

Ksandr Live XL 2025



ksandr

Het collectieve brein voor de instandhouding
van het Nederlandse elektriciteitsnet.

Circulaire Energie Economie (CEE)

Stuurgroep: Netbeheerders, Invest-NL en Fedet (markt)

CEE Urgentie



- Milieu impact en maatschappelijke kosten
- Grondstof-beschikbaarheid en betaalbaarheid (security of supply)
- Maakbaarheid

CEE Ambitie



40-50% reductie van nieuwe (virgin) materialen in 2030 (tov 2014)
In lijn met beleid van Nederlandse overheid

- **Focus op circulaire inkoop, méér herinzet en levensduurverlenging**



Ondertekening CEE rapport - Ksandr Live 2024



Topic overzicht: 3 circulaire sprints per jaar

Gerichte ketendialogen met NB's, markt en overheid, getrokken door 1 netbeheerder

2024

alliander

- Upgraden vermogenstransformatoren

ENEXIS

- Recycled plastic in kabelmantels: 50% rPE

gasunie

- Groen en circulair staal in HD gasbuizen

2025

STEDIN

- Recyclaat aluminium in MS kabels

ENEXIS

- Biobased plastic gasbuizen

alliander

- Transformatorstaal



CEE zet na elke sprint gerichte vervolgacties in gang om bottlenecks weg te nemen en kansen te benutten

1. CEE neemt in weging van onderwerpen mee of deze in potentie direct bijdragen aan het versnellen van netuitbreiding, kostenbesparing of het verlichten van netcongestie

Deelnemers aan deze sprint: Upgrade Trafo

(maart 2024, Liander Duiven)

Government, Investors 

INVESTNL

Grid Operators 

alliander

 **Tennet**

STEDIN^{NET}

gasunie

Asset Manufacturers 

 **TIRONI**
power transformers

Suppliers 

NYNAS

Research partners & implementation providers
Upgrade / Refurbish, Reuse, Recycling 


FLUX
Transformer
Services


DNV

Laborelec
RESEARCH & INNOVATION

Filmpje Upgrade Trafo





dep.nl

EcoBoost Vermogenstransformator

15-9-2025

Rory Leigh | Consultant Elektrotechniek | Duurzaam Energie Perspectief

Situatie

Vanwege de energietransitie wordt op veel locaties netverzwaring gerealiseerd. De vrijgekomen vermogenstransformatoren worden ingezet op locaties met capaciteits- en/of kwaliteitsissues of worden opgenomen in de reservestelling.

Complicatie

Vanwege conditie en/of ontoereikende capaciteit (i.r.t. de huidige modulaire standaard) komt het overgrote deel van de vrijgekomen vermogenstransformatoren in aanmerking om afgevoerd (verkocht of verschroot) te worden.

Boodschap

Het doel is om te onderzoeken wat de (on)mogelijkheden zijn om de populatie afgeschreven transformatoren te hergebruiken en/of op te waarderen richting de huidige modulaire standaarden. ***Use it or lose it...***

Resultaat

Er is een Proof of Concept uitgevoerd aan een jonge (nog nooit gebruikte!) vermogenstransformator uit de reservestelling; 50/10 kV 24/30 MVA ONAN/ONAF.

Het koelsysteem is gemodificeerd en verbeterd d.m.v. extra ventilatorcapaciteit en een innovatieve olie. De nominale rating is opgewaardeerd tot **125%**, overeenkomstig met **37,5 MVA**.

Er is een Proof of Concept uitgevoerd aan een jonge (nog nooit gebruikte!)
vermogenstransformator uit de reservestelling

50/10 kV 24/30 MVA ONAN/ONAF



Het koelsysteem is gemodificeerd en opgewaardeerd d.m.v. extra ventilatorcapaciteit en een innovatieve olie.



De externe warmteafgifte én interne temperatuurhuishouding is verbeterd

Het originele ontwerp van de transformator kent een vermogensrating van 24/30 MVA ONAN/ONAF. De algehele temperatuurhuishouding is verbeterd in twee stappen:

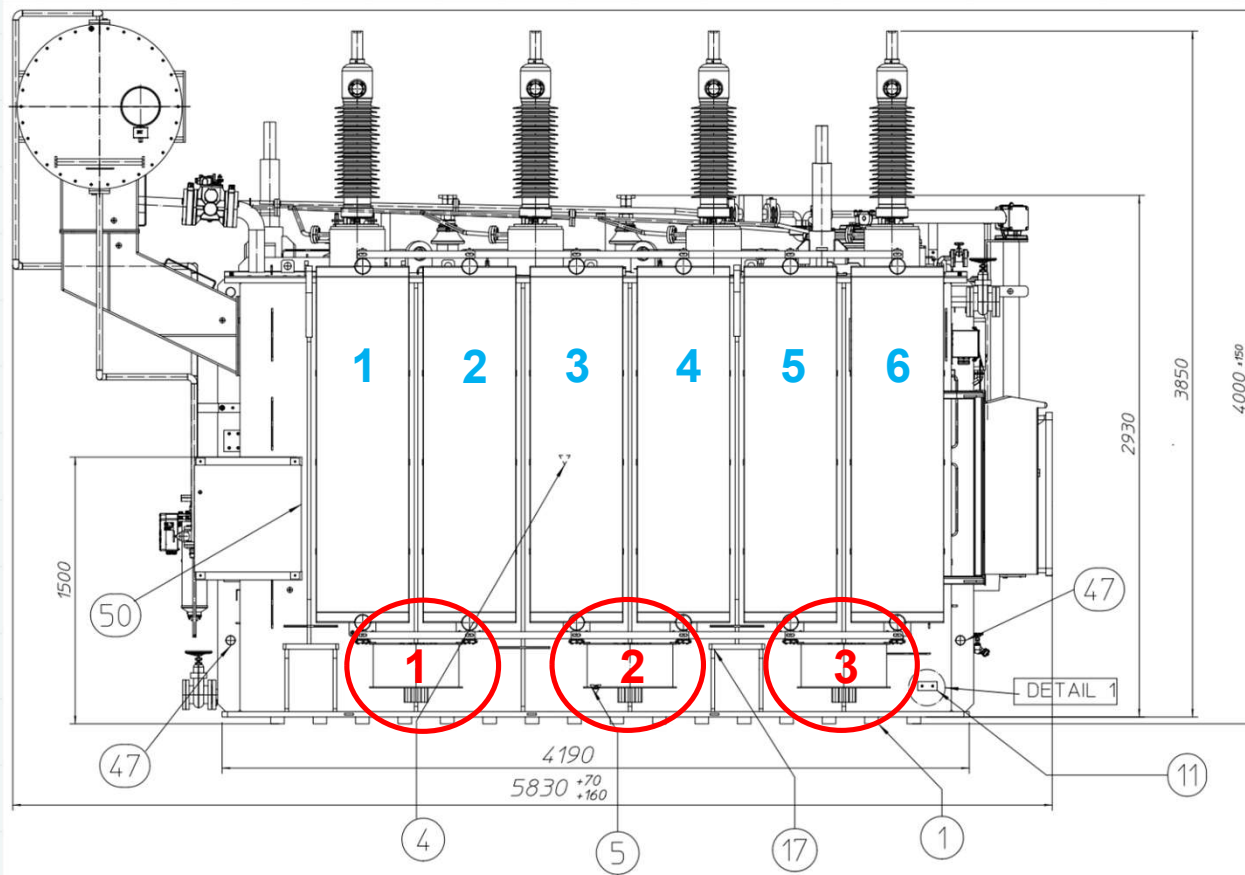
1. De ventilatorcapaciteit is verdubbeld. De verwachte impact is een toename van 10% in de nominale belastbaarheid van de transformator;
 - **30 → ~ 33 MVA ONAF+ ⁽¹⁾**
2. De standaard toegepaste isolatieolie is vervangen door een super high-grade bio-based en biodegradeerbare isolatieolie met een lage(re) viscositeit en hoge(re) warmteoverdrachtcapaciteit (Nynas BIO 300X). De verwachte impact is een extra toename van 10% in de nominale belastbaarheid van de transformator;
 - **33 → ~ 36 MVA ONAF++ ⁽²⁾**

⁽¹⁾ Op basis van inschatting OEM.

⁽²⁾ Op basis van inschatting Nynas. OEM heeft nog geen ervaring opgedaan met Nynas BIO300X.

1. De ventilatorcapaciteit is verdubbeld. De verwachte impact is een toename van 10% in de belastbaarheid van de transformator

30 → ~ 33 MVA ONAF+



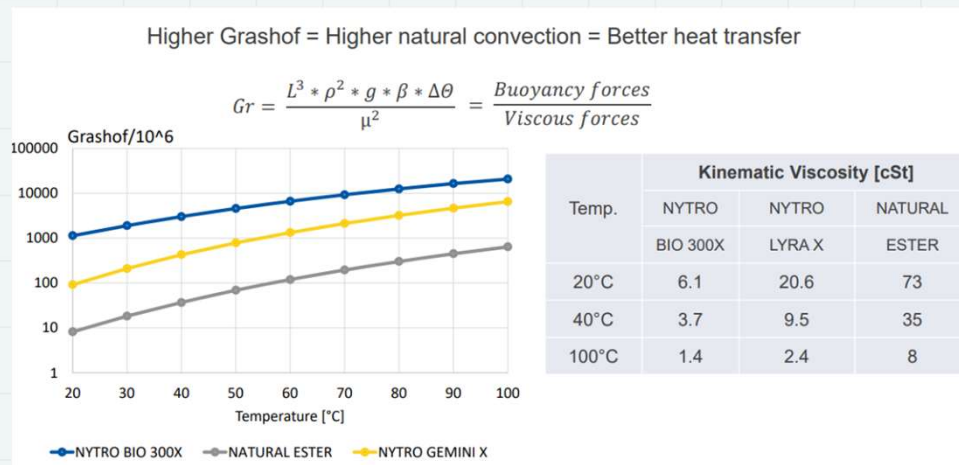
2. De standaard isolatieolie is vervangen door Nynas BIO 300X. De verwachte impact is een extra toename van 10% in de belastbaarheid van de transformator

33 → ~ 36 MVA ONAF++

Nynas BIO 300X is een super high-grade bio-based én biodegradeerbare isolatieolie met specifieke thermische kenmerken ten opzichte van standaard minerale isolatie.

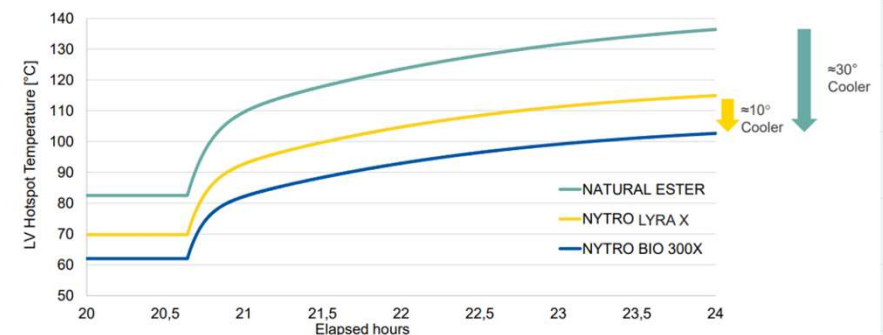
- **Zeer lage viscositeit; dit leidt tot een betere oliestroming door de transformator**
- **Hoge warmteoverdrachtcapaciteit; dit leidt tot een betere warmteoverdracht en -afgifte.**

Deze eigenschappen hebben een verlaging van de temperatuurhuishouding onder gelijke condities tot gevolg. Ofwel een hogere continue belastbaarheid van de transformator met dezelfde temperatuurhuishouding. De verwachting is dat tevens het effect van (extra) geforceerde ventilatie wordt versterkt.



Thermal Simulation – Overload Scenario

Simulated Hotspot temperature - Step change from 100% to 150% load – 250MVA Power Transformer



Middels een uitgebreid testplan is stapsgewijs de impact van de modificaties op de temperatuurhuishouding en de belastbaarheid van de transformator inzichtelijk gemaakt.

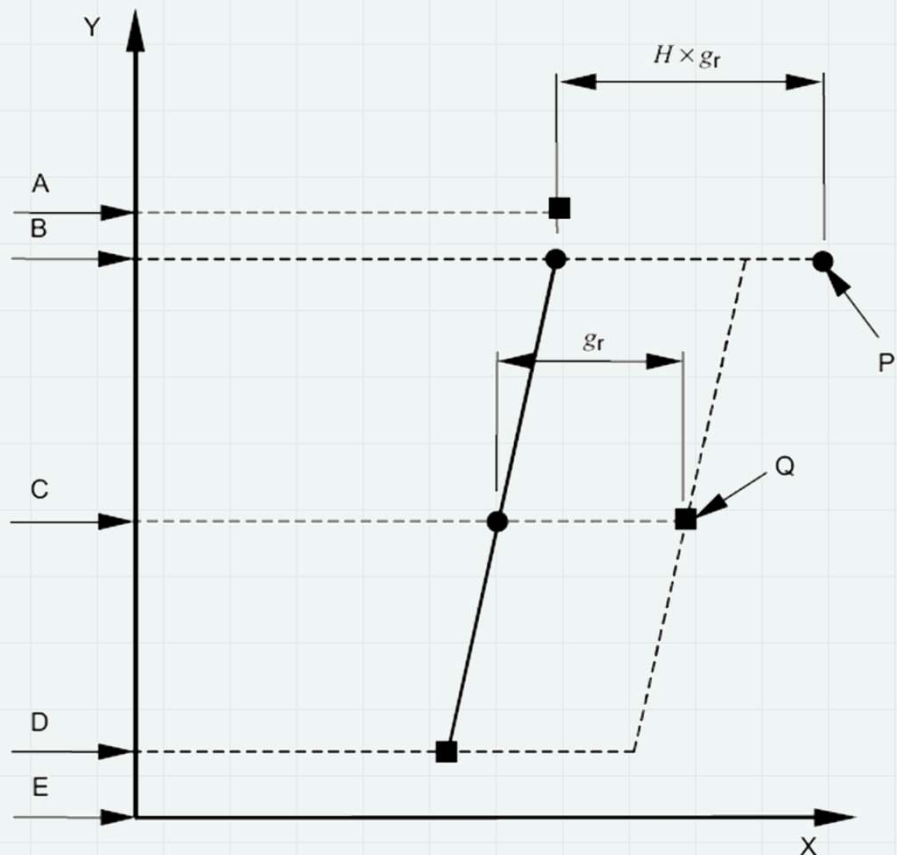
Modificatie en testsequentie

1. ONAN1/ONAF1; originele FAT verwarmingsproef uit 2021 wordt gebruikt als referentie.
2. Modificatie 1; ventilatorcapaciteit verdubbeld van 6 naar 12 stuks.
3. ONAF2; verwarmingsproef bij 100% nominale rating (@ 30 MVA) met originele olie en geforceerde koeling met 12 ventilatoren
4. Modificatie 2; vervangen originele isolatieolie door Nynas BIO 300X.
5. ONAN2; verwarmingsproef bij 100% nominale rating (@ 24 MA) met natuurlijke koeling.
6. ONAF3; verwarmingsproef achtereenvolgens bij 130, 100 én 80% nominale rating (@ 39/30/24 MVA) met geforceerde koeling.

Inzicht in de temperatuurhuishouding wordt verkregen door middel van real-time (top)olie- en glasvezel hotspottemperatuurmeting + wikkelingweerstand-afkoelcurve afgeleide steady-state gemiddelde wikkelingstemperatuur.

Het thermisch equivalent diagram van een transformator

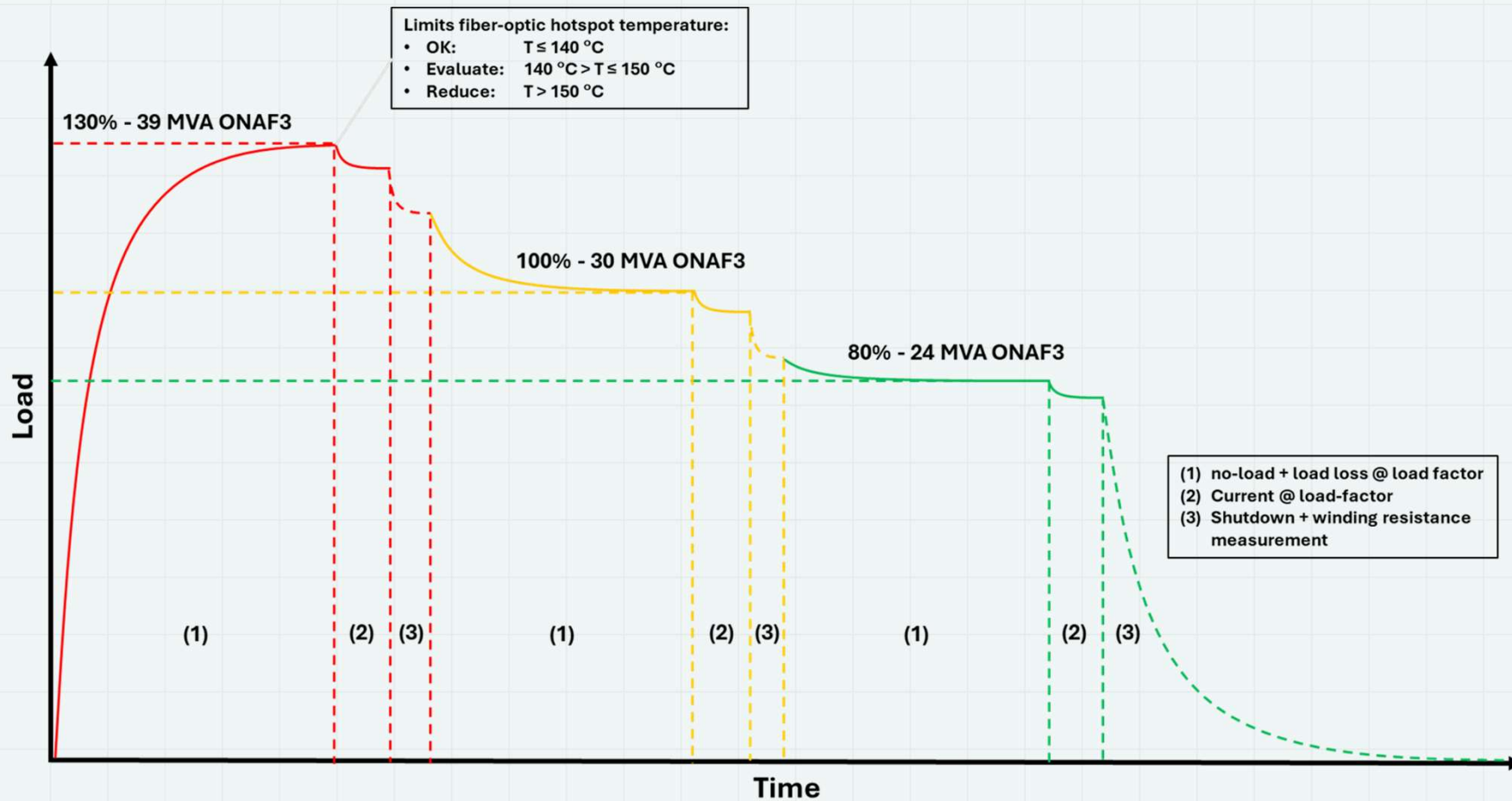
Even héél platgeslagen....



- Meting
- Calculatie
- X Temperatuur
- Y Hoogte
- A Topolie temperatuur
- B Olie uitstroom wikkelingen
- C Gemiddelde olietemperatuur
- D Olie instroom wikkelingen
- E Bodem tank
- H Hotspotfactor
- gr Wikkeling-olie gradiënt
- P Hotspot temperatuur
- Q Gemiddelde wikkelingstemperatuur

Uitvoering verwarmingsproef bij 130/100/80% van de nominale rating

Extended heatrun in reverse



De belangrijkste meetresultaten vergeleken

De top-olie, gradiënt én hot-spot nemen significant af

Top-olie	24 MVA ONAN2 (olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	55,4/54,9 = -0,5 K
30 MVA ONAF1 (origineel)	-
Gradiënt _{gem}	24 MVA ONAN2 (olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	15,3/11,4 = -3,9 K
30 MVA ONAF1 (origineel)	-
Hotspot _{gem} (berekend)	24 MVA ONAN2 (olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	72,2/67,4 = -4,8 K
30 MVA ONAF1 (origineel)	-
Hotspot _{gem} (gemeten fo)	24 MVA ONAN2 (olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	68,6/59,6 = -9,0 K
30 MVA ONAF1 (origineel)	-

De belangrijkste meetresultaten vergeleken

De top-olie, gradiënt én hot-spot nemen significant af

Top-olie	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)
24 MVA ONAN1 (origineel)	55,4/54,9 = -0,5 K	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	51,6/51,4 = -0.2 K
Gradiënt _{gem}	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)
24 MVA ONAN1 (origineel)	15,3/11,4 = -3,9 K	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	17,0/17,8 = +0,8 K
Hotspot _{gem} (berekend)	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)
24 MVA ONAN1 (origineel)	72,2/67,4 = -4,8 K	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	70,2/71,0 = +0,8 K
Hotspot _{gem} (gemeten fo)	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)
24 MVA ONAN1 (origineel)	68,6/59,6 = -9,0 K	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	68,6/57,7 = -10,9 K

De belangrijkste meetresultaten vergeleken

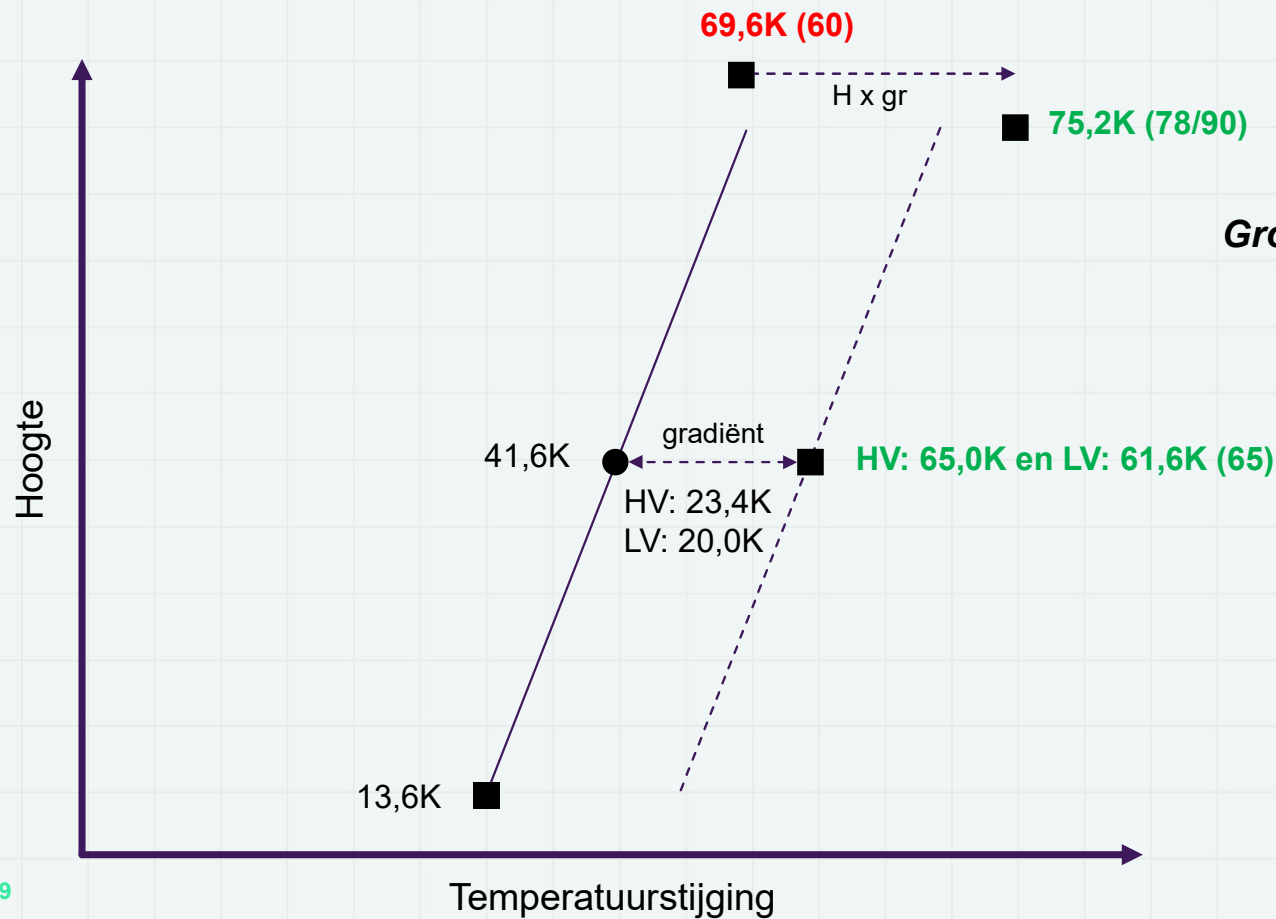
De top-olie, gradiënt én hot-spot nemen significant af



Top-olie	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)	30 MVA ONAF3 (fans + olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	55,4/54,9 = -0,5 K	-	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	51,6/51,4 = -0.2 K	51,6/48,4 = -3,2 K
Gradiënt _{gem}	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)	30 MVA ONAF3 (fans + olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	15,3/11,4 = -3,9 K	-	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	17,0/17,8 = +0,8 K	17,0/13,9 = -3,1 K
Hotspot _{gem} (berekend)	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)	30 MVA ONAF3 (fans + olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	72,2/67,4 = -4,8 K	-	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	70,2/71,0 = +0,8 K	70,2/63,7 = -6,5 K
Hotspot _{gem} (gemeten fo)	24 MVA ONAN2 (olie)	30 MVA ONAF2 (fans)	30 MVA ONAF3 (fans + olie)
24 MVA ONAN1 (origineel)	68,6/59,6 = -9,0 K	-	-
30 MVA ONAF1 (origineel)	-	68,6/57,7 = -10,9 K	68,6/51,2 = -17,4 K
Marge voor upgrade			

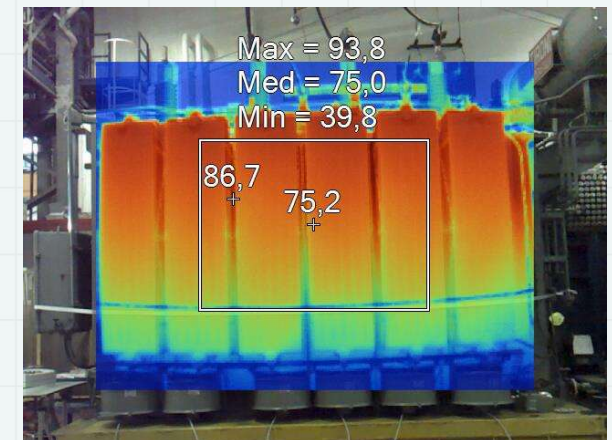
Extended heatrun @ 39 MVA (130%)

Waar het allemaal om te doen is...



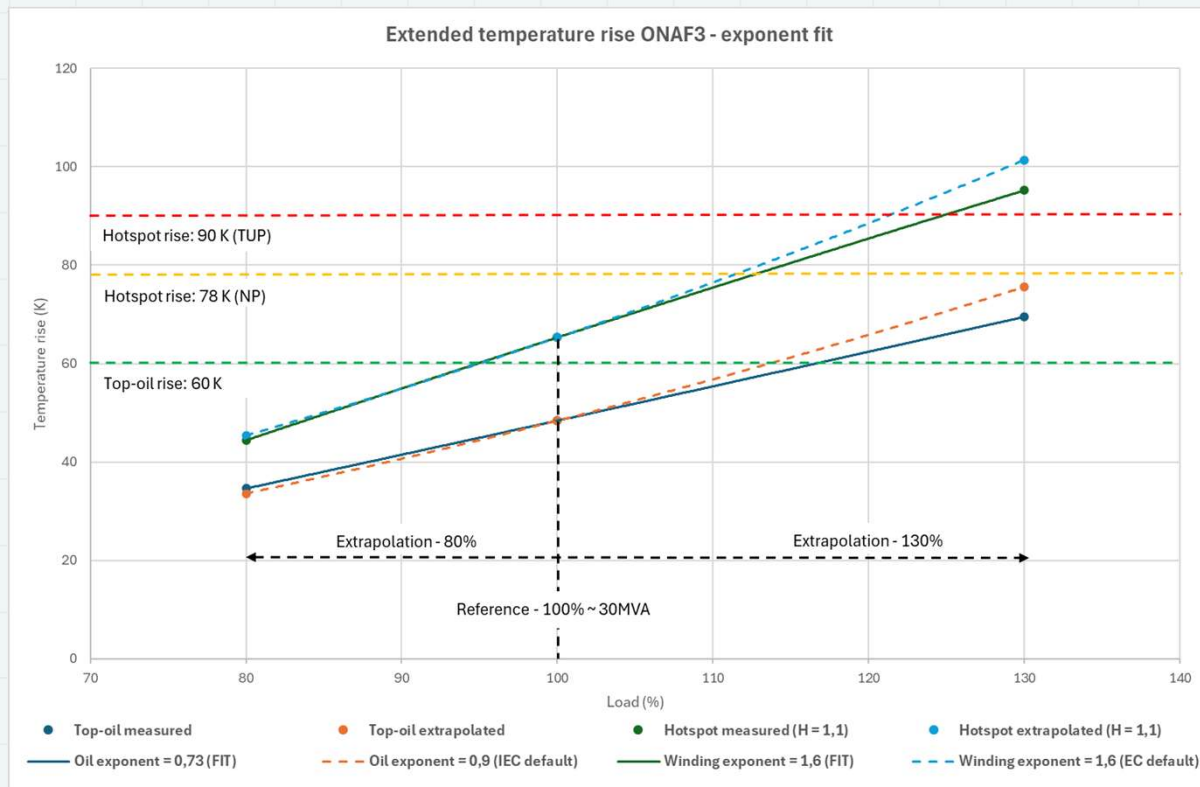
$$\Delta T_{\text{hotspot}} = \Delta T_{\text{topolie}} + (H \times \text{gr})$$
$$69,6 + (1,1 \times 23,4) = \mathbf{95K}$$

**Grote discrepantie tussen gemeten en
gecalculeerde hotspot!**



Opschaalmethode

De belastingafhankelijke exponenten zijn herijkt gebaseerd op de resultaten van de extended heatrun



$$\Delta T_{top-oil_scaled} = \Delta T_{top-oil_rated} \cdot \left(\frac{1 + K^2 \cdot R}{1 + R} \right)^x$$

$$\Delta T_{hotspot_scaled} = \Delta T_{top-oil_scaled} + H \cdot gradient_{rated} \cdot K^y$$

Olie exponent:

- $x = 0,9$ (IEC default)
- **$x = 0,73$** (gebaseerd op extended heatrun)

Wikkeling exponent:

- $y = 1,6$ (IEC default)
- **$y = 1,6$** (gebaseerd op extended heatrun)

Herwaardering



De transformator kan binnen de IEC limieten opgeschaald worden naar 125% van de nominale rating; overeenkomstig met 37,5 MVA.

	ONAF1 (referentie) [MVA]	ONAF2 (extra fans) [MVA]	ONAF3 (extra fans + olie) [MVA]
1 ^e limiet: normaal papier (78 K)	31,7 (+ 6%)	31,7 (+ 6%)	34,0 (+ 13%)
2 ^e limiet: top-olie (60 K)	32,8 (+ 9%)	32,9 (+ 10%)	35,1 (+ 17%)
3 ^e limiet: thermal upgraded paper (90 K)	34,6 (+ 15%)	34,6 (+ 15%)	37,5 (+ 25%)

Merk op dat:

- De transformator is voorzien van thermisch geüpgraded papier (standaard vanaf circa 2005).
- De top-olie temperatuur met ongeveer 6 K overschreden wordt (deze mag echter conform de Loading Guide 105 °C worden voor normale cyclische bedrijfsvoering).
- De reeds bestaande thermische ruimte in het ontwerp verdisconteerd is.

So far so good...

... hoe nu verder?



Conclusies:

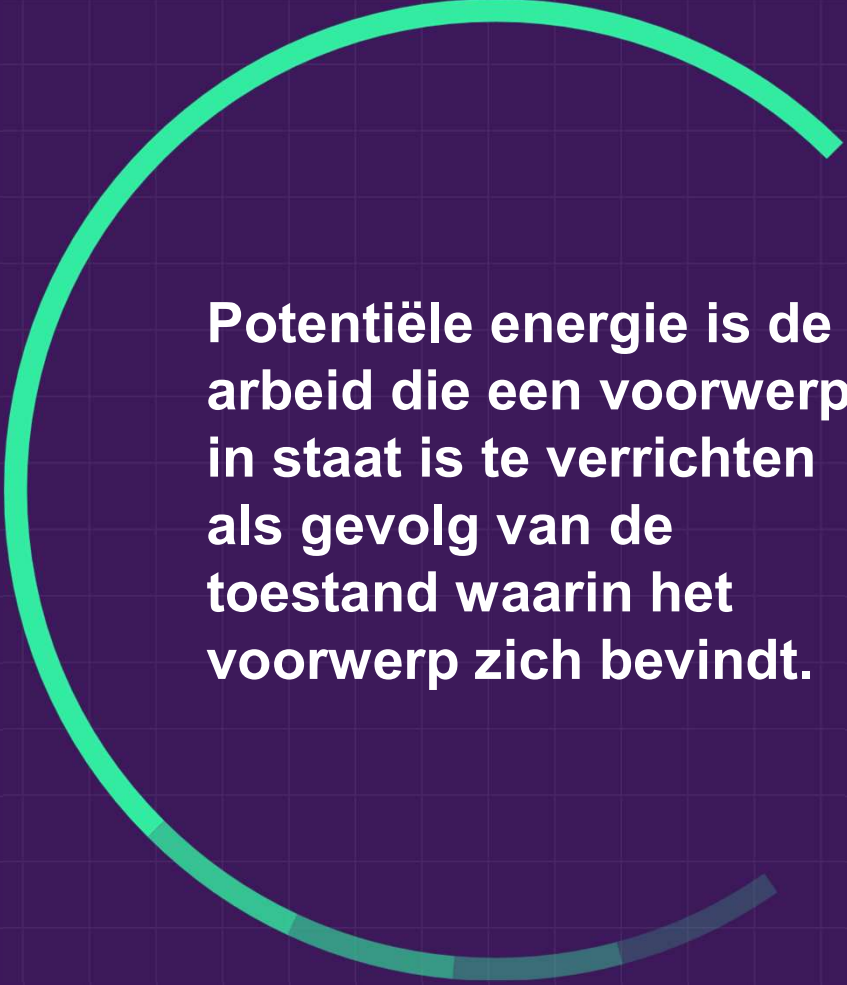
- De transformator is **opgewaardeerd** tot **125%**, overeenkomstig met **37,5 MVA**.
- Positieve discrepantie tussen glasvezel hotspotmeting en –calculatie.
- Kwaliteitsmetingen vertonen geen afwijkingen.
- Aandachtspunten m.b.t. lekkages afdichtingen en smering OLTC.

Impact:

- Generiek toepasbaar op alle vermogenstransformatoren met toereikende conditie en elektrische specificaties.
- Impact op van origine ONAN transformatoren is hoger.
- Met een geringe investering 100-200 kEURO/MVA winst.

Vervolg:

- Expert opinion testresultaten.
- Onafhankelijkheid en draagvlak verhogen.
- Gewoon doen!

A large, thick green arc that forms a semi-circle, framing the text on the left side of the slide.

**Potentiële energie is de
arbeid die een voorwerp
in staat is te verrichten
als gevolg van de
toestand waarin het
voorwerp zich bevindt.**

Stelling 1.

Hoe haalbaar lijkt deze innovatie voor jouw organisatie?

Stelling 2.

Wat heb je (nog) nodig om deze innovatie betrouwbaar en schaalbaar te kunnen realiseren?