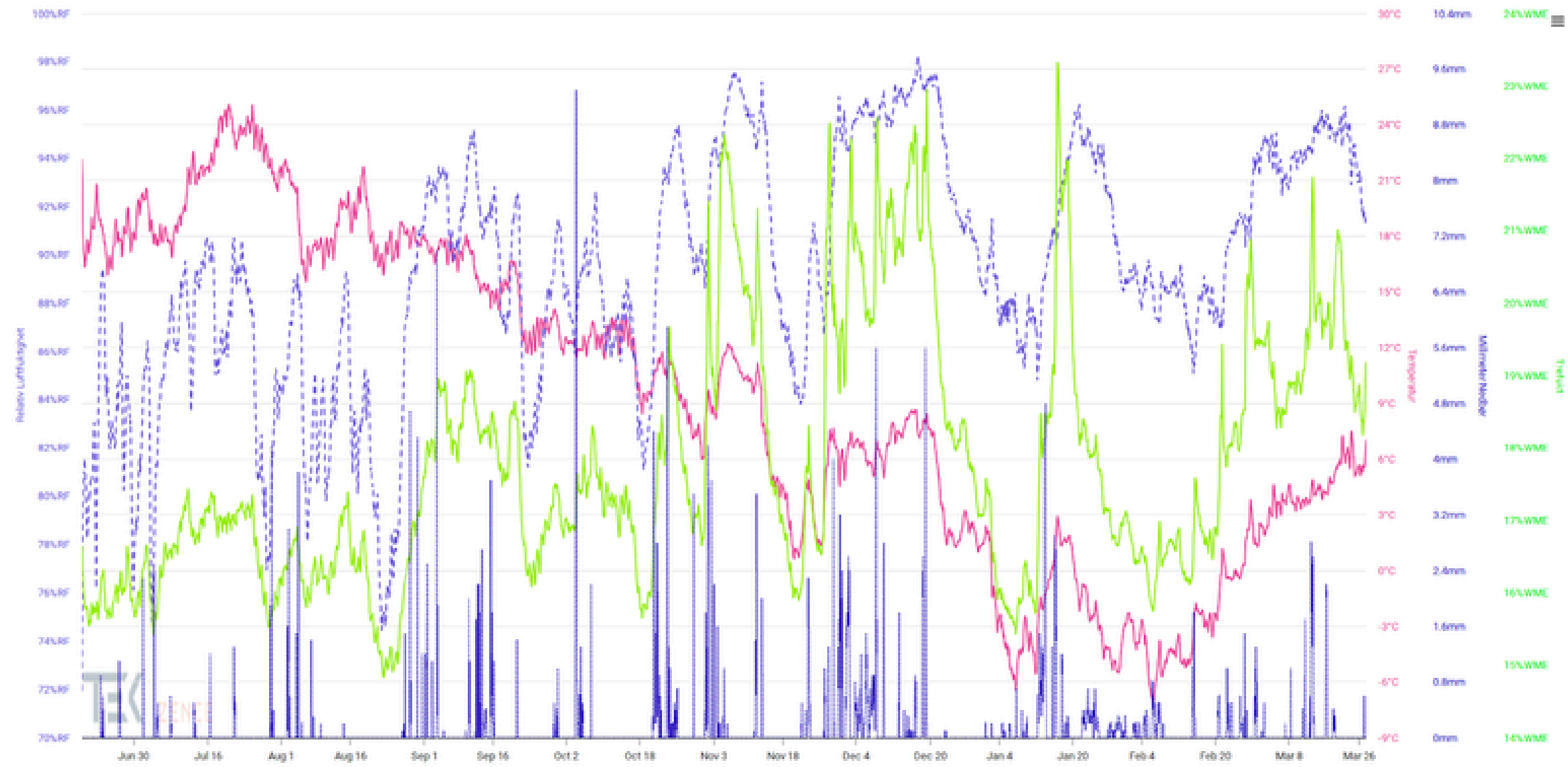
VEGG MOT VEST



Trefoldighetskirken i Arendal

Måleperiode: juni 25 - mars 2026

Hjørnet i skip mot tårn



- + Temperatur
- + Temperatur Probe
- + Luftfuktighet
- + Luftfuktighet Probe
- + Absolute Humidity
- + Absolute Humidity Probe
- + Duggpunkt
- + Duggpunkt Probe
- + Trykk
- + Trefukt
- + Akselerometer
- + Hellingvinkel
- + Hellingvinkel - X
- + Hellingvinkel - Y
- + Hellingvinkel - Z
- + Rystelser
- + Var - Temperatur
- + Var - Luftfuktighet
- + Var - Duggpunkt
- + Var - Nedbør
- + Værbånd
- + Signaletykte
- + Batteri spenning



Feiltolkning av målinger

MÅLEDATA MÅ TOLKES I LYS AV MATERIALER, KLIMA OG KONSTRUKSJON



<p>Materialer påvirker målinger Tegl, puss og betong oppfører seg ulikt</p> <p>Fukt og temperatur tolkes forskjellig i ulike materialer</p> <p>Samme verdi \neq samme tilstand</p>	<p>Salter og tilslag kan gi feil bilde Salter binder og flytter fukt</p> <p>Påvirker målt relativ fuktighet Kan gi “falske” høye eller lave verdier</p> <p>Risiko for feiltolkning av skadeomfang</p>
<p>Betong er ikke én ting</p> <p>Ulike typer betong (gammel / ny / tilslag)</p> <p>Forskjellig porøsitet og fuktopptak</p> <p>Sensorer reagerer ulikt</p> <p>Viktig å vite hva man måler i</p>	<p>Klassisk feil</p> <p>Tolker måledata uten materialkunnskap</p> <p>Sammenligner bygg som ikke er like</p> <p>Trekker konklusjoner for tidlig</p>

Riktige data + riktig forståelse = riktige beslutninger
→ **Sensorikk må alltid sees i sammenheng med material og konstruksjon**

OPPSUMME RING (oss)

1

INGEN ENKEL LØSNING – BYGGFORVALTNING ER KOMPLEKST

2

BYGG OPPFØRER SEG ULIKT AVHENING AV FORHOLD

3

KREVER KONTINUERLIG DATA OG LANGSIKTIG ANALYSE

4

TEK-ZENCE BRUKER SENSORER FOR BEDRE INNSIKT


5

OVERFLATESJEKK ER IKKE NOK – MÅ FORSTÅ ÅRSAKER

6

DATA GIR BEDRE BESLUTNINGER OVER TID

ANBEFALINGER

 TEK ZENCE	Grunnvarme	Ved bruk	Fukt/RH
Håndlaget tegl	≈12–14°C	19°C med rolig oppvarming	Hold vegger varme for å unngå kondens
Maskinlaget tegl	≈12–14°C	19°C med moderat oppvarming	Overflatekondens → fuktfordeling
Stavkirker/tre	≈8–12°C	≤18°C; varsom økning	RH 45–60 %, små variasjoner

1 Jevn grunnvarme og langsom oppvarming reduserer energibruk og fuktskader

2 Unngå store temperaturhopp – de gir dugg, saltvandring og sprekker

3 Styr etter relativ fuktighet: stabil 45–60 % for tre, vegger og inventar

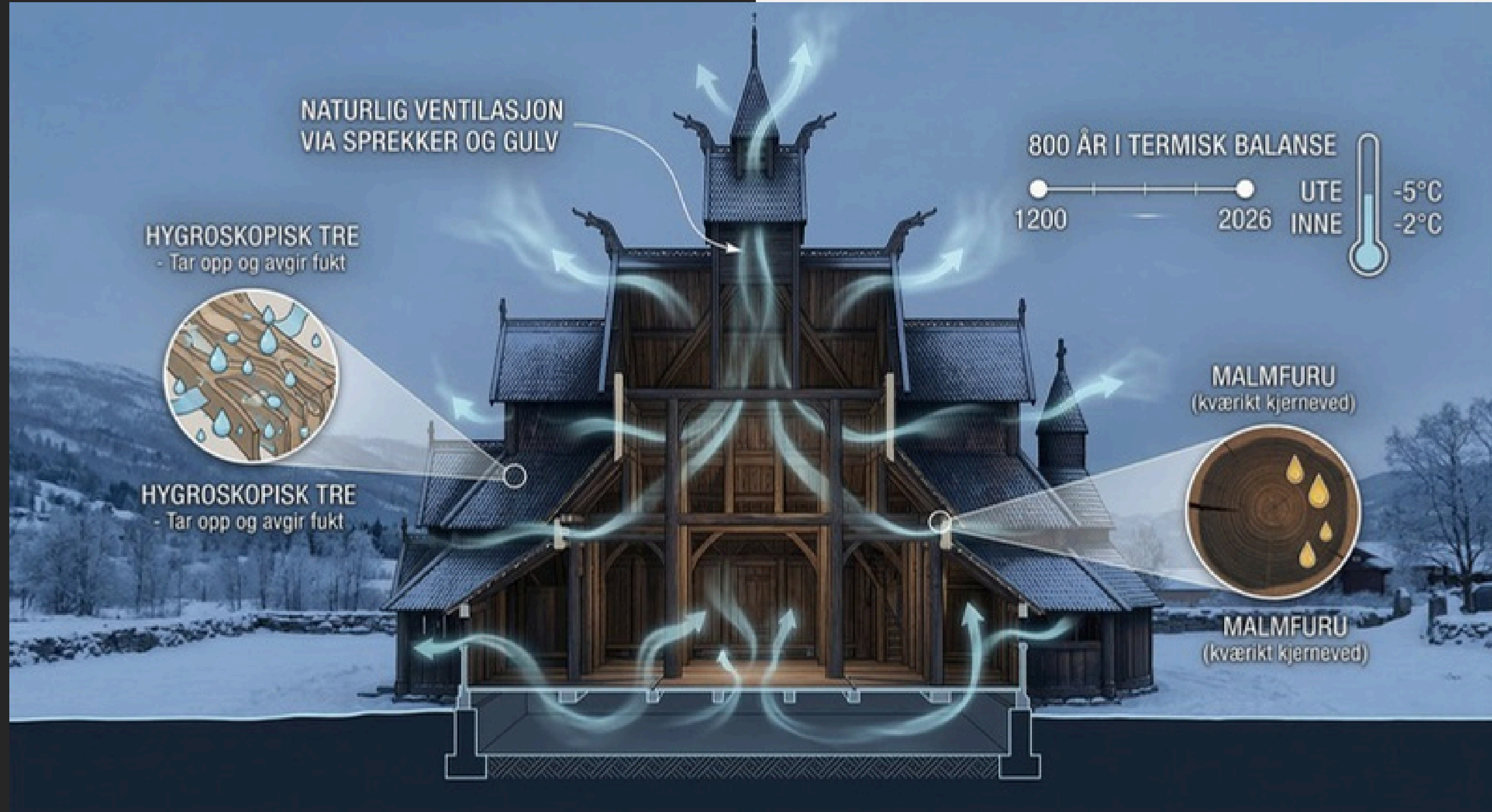
OGSÅ SVAR PÅ SPØRSMÅLET

To spørsmål – én retning:

Riktig beslutning krever målinger

Sensorikk gir deg ofte fasiten





Fakta om stavkirker: Treverk, klima og naturlig ventilasjon

Kald luft = Tørr luft: Når uteluft på vinteren (f.eks. -5 °C) varmes opp til 19 °C, stuper den relative fuktigheten (RF) dramatisk (ofte under 20 %).

Ekstrem krymping: Treverket tørker ut i rekordfart.

Strukturelle skader: Staver, sviller og planker krymper og sprekker. Treplugger løsner, og hele bygget kan miste stabilitet.

Inventar ødelegges: Gammel maling, altertavler og trefigurer flasser og sprekker opp.

Riksantikvarens fasit: Stavkirkene bør ideelt sett være kalde ("kald kirke"). Må de varmes, tillates kun strengt kontrollert lunk, aldri sprengfyring.