



Transzformátorolaj korrozív kén problémája, az eltávolítás nemzetközi tapasztalatai

**Csépes Gusztáv, Diagnostics Kft.
Kerestvey Ladislav, Ekofluid sro, Szlovákia**



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Tartalomjegyzék

- 1. Előzmények, téma alualítása**
- 2. Röviden a korrozív kén problémájáról**
- 3. Olajregenerálás és a korrozív kén eltávolítása**
- 4. Röviden a CIGRE munkabizottságok munkájáról**
- 5. Konklúziók**



Alapvető összefüggések

- **Szolgáltatók célja:** pontosan ismerni kell a trafó állapotát és üzembiztonságát.
- Ehhez pontosan **ismerni kell** az **alapvető romlási** folyamatokat, pontosan kell **diagnosztizálni**,
- **Tudni kell** költséghatékonyan beavatkozni az **élettartam kiterjesztésében**.
- Első lépés az ismeretek bővítése: legfontosabb megállapítás: **A trafó élettartama egyenlő a papírszigetelés élettartamával.**

Rézsulfid (Cu_2S), corrosive sulphur

- **Olaj korróziós termékek lerakódása a papír felületén, távtartók alatt, a rétegek között, stb. különböző eloszlásban és színben.**
- A rézsulfid (Cu_2S) félvezető, nem túl jó, ha jelen van, de jelenléte nem fog feltétlen meghibásodáshoz vezetni, függ a mennyiségtől valamint az elhelyezkedéstől.



Korrozív kén problémája

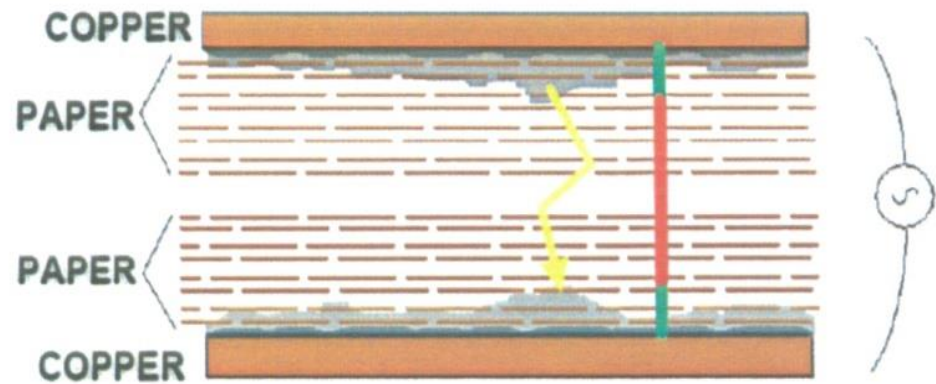
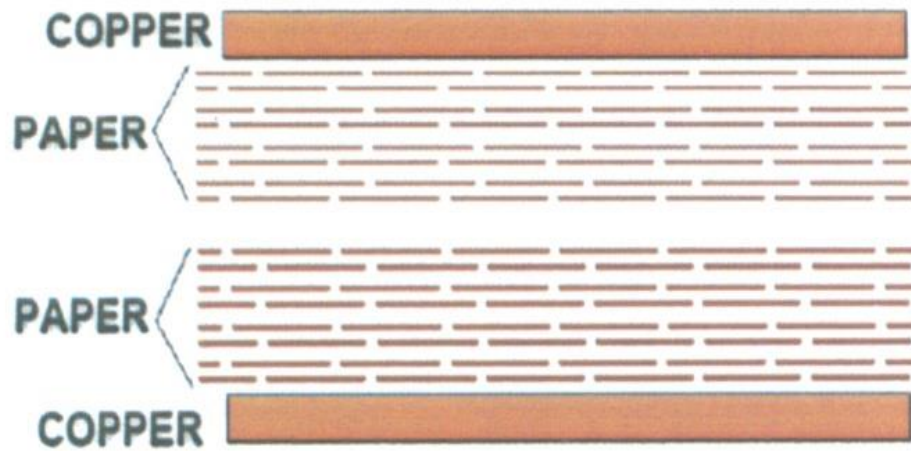


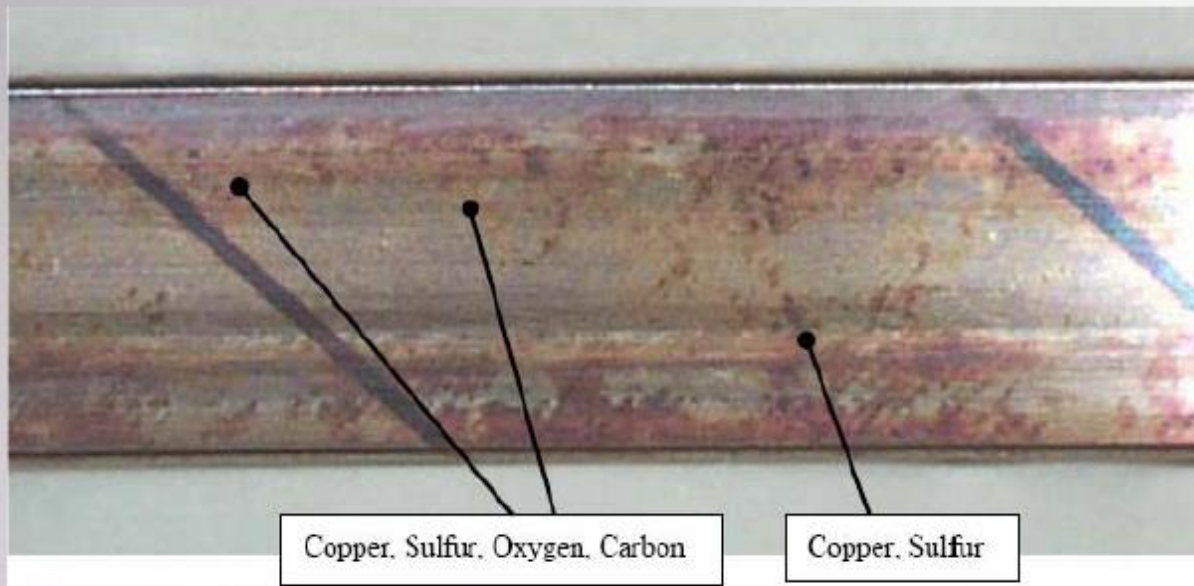
A meghibásodás kialakulásához alapvetően két út vezethet:

-1. Kisebb villamos szilárdságú rézsulfid rétegről rétegre behatol a szigetelésbe, többé-kevésbé impregnálódik vele a papír, végül vezető híd képződik a szigetelésben.



Korrozív kén problémái





Rézsulfid képződés
2. Viszonylag kis mennyiségű rézsulfid veszélyes lehet ha nagy, vagy gyakori tranziens feszültségek fordulnak elő, mert a PD begyújtási feszültsége alacsony lesz, majdnem mindegyik túlfeszültség PD-t hoz létre, egyre hosszabb lesz a kialakási idő, végül nem fog kialudni.

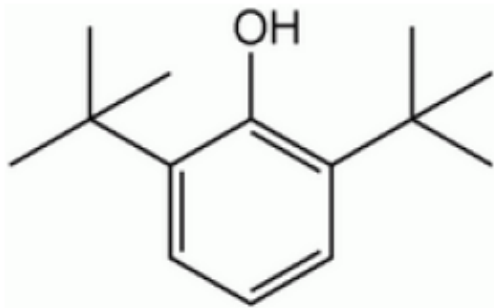


A „korrozív kén” problémája

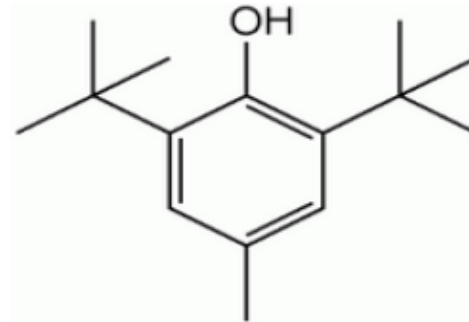
- A „**korrozív kén**” problémája elsőként meleg éghajlatú országokban, nagy terheléssel és ezzel járó magas hőmérsékleten működő, zárt rendszerű (nem lélegzős), bizonyos olajtípusokkal feltöltött söntfojtókon, illetve egyenirányítós transzformátorokon jelentkezett.
- Később a meleg égővi országokon (pl. Brazília, India, Spanyolország, Olaszország) kívül **egyre több, kevésbé meleg helyen** (pl. Kanadában, Dél-Afrikában, Svédországban). regisztráltak meghibásodást, amelyet az olajban lévő korrozív kén jelenlétének tulajdonítottak.
- Alapvető ok: a szintetikus **antioxidáns DBDS-t (dibenzil-diszulfid) használata** néhány száz ppm koncentrációban (20 ppm-nél nagyobb mennyiségű **DBDS** jelenléte az olajban korróziót okoz).
- A kereskedelemben forgalmazott transzformátor olajok többsége ma már inhibítorként **DBPC-t (2,6-di-terc-butil-4metilfenol)** tartalmaz, amely vegyület már nem tartalmaz ként.



Elfogadott antioxidánsok (pl. DBPC)



2,6-Di-tert-butylphenol (DBP)



2,6-Di-tert-butyl-p-cresol (DBPC; BHT)



**Antioxidáns, amely rézsulfid képződést okoz:
Dibenzyl Disulfid (DBDS)**



- A reakció alatt fogyott a DBDS és rézsulfid és az illékony savtartalom meg nem engedett szintre növekedett. Különböző vizsgálati eredményeket értékelve nagyon világosan látható volt, hogy **szoros összefüggés van az olaj DBDS tartalma és a meghibásodások között.**
- A kereskedelemben forgalmazott trafóolajok viszonylag nagy százaléka oxidációt **gátlóként DBPC-t ((dibutyl paracresol or di-tert-butyl-paracresol) tartalmaz.**
- Számos kísérlet alapján megállapítható, hogy a DBPC pirolízises bomlása nem jár elemi kén vagy merkaptán keletkezésével, a **DBPC** adalékként történő használata nem jár rézsulfid képződéssel.



Olajregenerálás

- Regenerálás javítja az olaj állapot jellemzőit (savtartalom, határfelületi feszültség, tg delta, stb.) és eltávolítja a DBDS-t.
- A **trafó** élettartamát a **papír élettartama** határozza meg.
- Korrozív olaj esetén kívánatos a korrozív hatás megszüntetése
- A „korrozív” olaj megtámadja a papírt, drasztikusan csökkenti a trafó élettartamát.

Fuller-földes olajregenerálási technológia

- Eljárás, amely a mechanikai eszközökön túlmenően, kémiai és adszorpciós úton távolítja el a szennyeződések abból a célból, hogy jellemzőit, amennyire csak lehet, az eredeti értékre állítsa vissza.
- Az olajregenerálásra leggyakrabban alkalmazott és legolcsóbb anyag a fullerföld, amely egy természetben előforduló, meglehetősen nagy felület-aktivitású agyag.



- A teljes olajmennyiség többször átcirkulál a trafón, a papírrétegek között, átöblíti a szilárd szigetelést.
- Költséghatékony, on-line végezhető, rendkívül gazdaságos, nincs trafó le- és felszerelés, szállítás, nincs kikapcsolás.

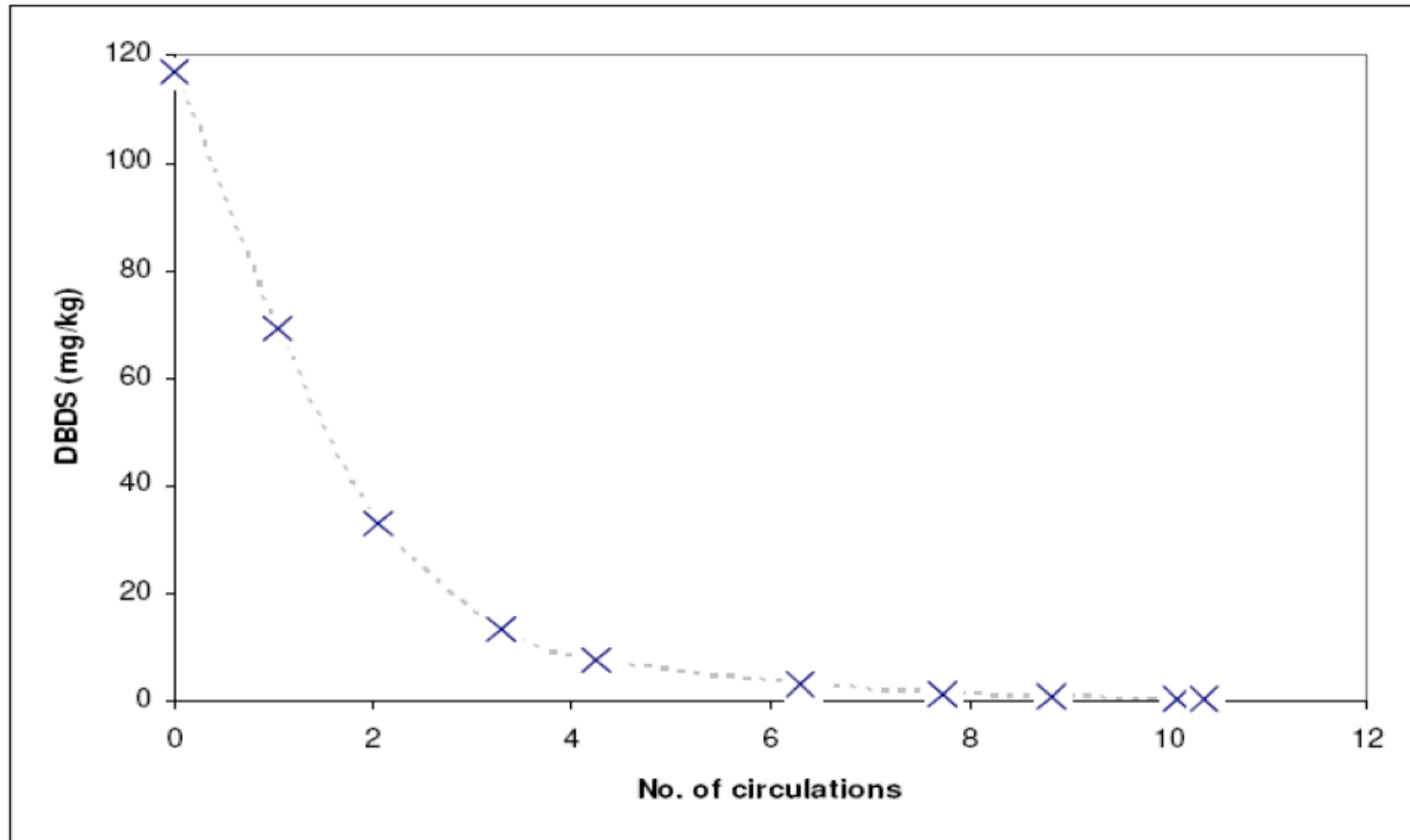
Olajcsere vagy Fuller földes kezelés

- Üzemelő trafó, állandó 100Hz-es rezgés, ami elősegíti a papír rétegei közötti öregedési termék „kimosást”.
- Az olajcsere és olajregenerálás: regenerálás hatékonyabb és környezetkímélőbb eljárás.
- Az öregedési termékek nagy része (kb. 9/10 része) a papírosban vagy a felületén halmozódik fel, 1/10 öregedési termék az olajban.
- Az „egyszerű olajcserével” csak ez az 1/10 öregedési termék kerül eltávolításra, az öregedési termékek 9/10 része a papírrétegek között marad és az újra „kimosódik” a papírrétegek közül.



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

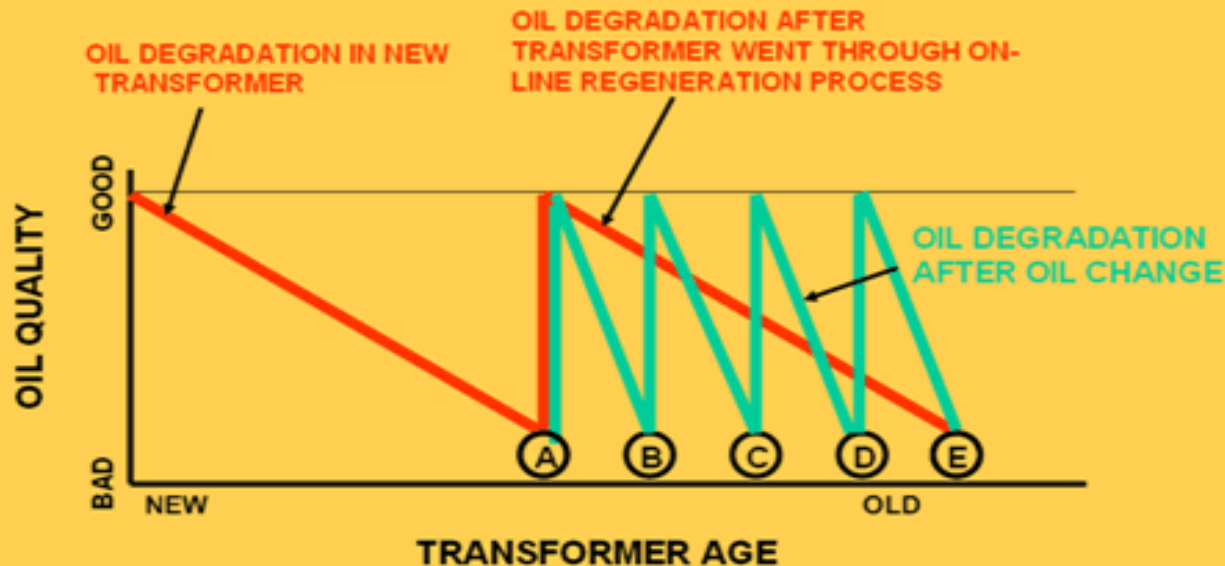
DBDS koncentráció csökkenése az olajregenerálási ciklusok függvényében





'OIL QUALITY' CHART

REGENERATION SERVICES



- IF NEW OIL IS REGENERATED AT POINT A, THEN THE NEXT REGENERATION PROCESS IS AT POINT E
- IF A NEW TRANSFORMER HAD AN OIL CHANGE AT POINT A, THEN IT HAS TO UNDERGO A FEW MORE OIL CHANGES AT POINTS B, C & D AS OIL DEGRADES FASTER AFTER EACH OIL CHANGE

Regenerálás vagy olajcsere

Piros vonal: az olaj romlása egy új állapotból és egyszer volt egy olajregenerálás, legközelebb E időpontban kell majd regenerálni.

Zöld vonal: az olaj romlása, amikor az A időpontban olajcsere volt, de azután mindig gyorsabban romlik az olaj, ezért kell még cserélni a B, C, D időpontokban is.



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

2007-es CIGRE SC A2 tanulmánya WG A2-32 beszámolója (TB 378)

2015-ös WG A2.40 beszámolója



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

- 2007-es CIGRE SC A2 tanulmánya (TB 378): Ez a beszámoló a WG A2-32 „Rézszulfid a transzformátor szigetelésben” munka állapotjelentése. Szeretném világosan kijelenteni, hogy ez NEM az utolsó szó ebben a témában !” Mats Dahlund, Brugge, 2007. október 10.



Copper Sulphide in Transformer Insulation -status report September 2007

SC A2 TRANSFORMERS
WG A2-32
Mats Dahlund, Convenor



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

CIGRE WG A2.40:

Copper Sulphide Long Term Mitigation and Risk Assessment”

- Létrehozva: 2009.
- Cél: folytatni az A2.32 munkáját
- Fő célok: jobban megérteni az alapvető folyamatokat, hogy még pontosabban meghatározható legyen a kockázati tényező.
- A csökkentő tényezők (pl. passzivátor, olajkezelések, stb.) hosszú távú hatása.



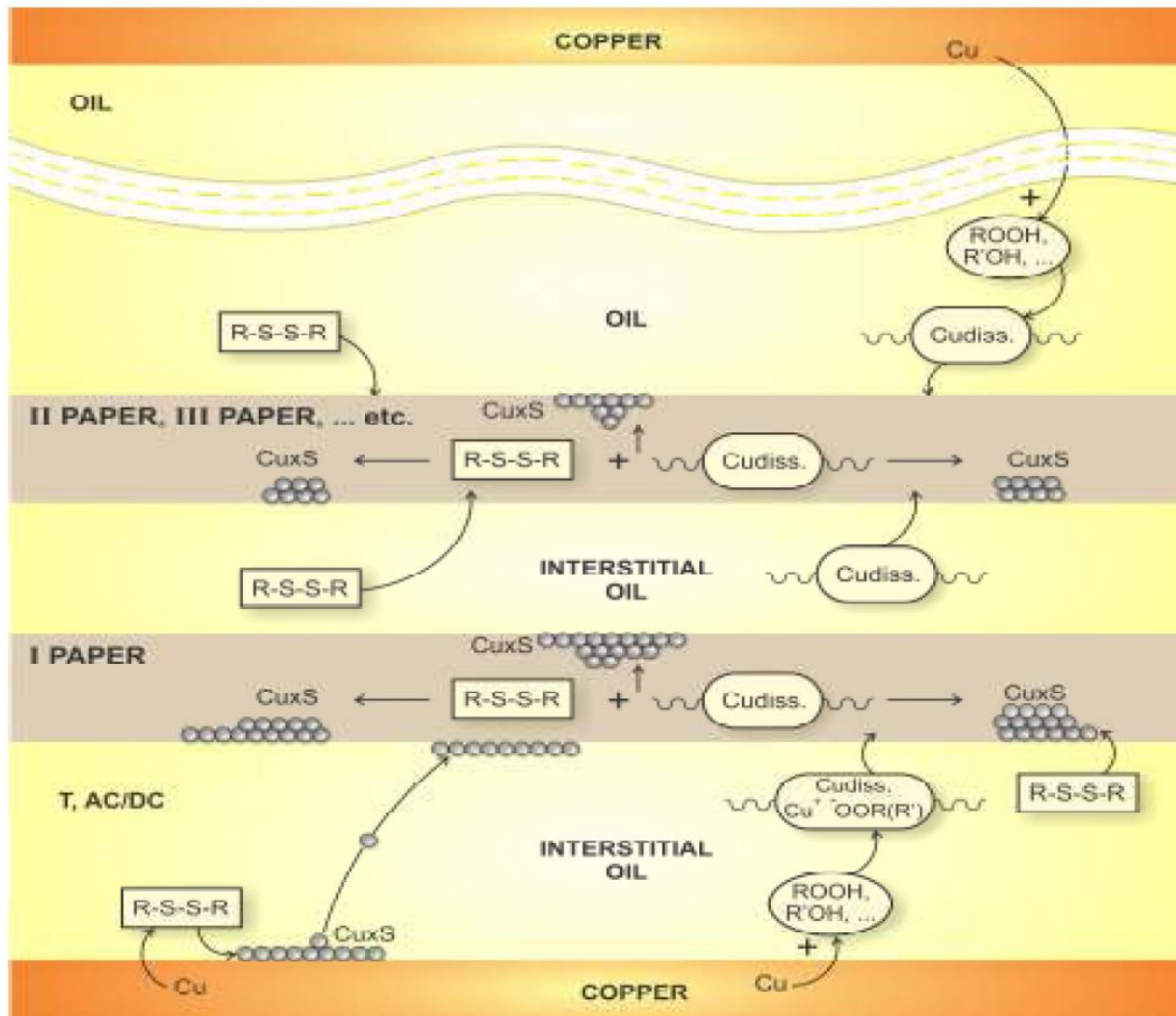
Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

WG A2.40: Copper sulphide long term mitigation and risk assessment

4	COPPER SULPHIDE LONG TERM MITIGATION	49
4.1	Mitigation Techniques	49
4.1.1	Mitigation Survey	49
4.1.2	Metal Passivators	51
4.1.3	Metal passivator efficiency	51
4.1.4	Side effects (passivator consumption, stray gassing, etc.)	60
4.2	Oil change: Efficiency and Side Effects	72
4.3	Removal of corrosive sulphur from oil in service	73
4.3.1	Oil Reclamation	73
4.3.2	Chemical treatment of the Oil	74
4.3.3	Side Effects	75
4.3.4	Cost Effective Risk Mitigation Strategies	79
4.4	Recommendations for Mitigation	81



Rézsulfid képződés mechanizmusa: WG A2.40





Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Más vizsgálati módszerek: DFR (RVM, FDS, PDC), FRA, PD, stb.

3.3.2 Other Test Methods for Copper Sulphide Detection and Quantification

During the course of the work of WG A2.40 there has been no significant change from the position outlined in TB 378 i.e. that there are no non-destructive techniques available for reliably identifying the presence of copper sulphide deposition in the windings. Dissipation losses, dielectric frequency response (DFR), full impedance wave, winding resistance, insulation resistance, frequency response analysis (FRA), recovery voltage measurement (RVM), acoustic emission and partial discharge (PD) have all been investigated but are not adequate for monitoring copper sulphide deposits of transformers in service [42], [43], [44].

[44] G. Csépes – B. Németh – Cs. Vörös: “Practicable Expert System for the Improved Interpretation of Dielectric Response Diagnostic Methods of Power Transformers”, CIGRE SESSION D1-302, 2012, Paris.

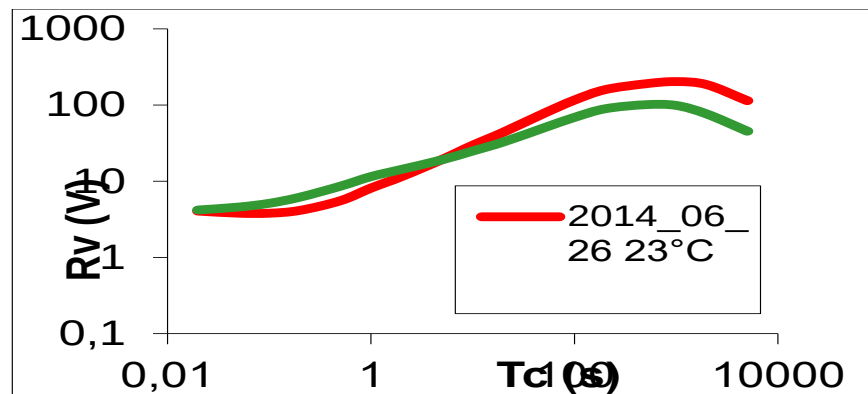
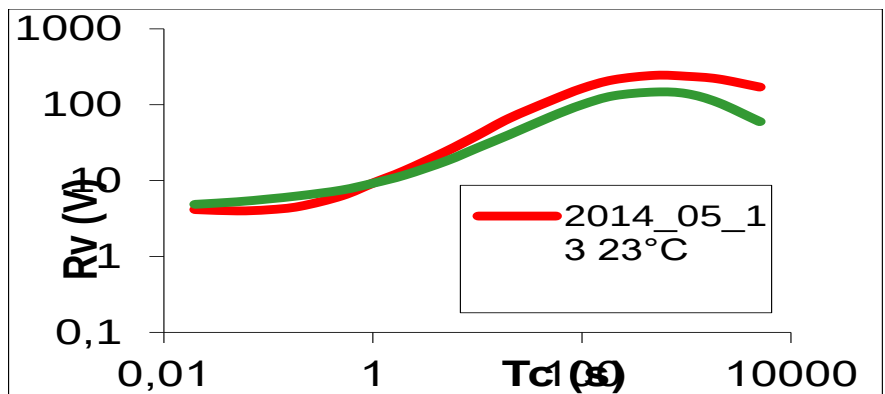
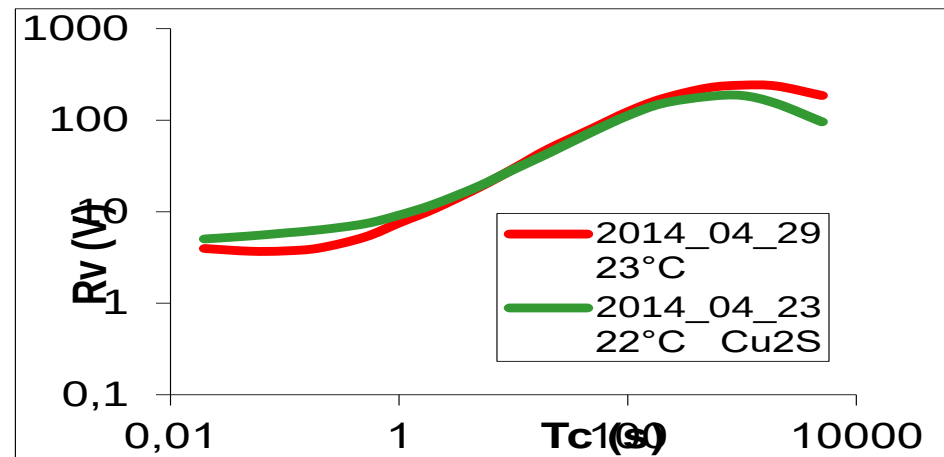
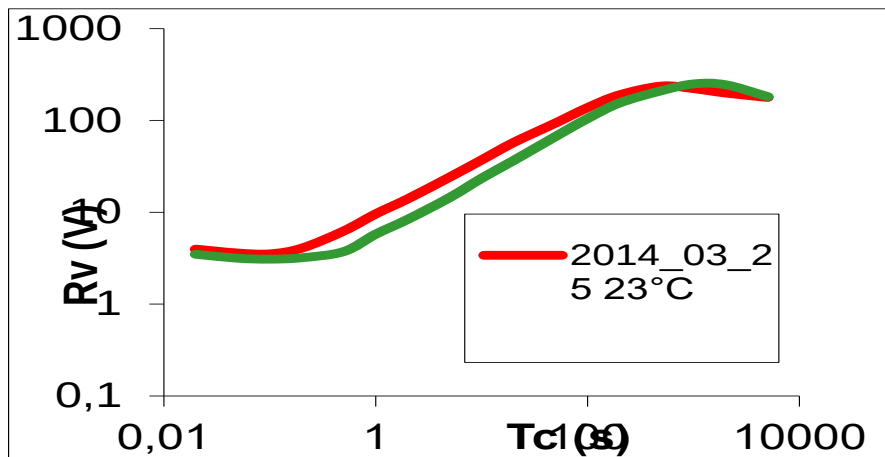


Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

ÚJ: RVM módszer alkalmazhatósága: BME munka bekerült a tanulmányba

Recovery Voltage Measurement (Hungarian experience) in copper sulphide diagnostics applied on two transformer models

Recovery Voltage Measurement (RVM) was investigated using two small transformer models to check that the technique is sufficiently sensitive to show the deposit of copper sulphide (Cu_2S). The models were filled with uninhibited oil. Model Number 4 was spiked with 180 ppm of DBDS whilst the oil in Model Number 2 did not contain any DBDS. The solid insulation in the models was dried out in a vacuum chamber to 0.7%, as measured by RVM. The water content in the oil was 2-5 ppm. Ageing was performed in a sealed system at different temperatures during 54 days (Table 4) and the oil properties before and after the ageing cycles are presented in Table 5.



The last 4 RVM curves measured during the ageing process

Az öregítés, 16-szor volt RVM mérés, itt az utolsó 4 mérés látható. Az olajat nézve a DBDS-es, a papírt nézve pedig az öregedés gátló nélküli modell öregedett jobban.



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

ÚJ: Különböző kénvegyületek reaktivitása 80 és 180 fok között. Merkaptan könnyen átalakul szulfiddá és már 100 foktól lerakódást okoz.

IEC 62535 test in white oil	80°C	100°C	120°C	150°C	180°C
Elemental Sulphur*				+	
Mercaptans (thiols)	-	-	-	+	+
Monosulphides	-	-	-	+	+
Disulphides	+	+	+	+	+
Oxidized sulphur compounds: sulphoxides/sulphones	-	-	-	+	+
Oxidized hydrocarbons - carbonyl compounds containing sulphur				+	
Thiophenes					+/-

* elemental sulphur is highly reactive to silver, from 80°C onwards



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Különböző országok által végzett korrozív kén hatáscsökkentő eljárások

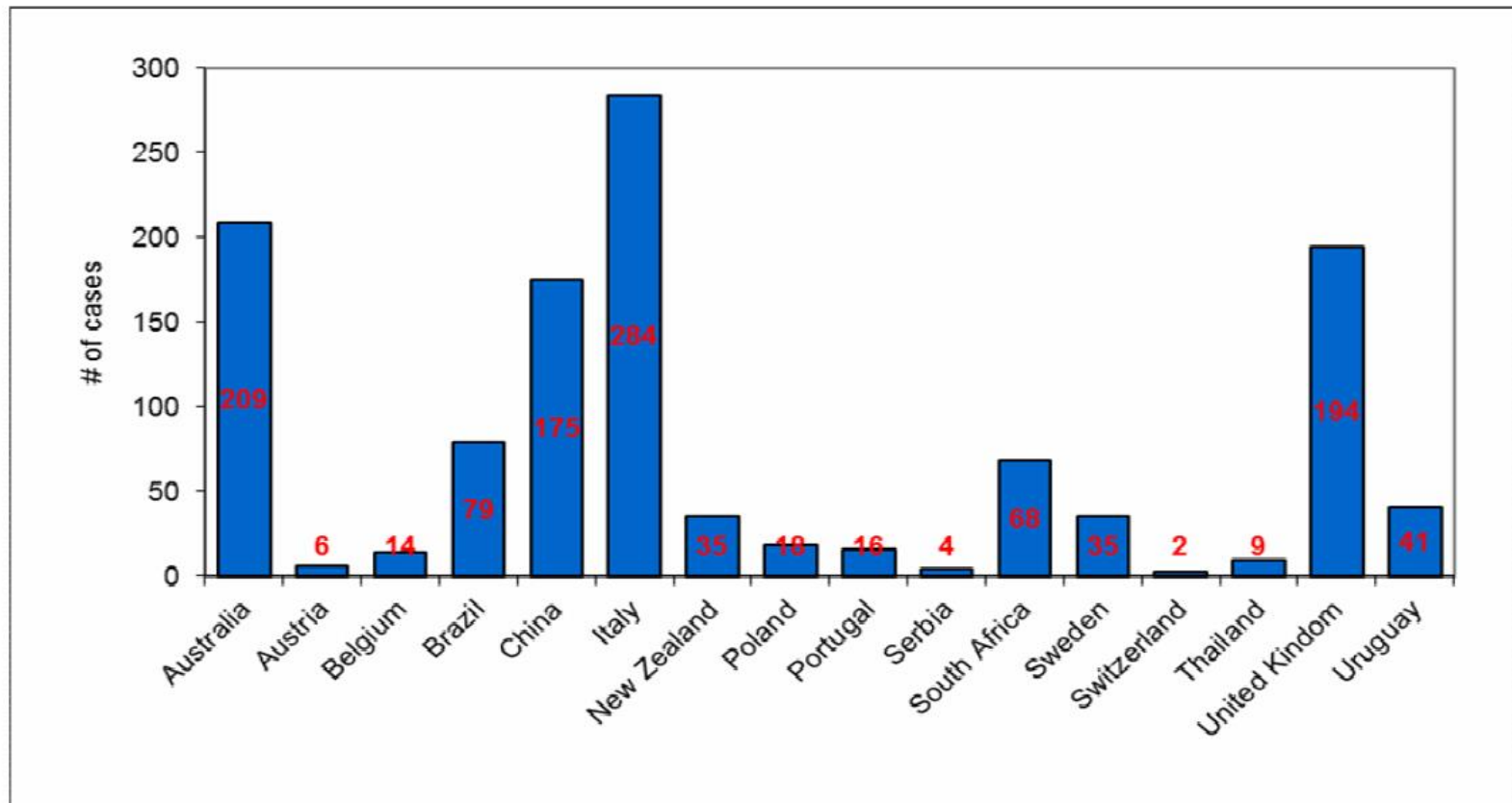
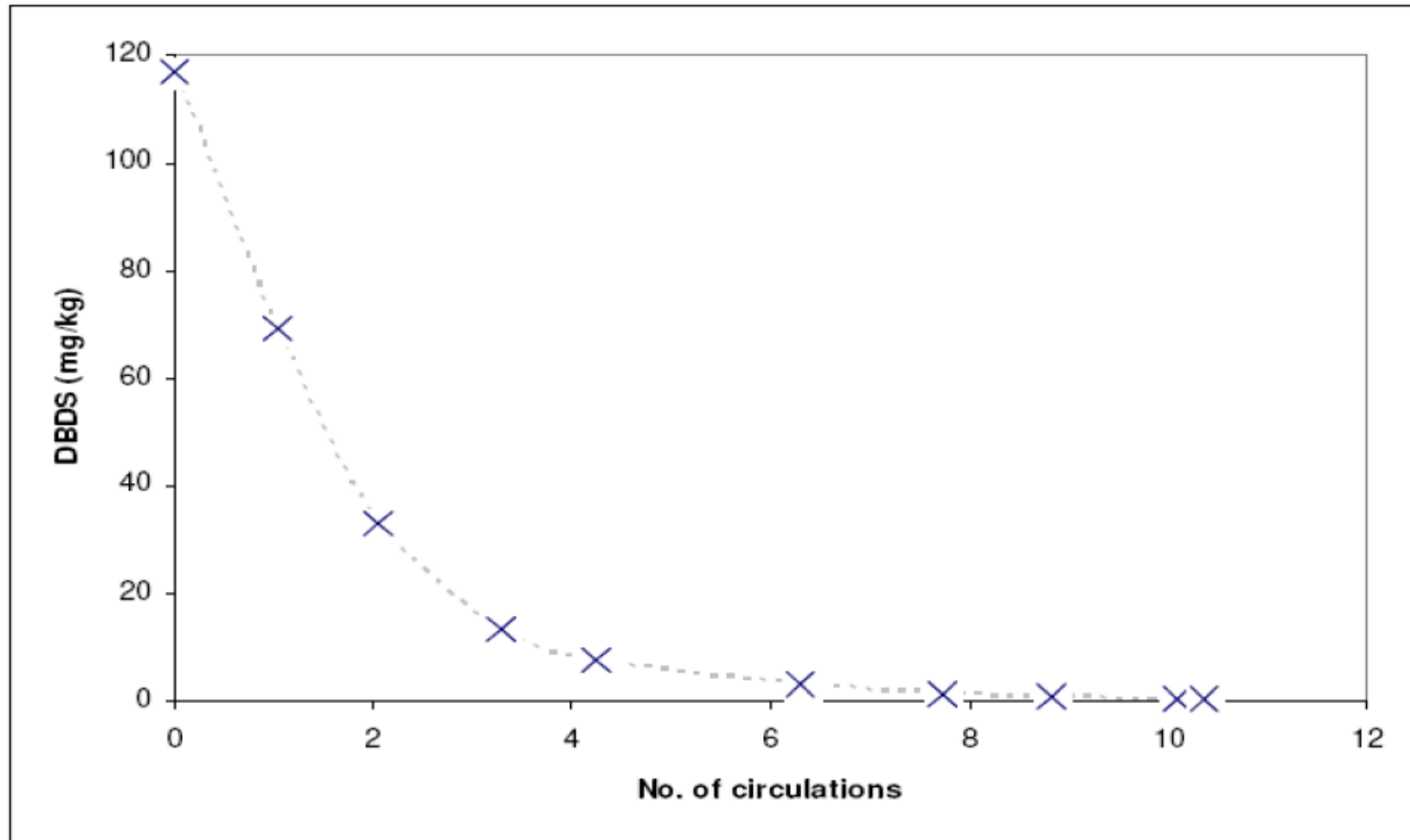


Figure 52 Distribution of mitigation survey responses among countries



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

DBDS koncentráció csökkenése az olajregenerálási ciklusok függvényében





Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Trafó meghibásodások a DBDS tartalom függvényében

Transformer Failure and DBDS Content

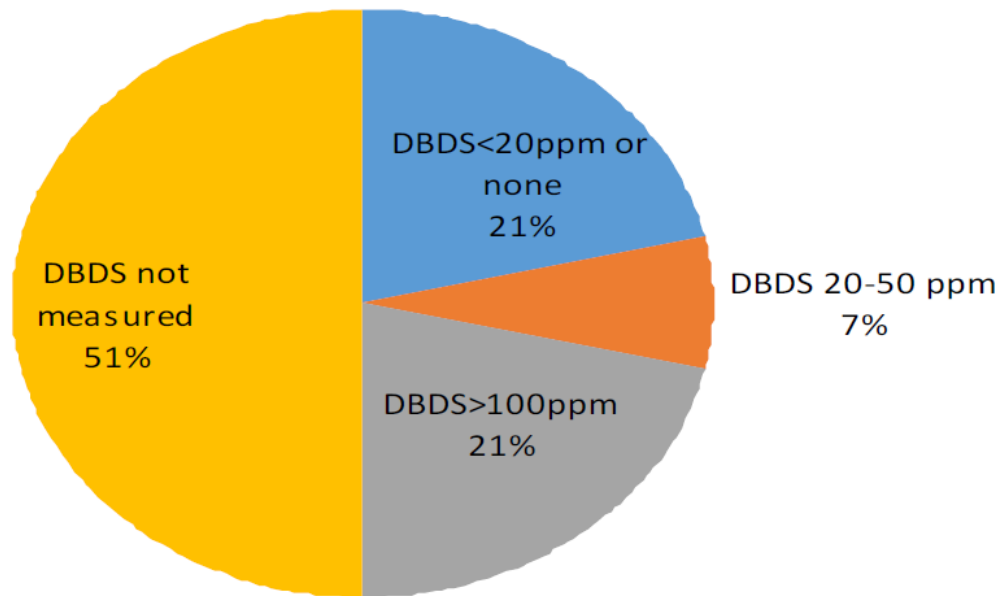


Figure 81 Transformer failure vs. DBDS content.

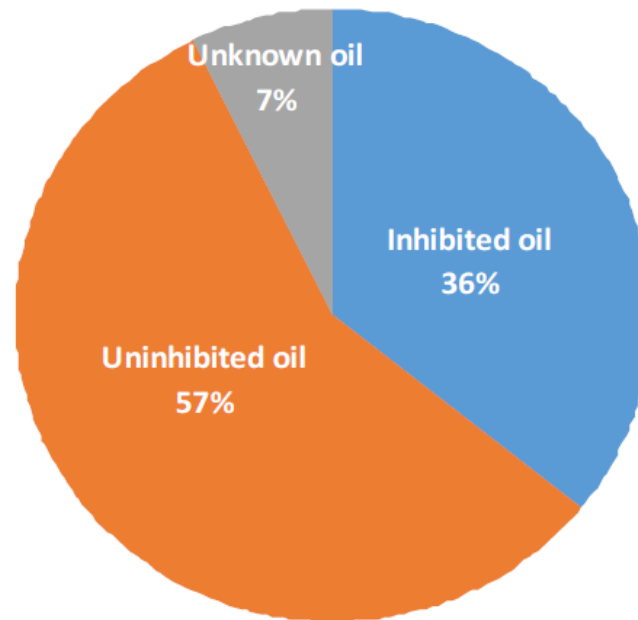


Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Trafó meghibásodások olajtípus szerint

Transformer Failure and Oil Type

■ Inhibited oil ■ Uninhibited oil ■ Unknown oil

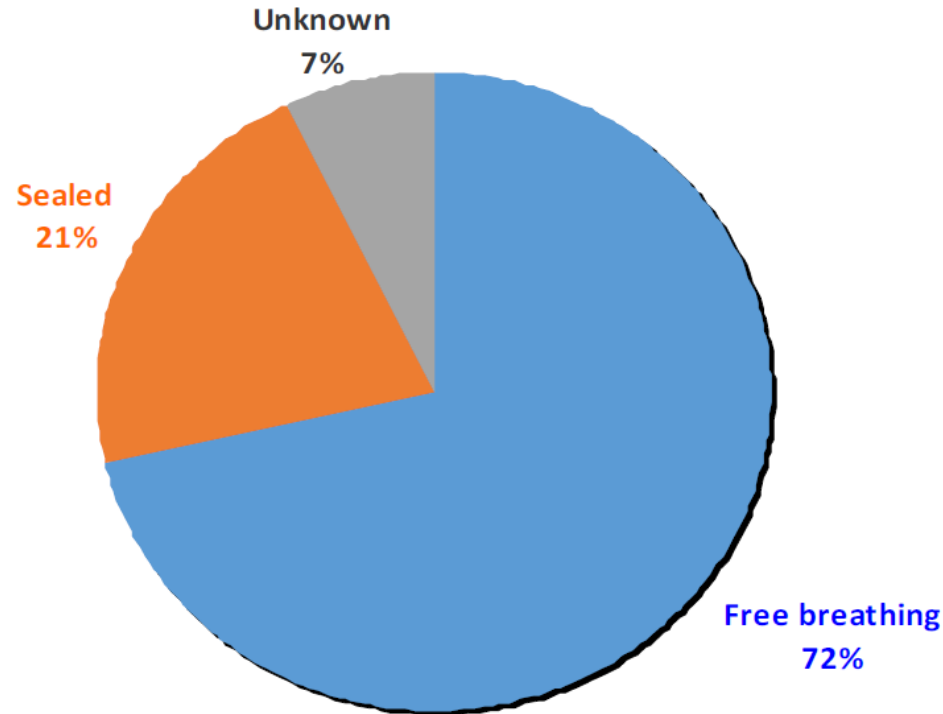




Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Trafó meghibásodások lezárás (lélegző, zárt) szerinti megoszlása

Transformer failure and preservation system

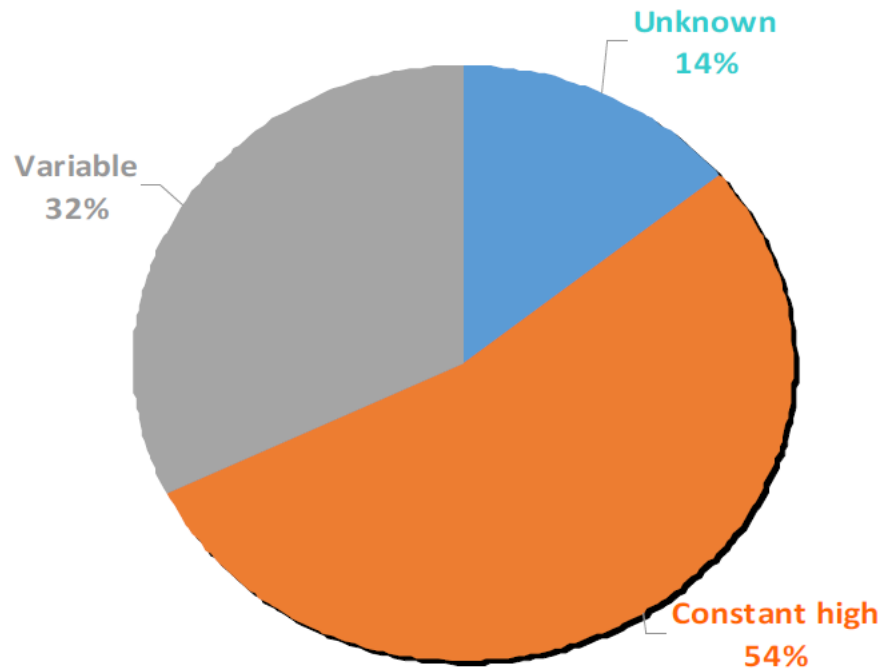




Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Trafó meghibásodások a terhelés jelege szerinti megoszlása

Transformer failure and load profile





Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

Konklúziók

- **A rézsulfid valóságos probléma:** a trafók ill. fojtók nagyon kevés %-ka érintett eddig, de nagyszámban kockázatosak.
- **A korrozív kénre vonatkozó lényeges vizsgálatok** most már rendelkezésre állnak.
- A régi korrozív kén tesztek nem voltak kielégítőek, de a módszerek finomultak.
- Új CIGRE munkabizottság tovább finomította a rendelkezésre álló ismereteket.



Korrozív kén – nemzetközi tapasztalatok

**Köszönöm
a figyelmet**

