



MAVIR

Transzformátorok diagnosztikája **a gyári és helyszíni javítások** **tükrében**

Csépes Gusztáv
MAVIR ZRT.-OTUSZ
SIÓFOK - 2007. április 26.

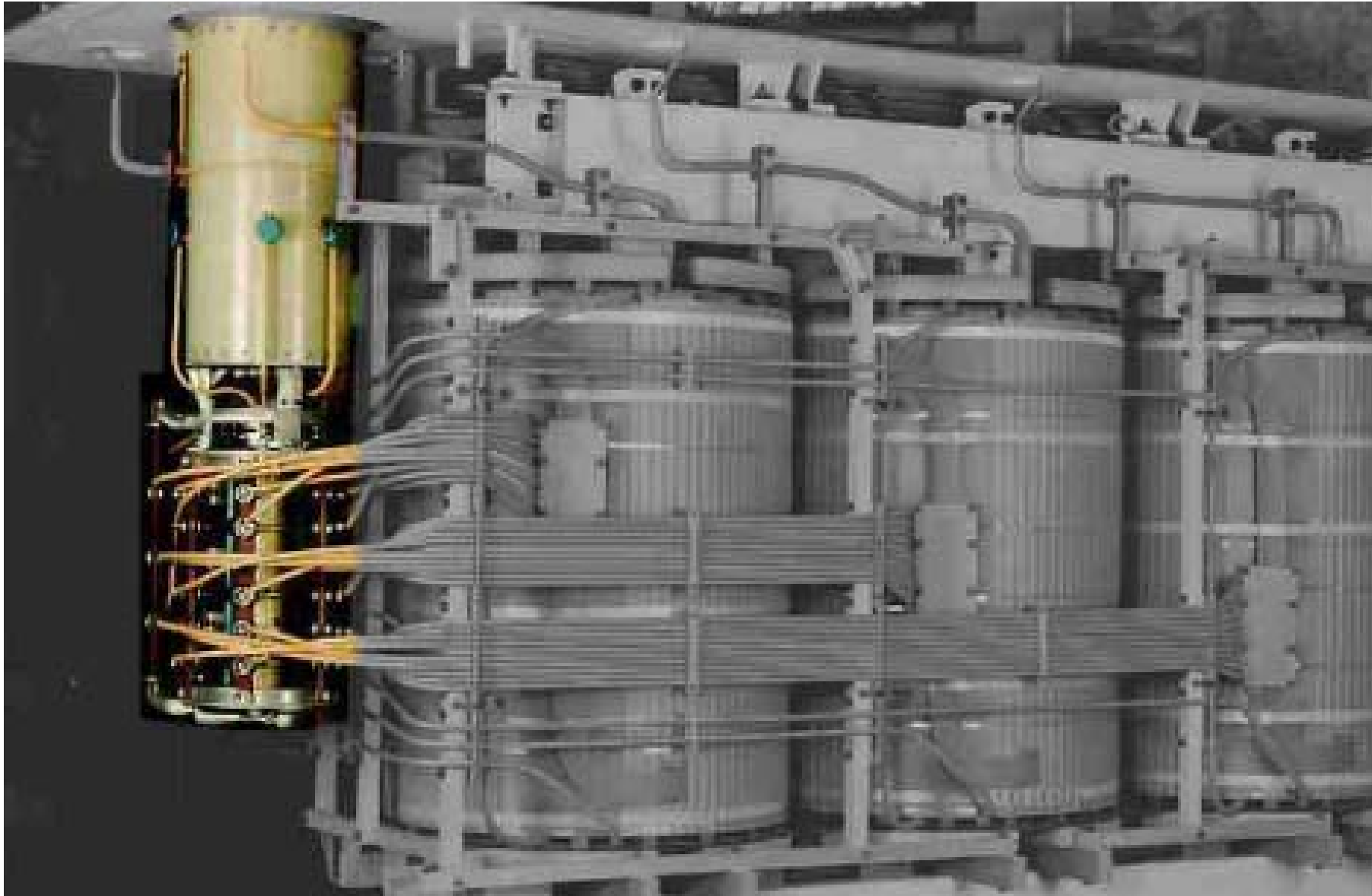




Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

- **DHBSM típusú trafók „specialitása”:**
fokozatkapcsoló az aktív részre lett rögzítve
- **Aktív részt érintő helyszíni javítása MO-on még nem volt, vélhetően az alábbi fontosabb okok miatt:**
 - „Megoldatlan” kiszáritás
 - Helyszíni próbák „hiánya”
 - Magyar vállalkozó kedv hiánya
- **Trafóhiba esetén néhány javítási lehetőség:**
 - Hibás egység cseréje
 - Helyszíni felújítás, javítás
 - Hibás egység műhelybe (gyárba) szállítása,

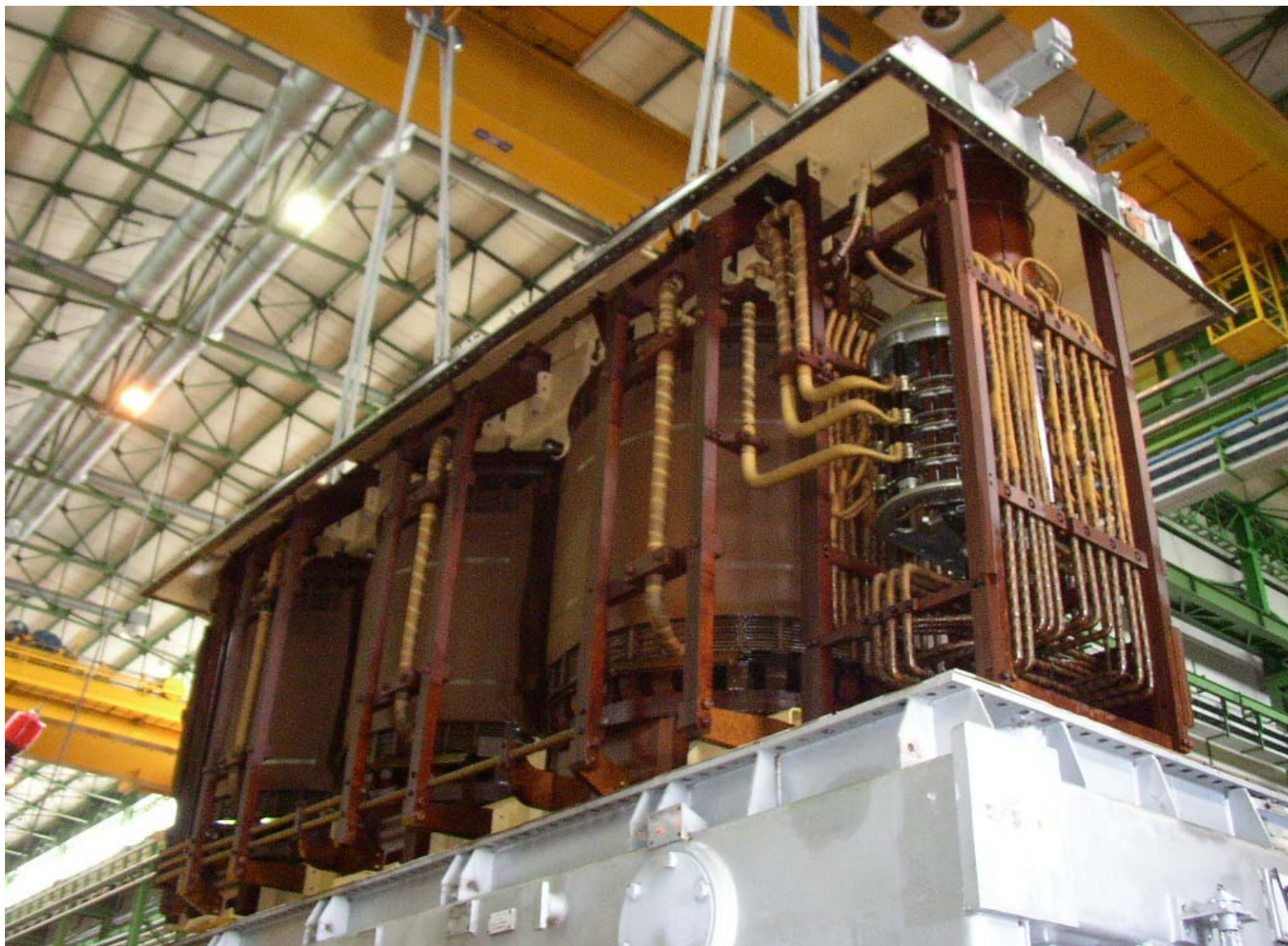
Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



MAVIR trafó felújítási gyakorlata



MAVIR trafó felújítási gyakorlata



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

Fontosabb érvek a helyszíni javítás mellett:

- **Nincs szállítási költség**
- **Gyorsabb, mint a gyári**
- **Nincs oda-vissza szállítás alatti „romlás”**
- **A meghibásodások oka 80%-ban a transzformátor állapotromlása**
- **Csak 5 %-ban szerepel a túlzott papíröregedés**
- **A hibák több mint 70%-a olyan visszafordítható romlások okozzák, amelyeket a helyszínen ki lehet javítani.**
- **Nemzetközi gyakorlat**

Thermal Paper Degradation

- **Temperature 80- 300 °C (Normal Aging)**
 - Free glucose
 - Water
 - CO, CO₂
 - Furans: soluble in oil
- **Temperature > 300 °C (Fault)**
 - Water, CO + CO₂

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

| Vizsgálatok | Vizsgálat célja felújítás előtt | Vizsgálat célja felújítás után |
|---------------------------------|--|---|
| HGA | Lokális hibák kimutatása | FU utáni feszpróba alatti gázfejlődés kimutatása |
| Ált. olajvizsg. | Általános szigetelési állapot (öregedés, nedvességtartalom) | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| RVM | Általános szigetelési állapot (öregedés, nedvességtartalom) | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| Átvezető, trafó tg/C | Átvezetőszigetelő és trafó általános szigetelési állapot | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| DP mérés | Papír általános mechanikai állapotának ellenőrzése | Ø |
| Furán | Papír általános állapotának ellenőrzése | Ø |



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

| Vizsgálatok | Vizsgálat célja felújítás előtt | Vizsgálat célja felújítás után |
|--------------------------------------|---|---|
| Szigetelési ellenállás | Általános szigetelési állapot | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| FRA | Referencia mérések tekercsek elmozdulásának vizsgálatára | Ref. mérések tekercs elmozdulás vizsgálatára |
| Indukált AC teszt PD méréssel | Feszültségpróba, lokális hibák kimutatása | Beavatkozások jóságának ellenőrzése, feszpróba |
| Fokozatkapcsoló diagnosztika | Fokozatkapcsoló állapotának kimutatása | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| Olajon keresztüli rezgésmérés | Vasmag/tekercs mech. Állapot | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| Falon keresztüli rezgésmérés | Vasmag/tekercs mech. Állapot | FU után ne legyen rosszabb az állapot |
| Áttételmérés | Referenciamérés | Javítás jóságának ellenőrzése |



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

| | HGA | | | Mért értékek | Határérték (MSZ352) | |
|----|------------|--------------------------------|-------|-----------------|---------------------|-----------|
| | Mért gáz | | Konc. | | Hálózati | Erőműművi |
| 1 | Hidrogén | H ₂ | ppm | 10 | 160 | 200 |
| 2 | Metán | CH ₄ | ppm | 6 | 60 | 100 |
| 3 | Etán | C ₂ H ₆ | ppm | 1 | 60 | 60 |
| 4 | Etilén | C ₂ H ₄ | ppm | 36 | 60 | 60 |
| 5 | Acetilén | C ₂ H ₂ | ppm | 0.1 | 4 | 4 |
| 6 | | C ₃ H _x | ppm | 8 | | |
| 7 | | C ₄ H _y | ppm | | | |
| 8 | Szénmoxid | CO | ppm | 514 | 360 | 700 |
| 9 | Széndioxid | CO ₂ | ppm | 1989 | 10000 | 10000 |
| 10 | Oxigén | O ₂ | % | 1.94 | | |
| 11 | Nitrogén | N ₂ | % | 5.37 | | |
| 12 | Levegő | O ₂ +N ₂ | % | 7.31 | | |
| 13 | x | | | | | |
| 14 | x | | | | | |

HGA diagnosztika



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

| IEC értékelés | | | | | Kódszám |
|---------------|-------------|-----|-------|--|---------|
| 15 | Össz éghető | ppm | 2215 | | |
| 16 | C2H2/C2H4 | | 43.06 | | 2 |
| 17 | CH4/H2 | | 0.06 | | 1 |
| 18 | C2H4/C2H6 | | 36.00 | | 2 |
| 19 | N2/O2 | | 2.77 | | |

| CIGRE értékelés | | | Tip. érték | |
|-----------------|-----------|---------|------------|----------------|
| 21 | C2H2/C2H6 | 1550.00 | 1 | Kisülések ! |
| 22 | H2/CH4 | 16.67 | 10 | PD ! |
| 23 | C2H4/C2H6 | 36.00 | 1 | Term hiba ! |
| 24 | CO2/CO | 19.46 | 10 | Papír degr ! |
| 25 | C2H2/H2 | 15.50 | 2 | Fokozatkapcs ! |

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

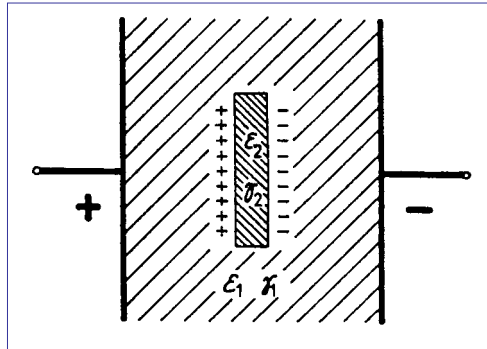
| | Mért jellemző | Egység | Mért értékek | Határérték | |
|----|--------------------------------|-------------------|--------------|------------|--------------|
| | | | | Új olajok | Üzemi olajok |
| 26 | Átütési szilárdság | kV/cm | 300 | >220 | >140 |
| 27 | Határfelületi feszültség | N/m | 31.3 | >35 | >18 |
| 28 | Veszteségi tényező (tg d) | 10 ⁻⁴ | 57 | <600 | <7000 |
| 29 | Víztartalom (H ₂ O) | mg/kg | 7.9 | <20 | <40 |
| 30 | Savszám | mgKOH/g | 0.03 | <0.03 | <0,3 |
| 31 | Mechanikai szennyezés | tömeg% | mentes | <0.005 | <0.015 |
| 32 | Adalék tartalom | tömeg% | 0.3 | >0.25-0.35 | >0.05 |
| 33 | Sűrűség +20°C-on | g/cm ³ | 0.8661 | <0.9 | <0.9 |
| 34 | Lobbanáspont | °C | | >140 | >140 |
| 35 | Üledéktartalom | tömeg% | mentes | 0 | <0.01 |
| 36 | Folyáspont | °C | | <-35 | <-30 |
| 37 | Viszkozitás +20°C-on | mm/s | | <30 | <30 |
| 38 | Szín | | 2 | | |

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

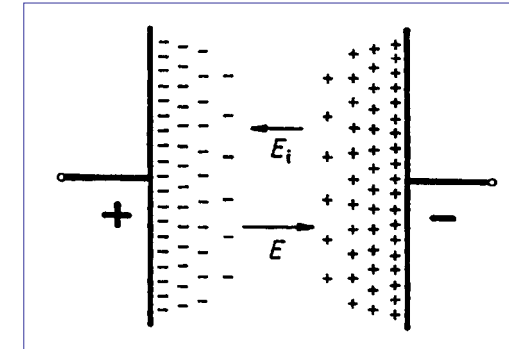
| No. | 2-FAL | CH ₄ | C ₂ H ₆ | C ₂ H ₄ | C ₂ H ₂ | ΣC ₃ | CO | CO ₂ | O ₂ | N ₂ | E | f | tg δ | H ₂ O | mgKOH | color |
|-----|-------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----|-----------------|----------------|----------------|-------|------|------------------|------------------|-------|-------|
| | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | % | % | kV/cm | mN/m | 10 ⁻⁴ | ppm | /g | |
| 1 | 0,14 | 9 | 9 | 57 | - | 109 | 318 | 5047 | 2.57 | 6.35 | 286 | 19.3 | 398 | 23 | - | 5 |
| 2 | - | 13 | 8 | 99 | - | 93 | 718 | 3678 | 1.85 | 6.53 | 265 | 24 | 2636 | 45.7 | 0.03 | 5.5 |
| 3 | - | 13 | 7 | 143 | - | 78 | 787 | 4883 | 0.64 | 6.24 | 280 | 19.8 | 1257 | 21.8 | 0.07 | 5 |
| 4 | 0,07 | 62 | 101 | 27 | - | 177 | 380 | 3706 | 0.48 | 5.5 | 258 | 22.6 | 3034 | 25.2 | 0.08 | 6.5 |
| 5 | 0,29 | 70 | 114 | 21 | - | 197 | 474 | 4610 | 0.68 | 6.09 | 262 | 21.5 | 3921 | 26.1 | 0.09 | 7 |
| 6 | 0,2 | 63 | 82 | 29 | 0 | 190 | 522 | 4716 | 0.29 | 4.75 | 286 | 21.4 | 4128 | 23.8 | 0.1 | 7 |
| 7 | 0,23 | 64 | 194 | 23 | 1 | 298 | 339 | 3586 | 0.42 | 5.31 | 260 | 23.6 | 2743 | 24.5 | 0.05 | 6 |
| 8 | 0,28 | 62 | 115 | 18 | 0 | 243 | 403 | 2499 | 0.53 | 5.03 | 258 | 21 | 2511 | 28.5 | 0.1 | 7 |
| 9 | 0,2 | 27 | 22 | 27 | 3 | 142 | 276 | 1918 | 1.42 | 5.15 | 286 | 20.2 | 2935 | 20.9 | 0.09 | 6 |
| 10 | 0,3 | 18 | 9 | 4 | 1 | 27 | 407 | 2137 | 1.06 | 6.12 | 300 | 17.5 | 2856 | 23 | 0.13 | 6.5 |
| 11 | - | 18 | 17 | 113 | 3 | 76 | 220 | 4055 | 2.22 | 5.06 | 245 | 31.1 | 60 | 11.8 | 0.03 | 2 |
| 12 | 0,08 | 37 | 35 | 38 | <1 | 127 | 621 | 5797 | 1.1 | 5.94 | 244 | 19.2 | 1992 | 13.5 | 0.1 | 6 |

Furán, HGA és ált. olaj vizsgálatok

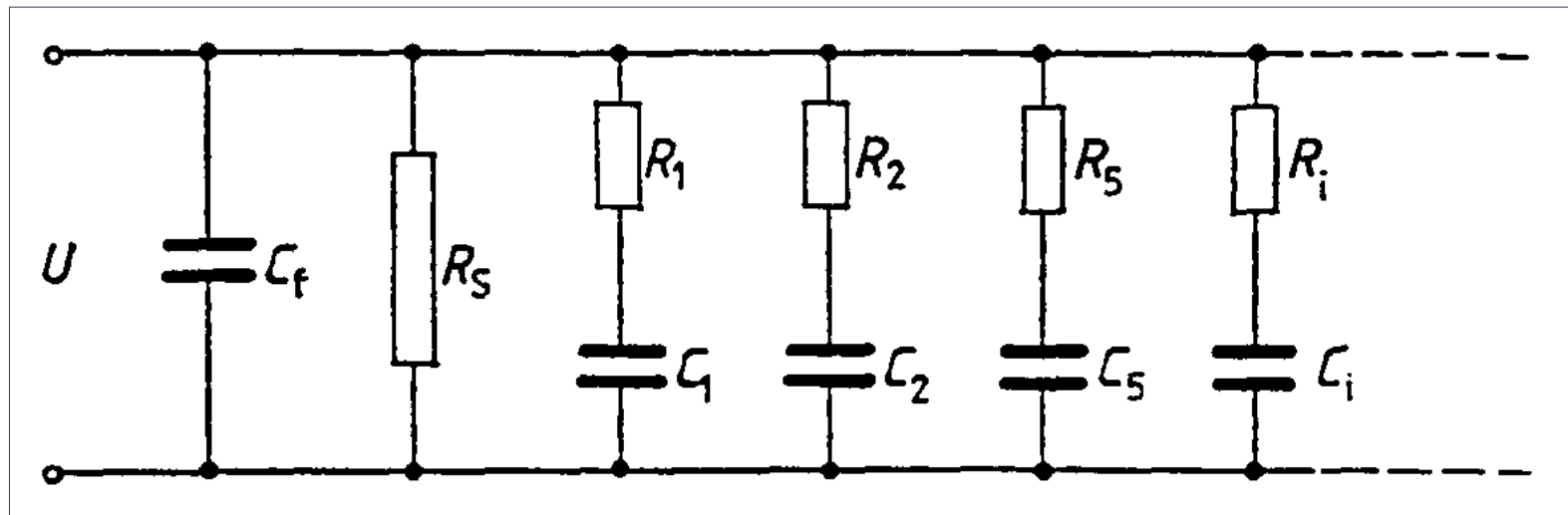
Határréteg és tértöltéses polarizáció



Határréteg polarizáció



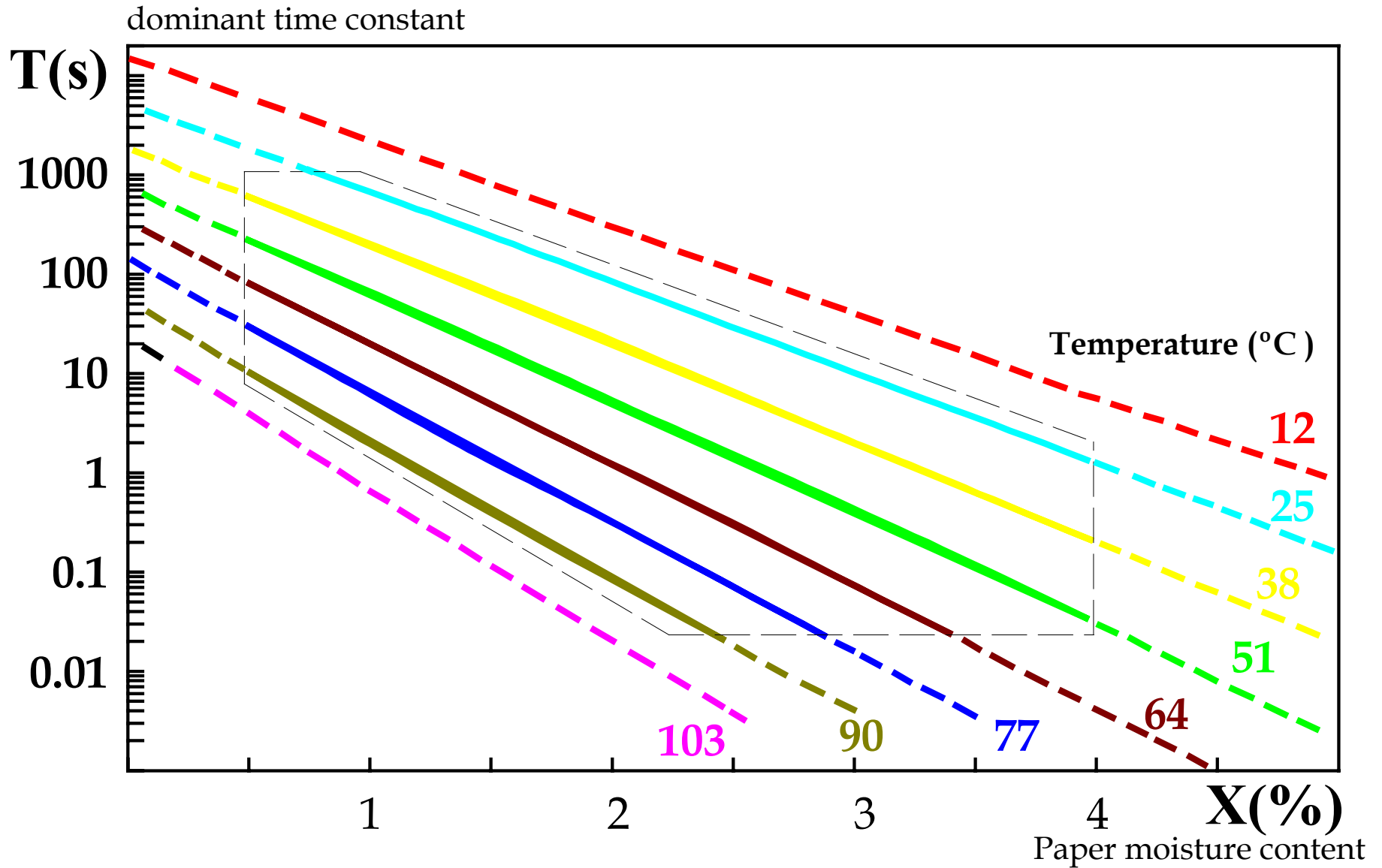
Tértöltéses polarizáció



Szigetelési modell különböző időállandókkal



RVM nomogramok papír víztartalom becslésre



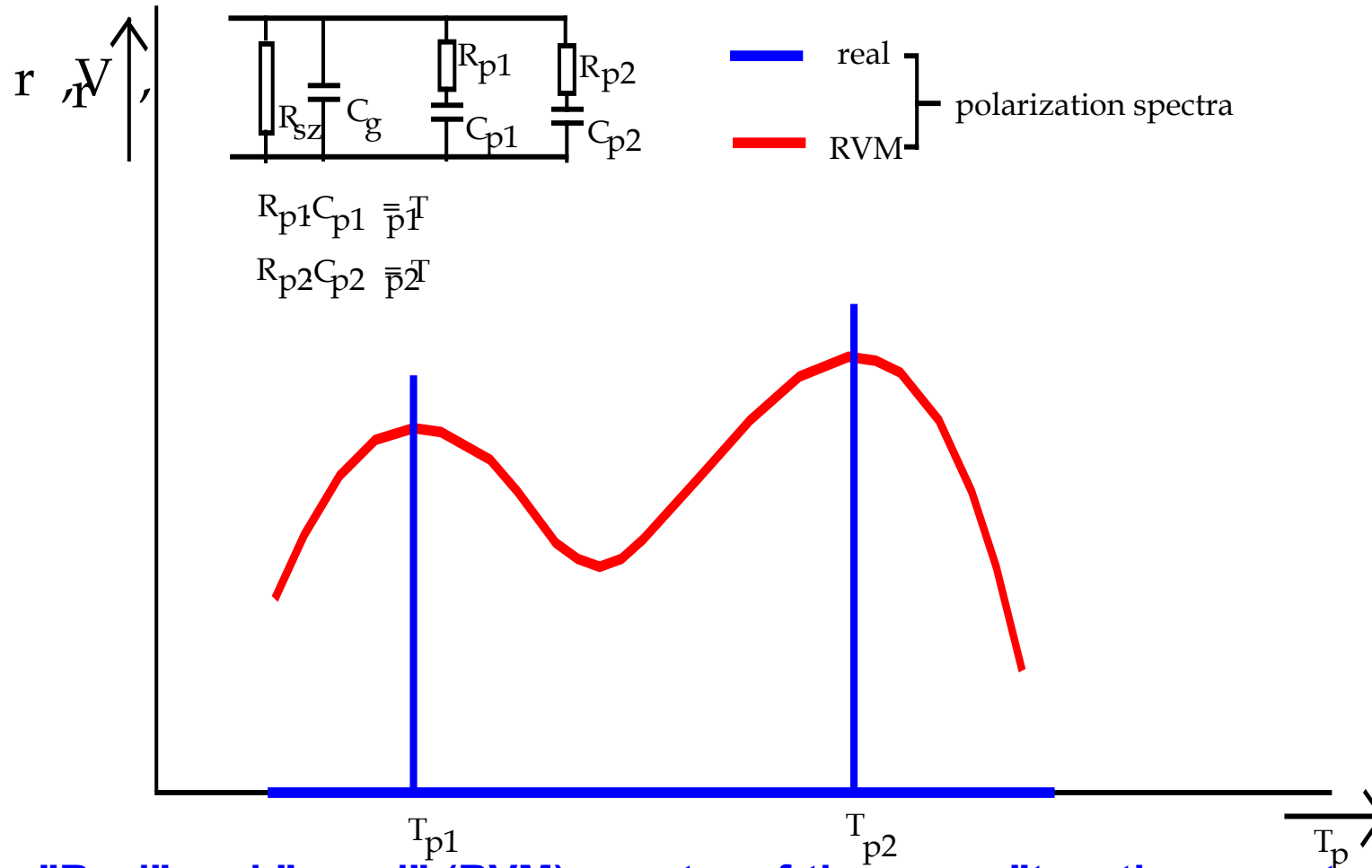
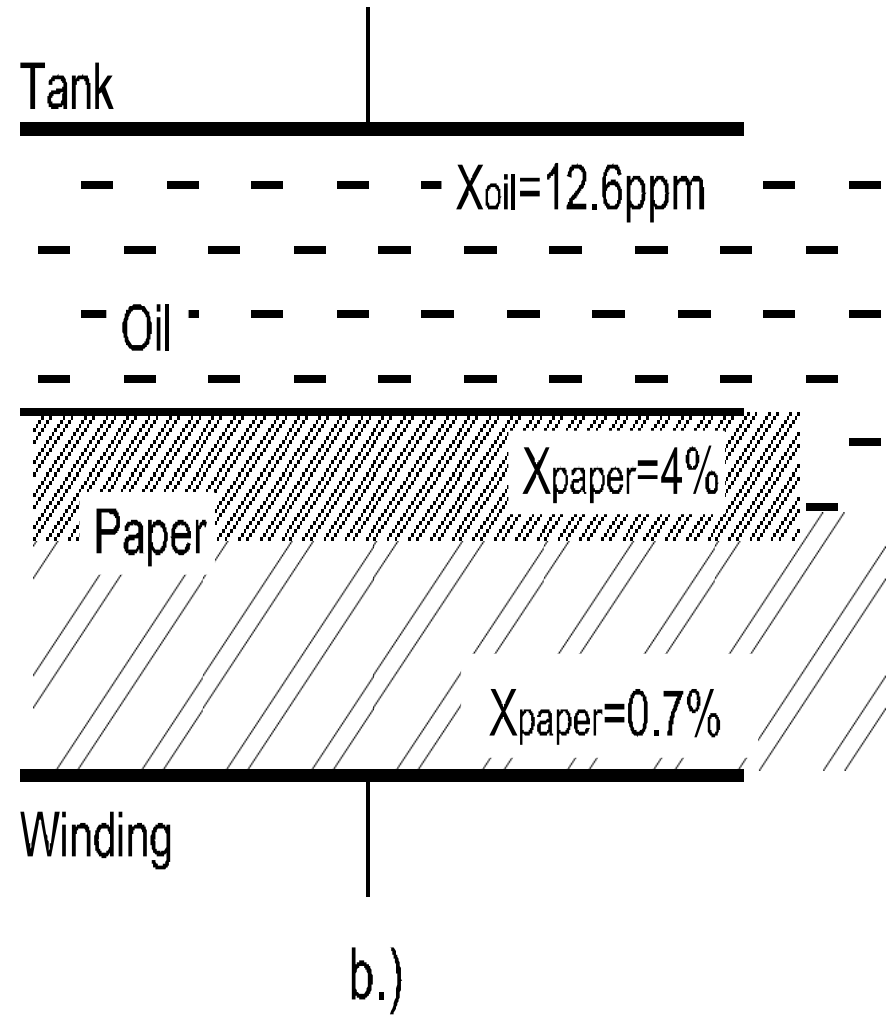
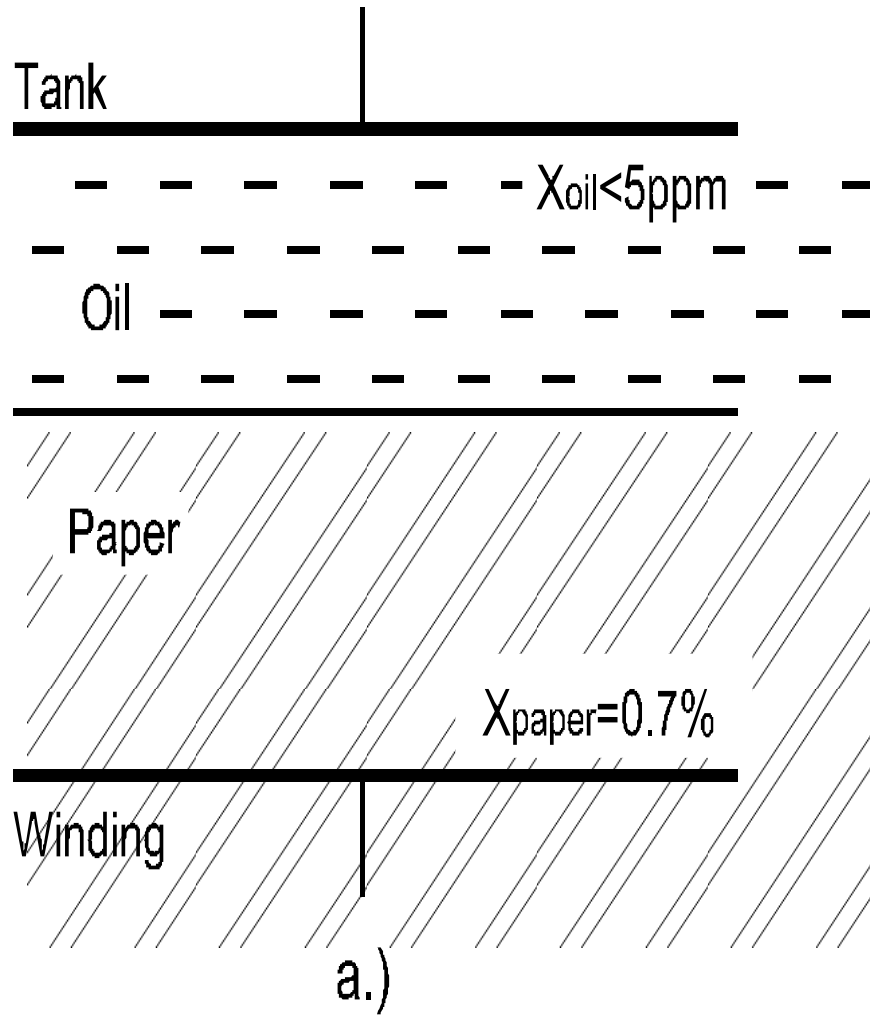


Fig. "Real" and "quasi" (RVM) spectra of the same "two time constant" model.

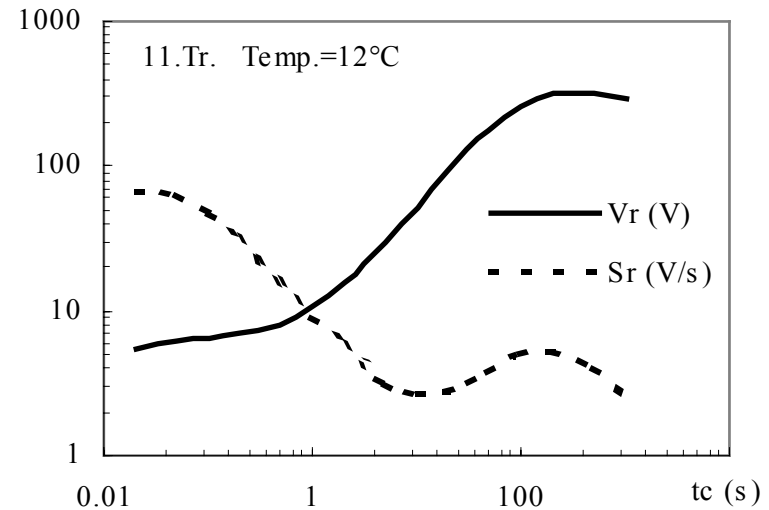
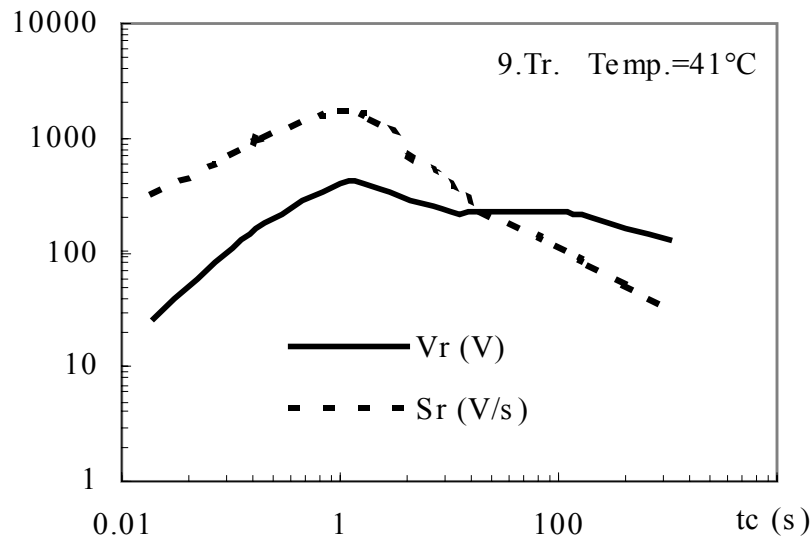
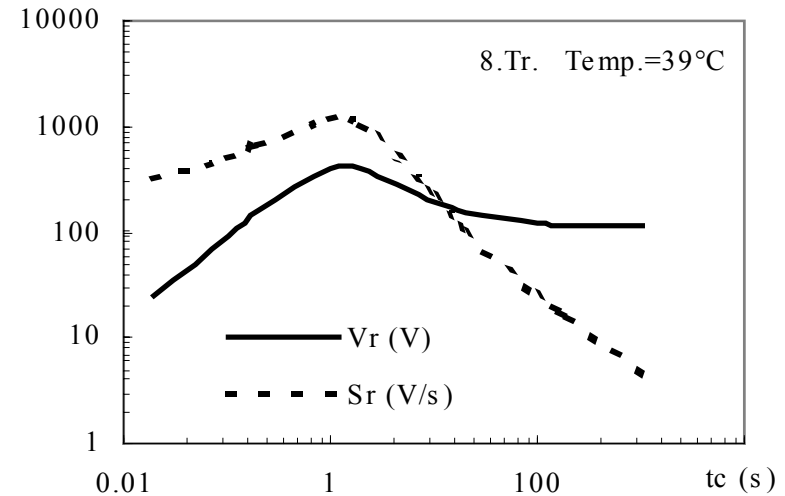
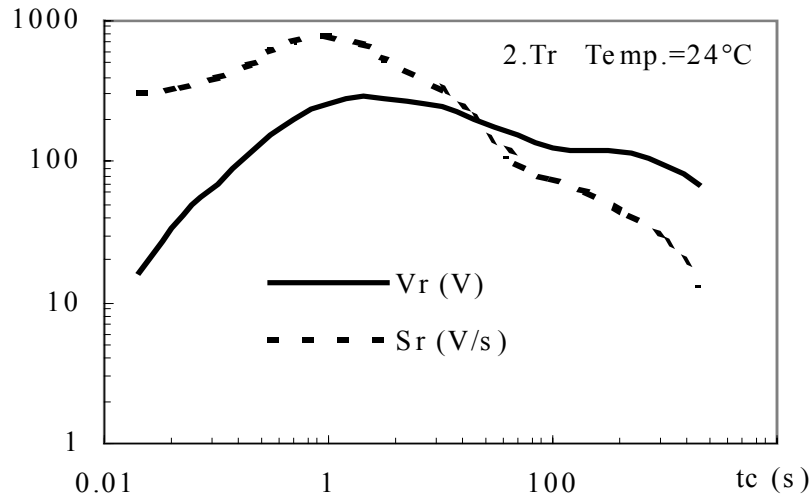


Inhomogeneous humidity distribution in the model after oil fill. (16.6 ppm water)

Reaching homogeneous state after several heating cycles (90°C)

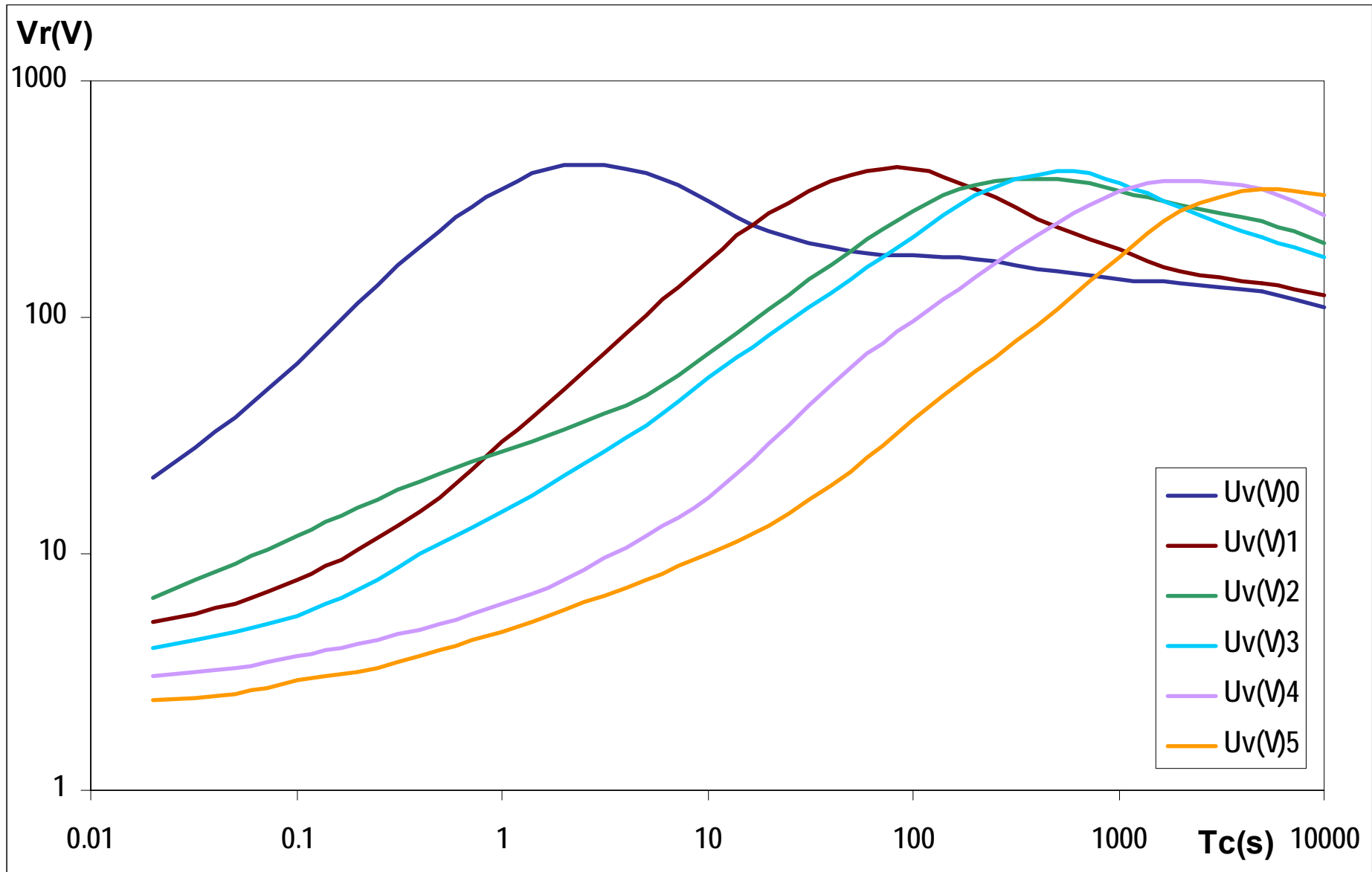


Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

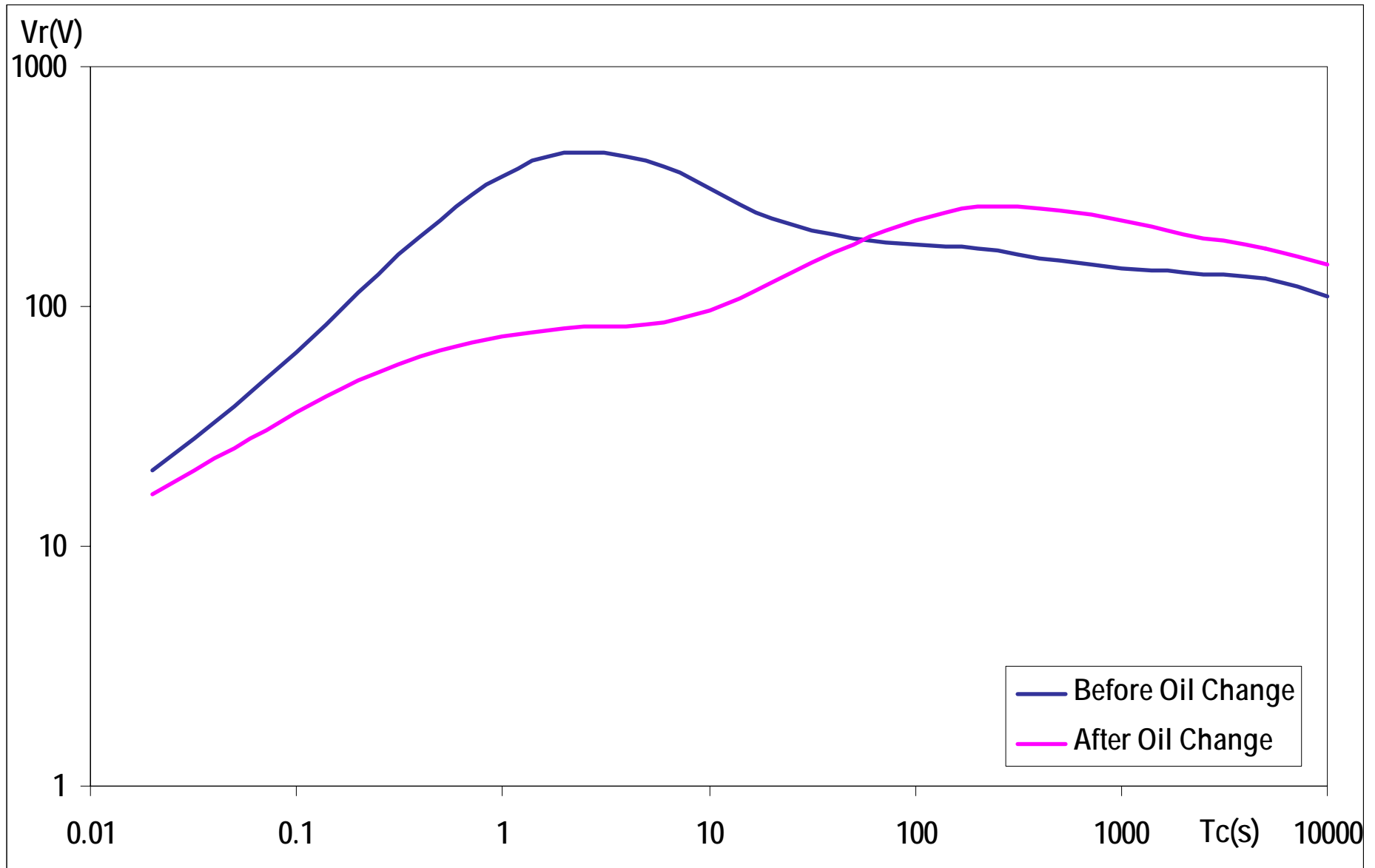


2. tr: 50MVA/220kV, egyfázisú, 8. tr: 120MVA/420kV, egyfázisú
9. tr: 160MVA/220kV, háromfázisú, , 11. tr: 160MVA/220kV, háromfázisú

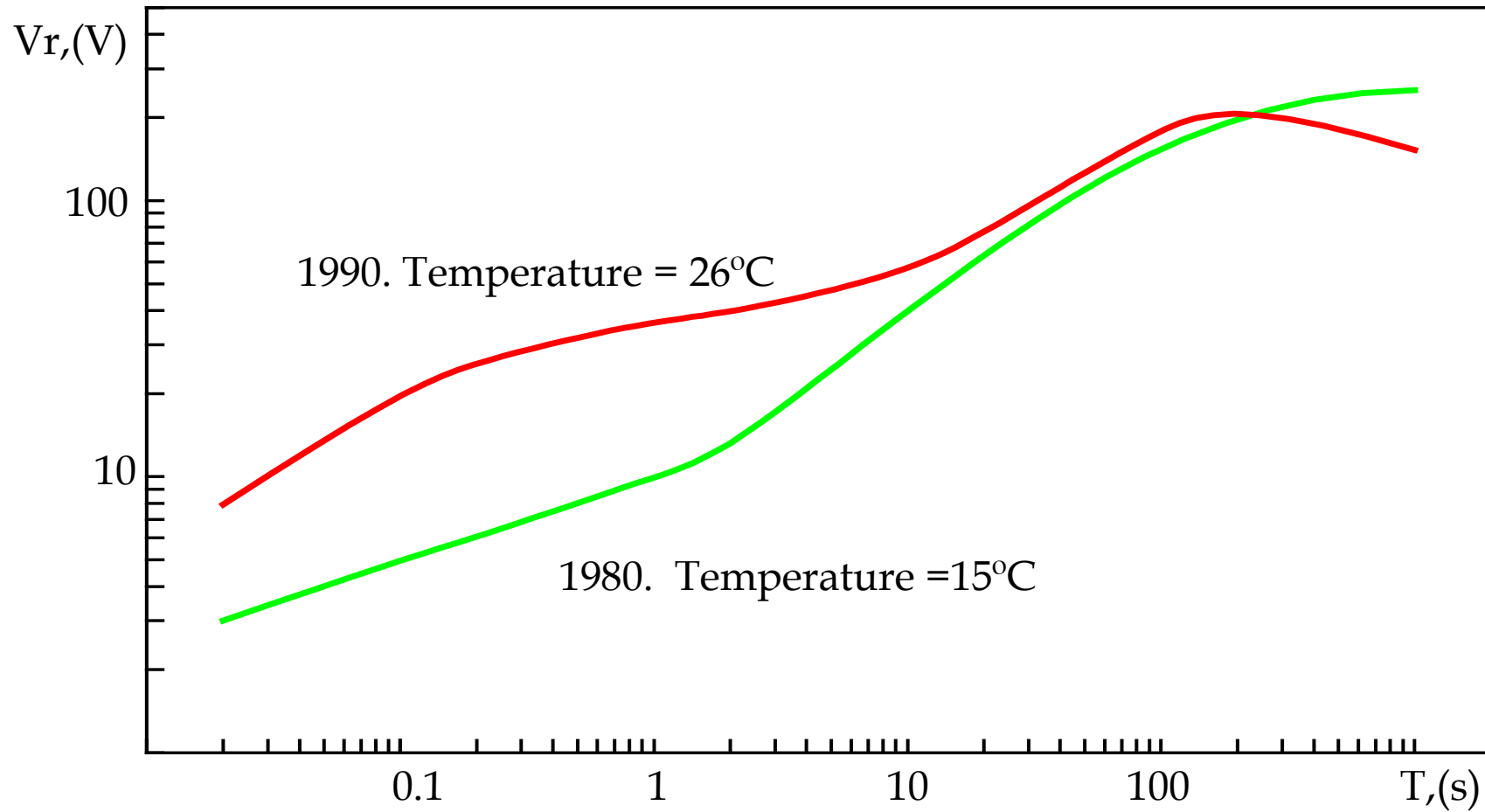
Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



RVM görbék olaj csere előtt és után



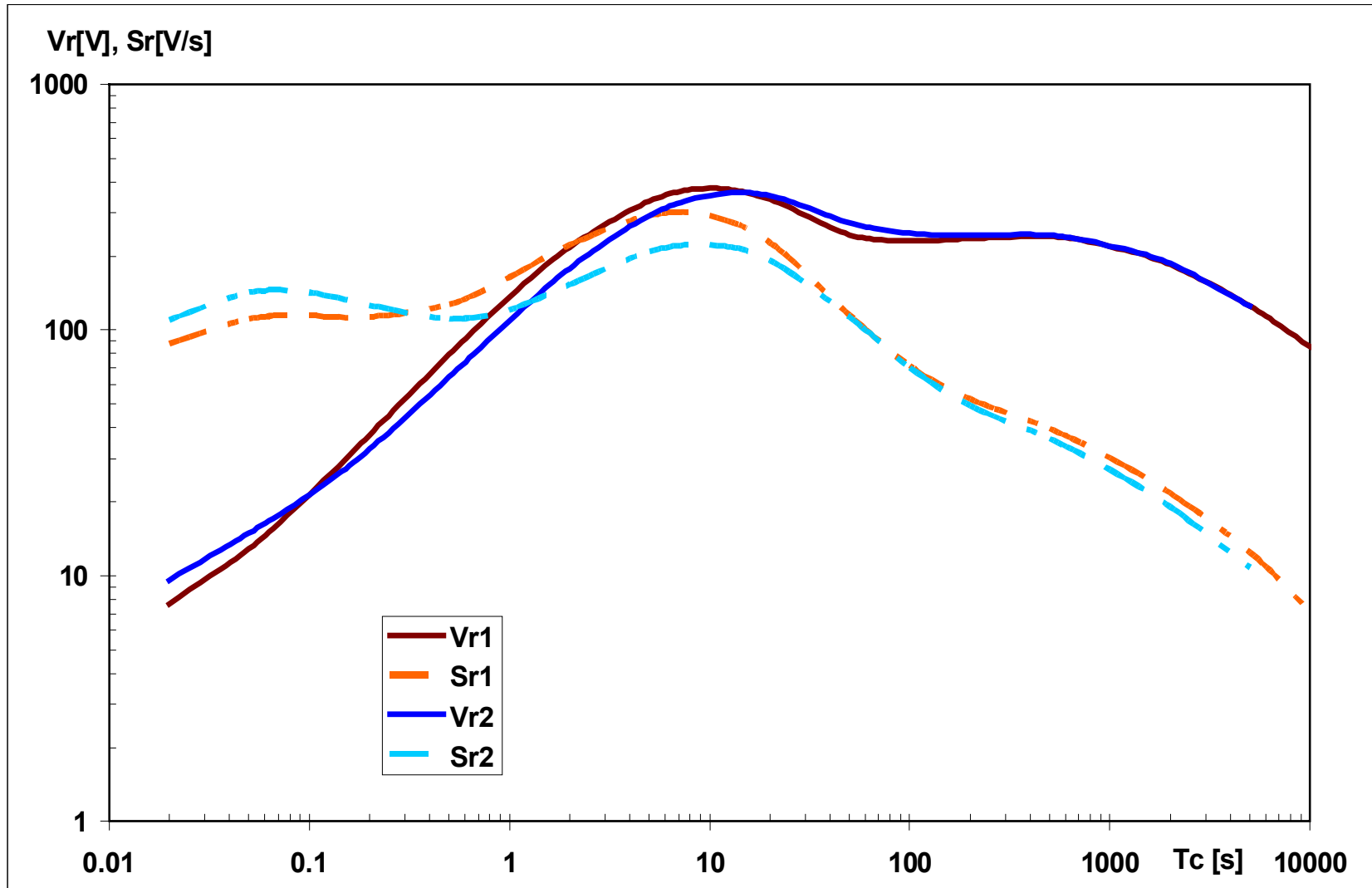
Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



RVM mérés új állapotban, majd 10 év üzemeltetés után



Felújítás előtti és utáni RVM görbék: trafó felújítás olajcsere nélkül



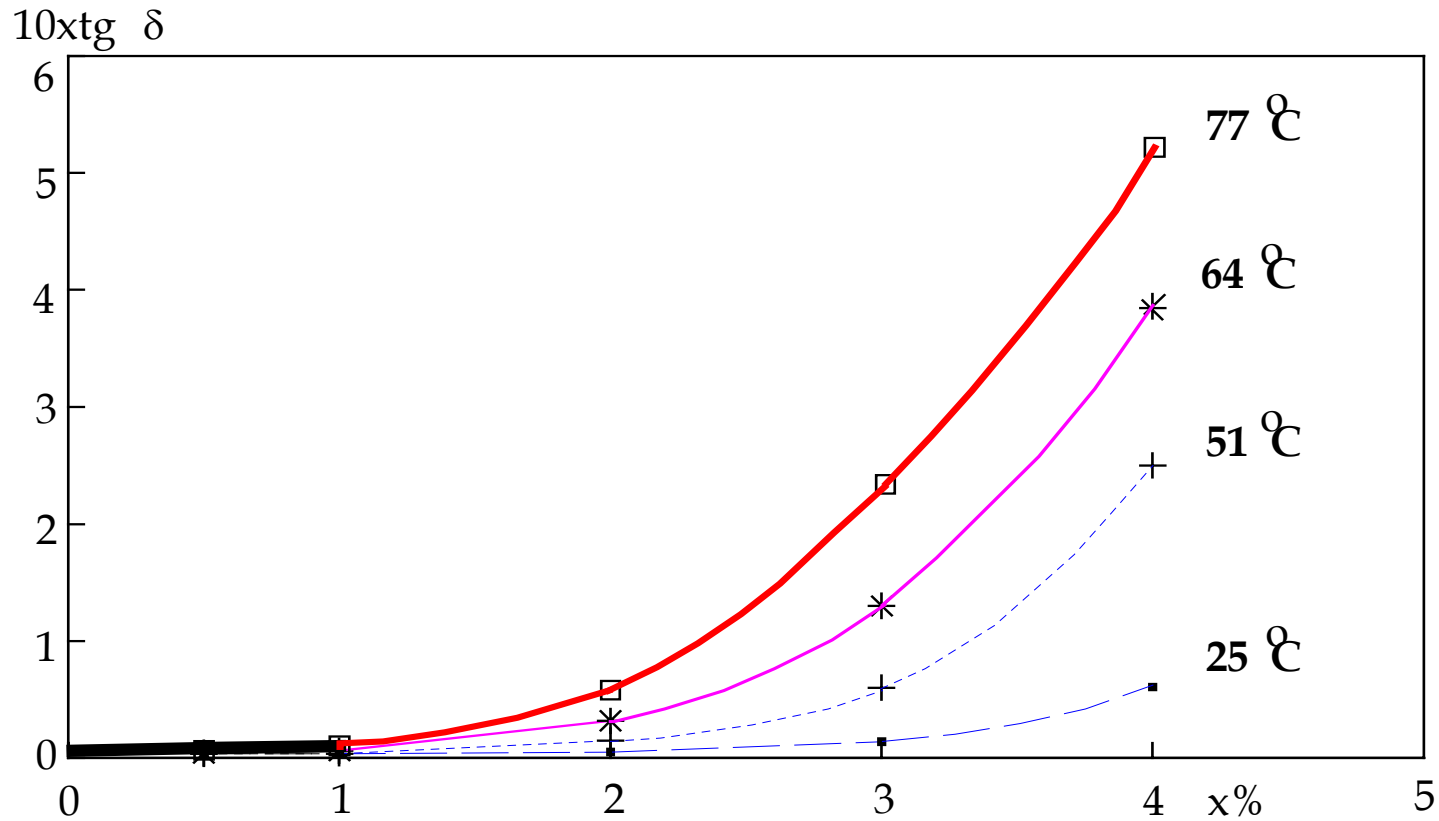


Fig.5. Loss factor, measured on an oil-paper insulating system, at 50 Hz, vs. paper humidity, and temperature.

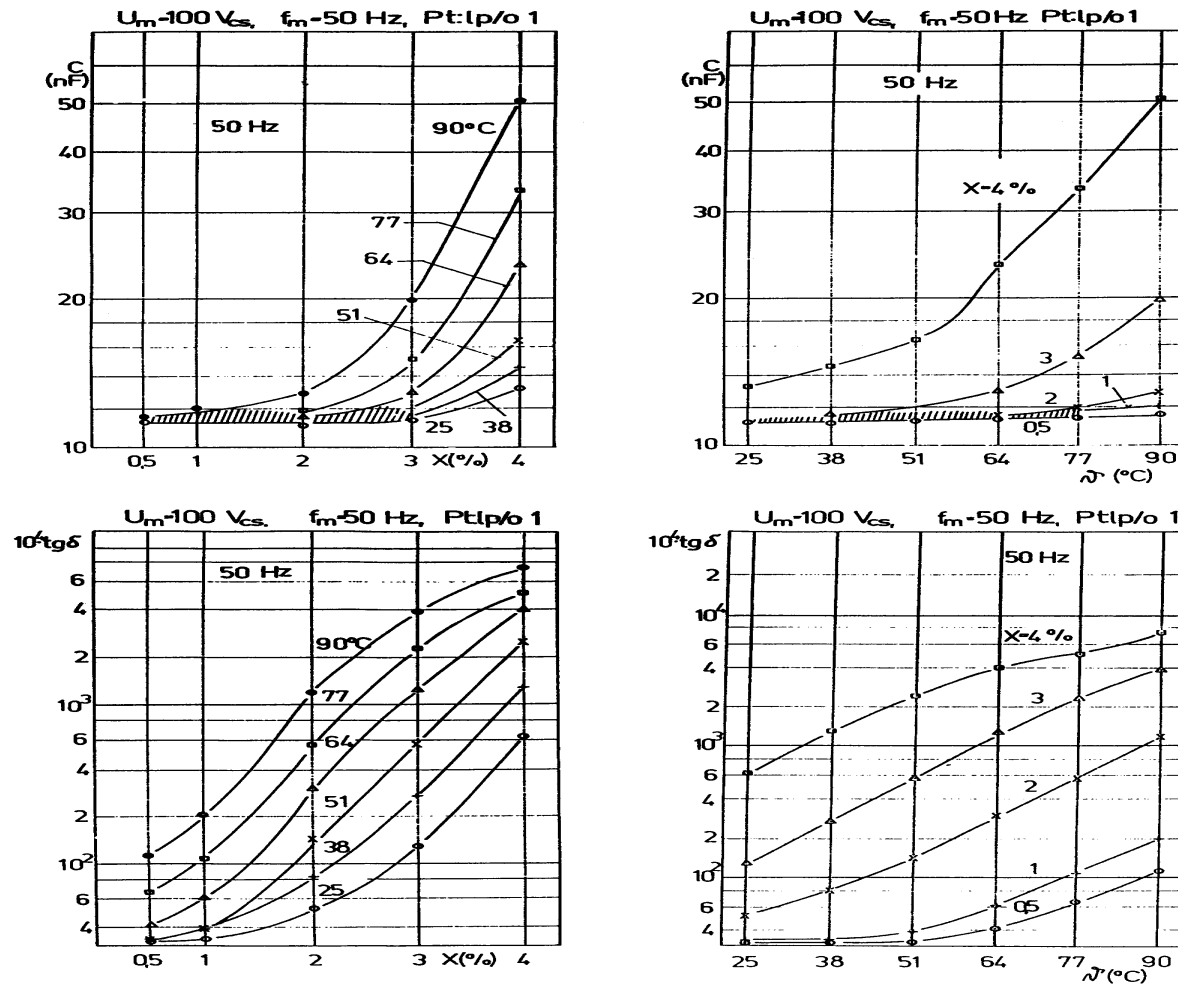


Figure 9.

Olajjal impregnált 50 Hz-es veszteségi tényező/kapacitás a hőmérséklet (θ) és nedvességtartalom (X) Függvényében $\text{tg}\delta/C$ 50 Hz ($\theta; X$)



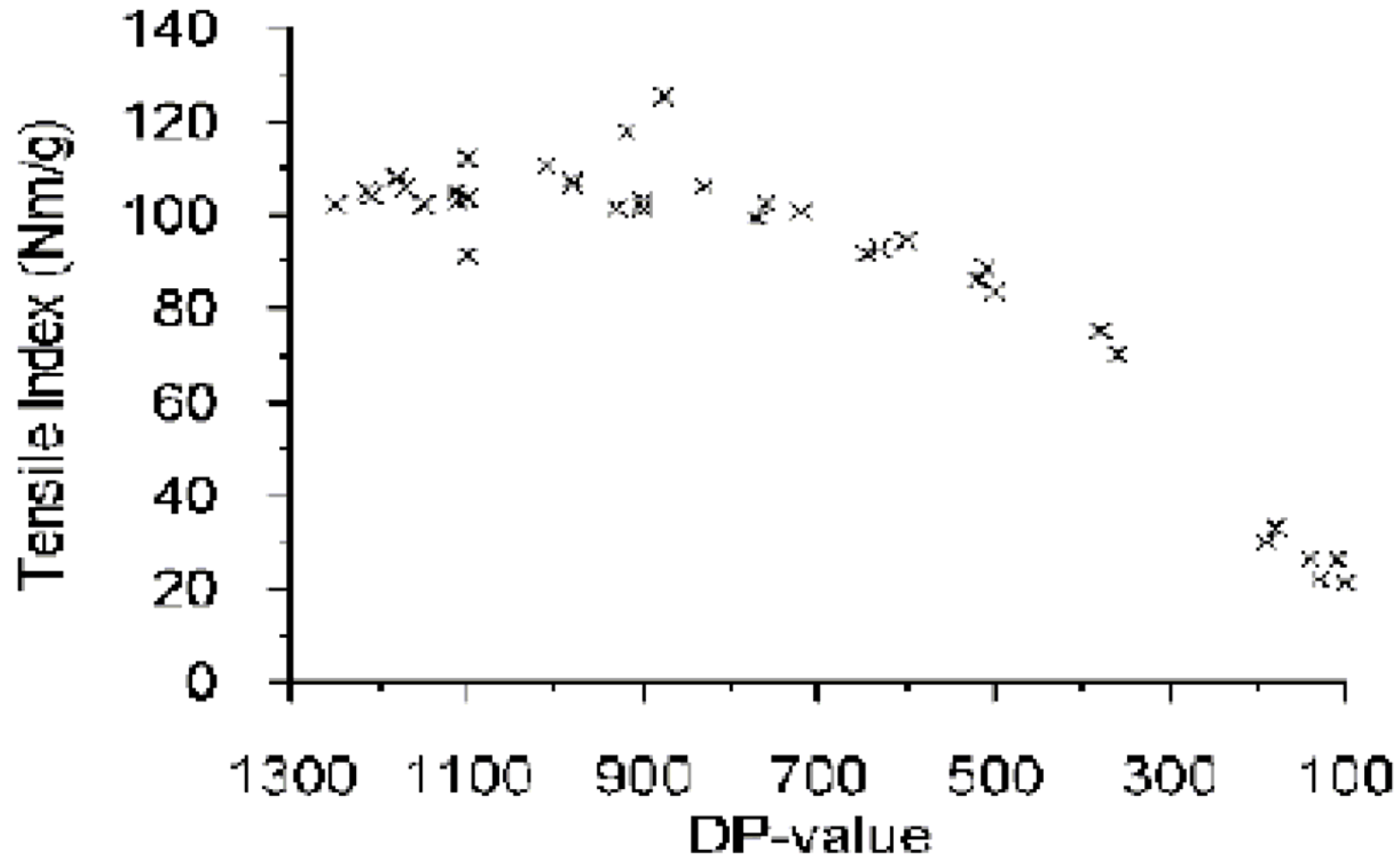
M

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

| Mérési eredmények | | | | | | |
|---|------------------|-------|--------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| 1. Transzformátor | | | | | | |
| Mért szigetelési rész | | | Kapacitás [nF] | tg δ [10^{-4}] | | |
| HV-G | | | 9.821 | 27.0 | | |
| HV-LV | | | 10.4275 | 20.5 | | |
| HV-(LV+G) | | | 20.248 | 22.9 | | |
| LV-G | | | 12.001 | 34.8 | | |
| LV-HV | | | 10.4277 | 20.4 | | |
| LV-(HV+G) | | | 22.43 | 27.0 | | |
| 2. Transzformátor átvezető szigetelő | | | | | | |
| Sorszám | Feszültség szint | Fázis | Típus | Gyártási szám | Kapacitás [pF] | tg δ [10^{-4}] |
| 1 | 400 | R | CORPT 420-750-800 | 77B287 | 430.04 | 42.2 |
| 2 | 400 | S | CORPT 420-750-800 | 76A400 | 424.45 | 22.4 |
| 3 | 400 | T | CORPT 420-750-800 | 76A399 | 428.18 | 23.6 |
| 4 | 120 | R | ESKTF 650/145-1600 | 7904513 | 395.29 | 41.5 |
| 5 | 120 | S | ESKTF 650/145-1600 | 7904514 | 396.84 | 34.9 |
| 6 | 120 | T | ESKTF 650/145-1600 | 7904519 | 394.05 | 37.0 |
| 7 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 8 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 9 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

3. Trafó tg/C mérési eredményei

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



Szigetelőpapír szakítószilárdság DP függése

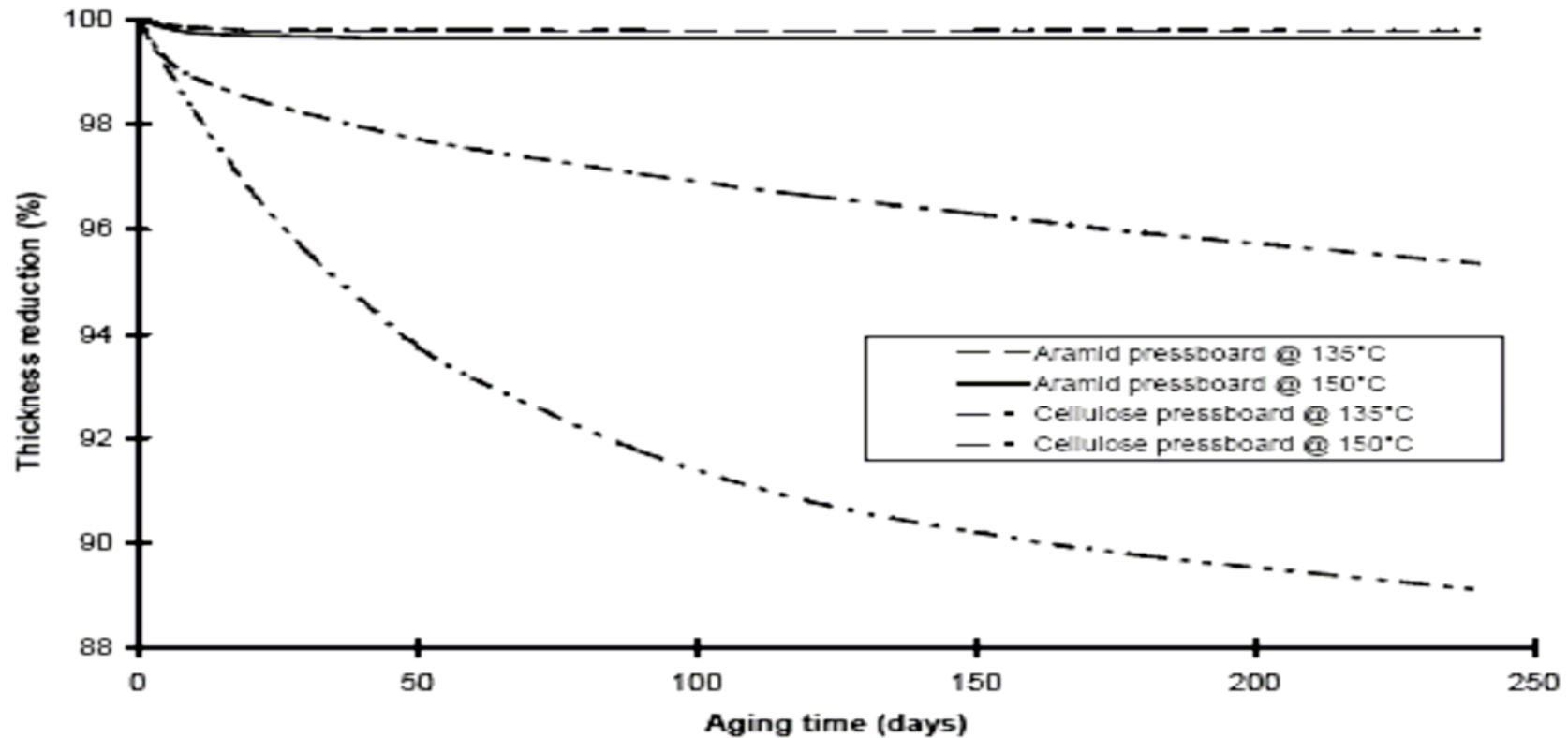
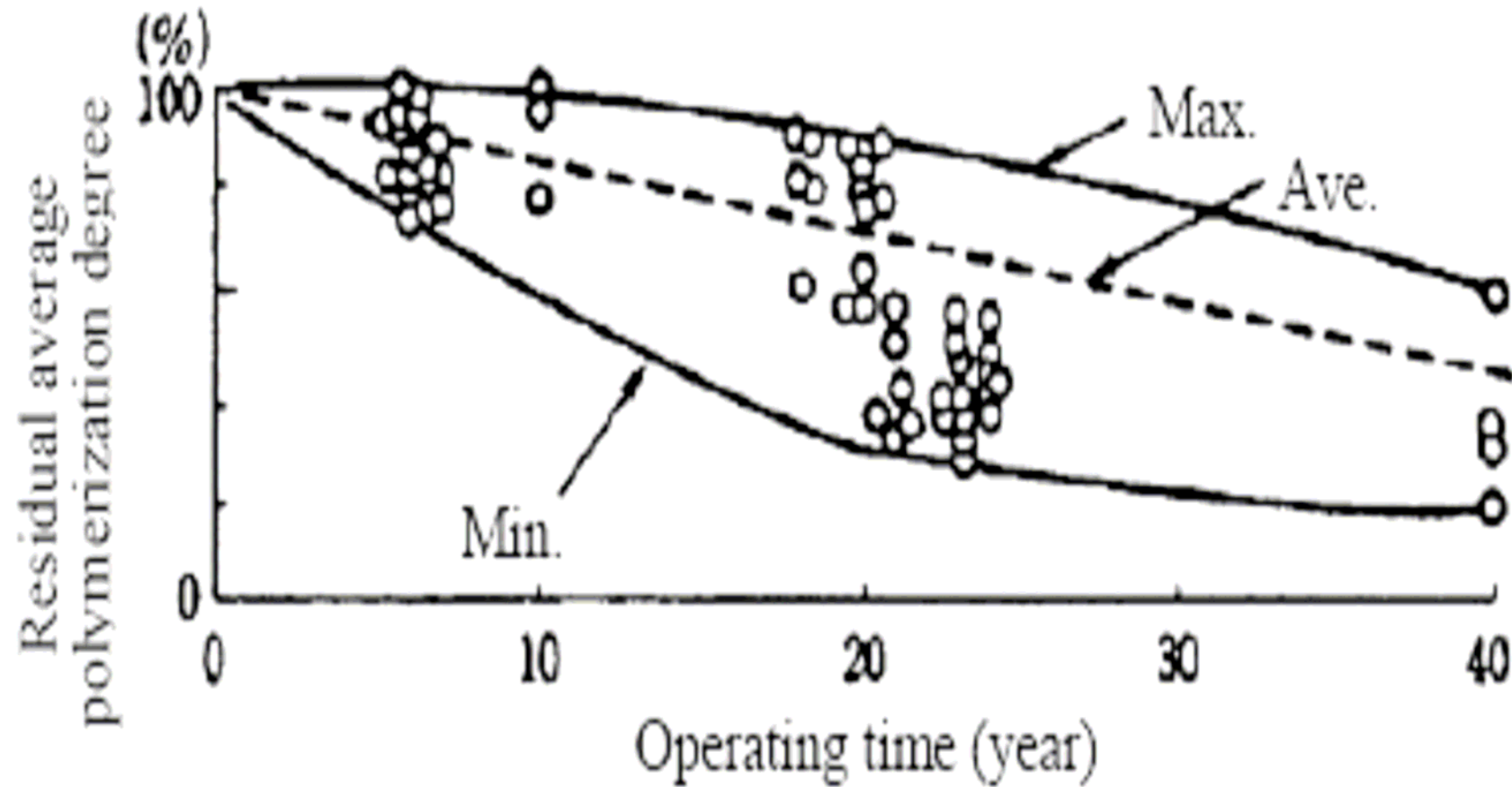


Fig. 5 : Static compression of cellulose board and aramid board under 10 MPa

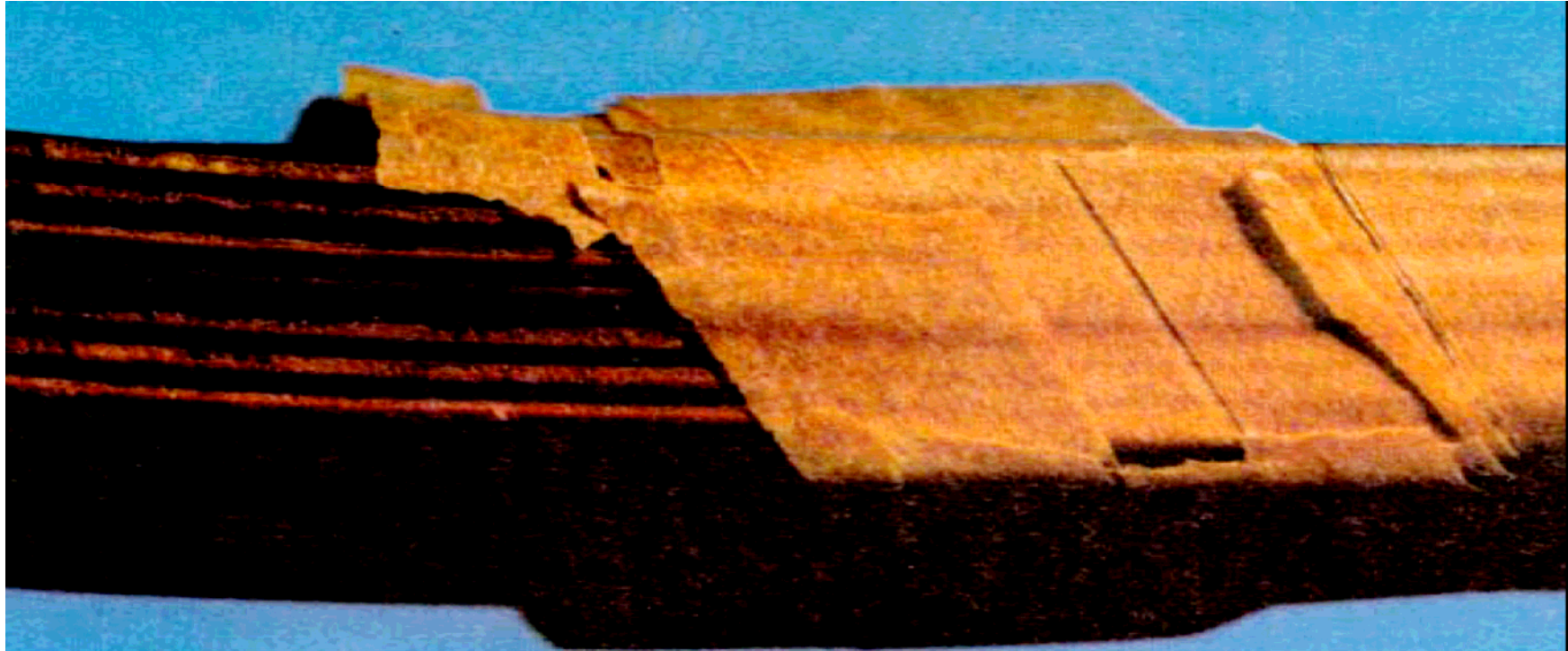
Állandó nyomás hatására a szigetelő roskadása és mechanikai szilárdságának csökkenése

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



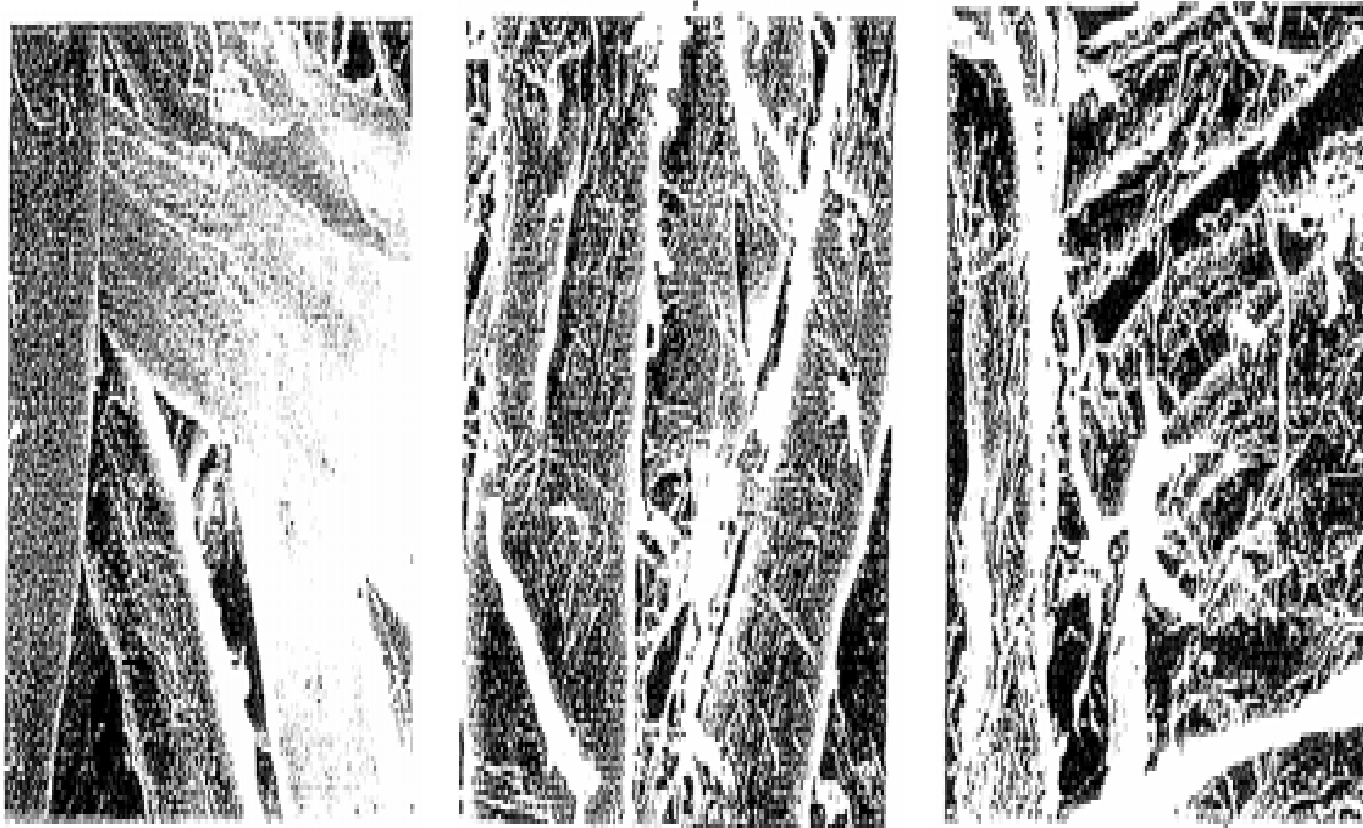
DP változása az üzemidő függvényében

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



- A papír öregedés irreverzibilis folyamat, így a trafó élettartamát a papír állapota határozza meg
- Polimerizációs fok (DP) új állapotban kb. 1000, élettartam végén kb. 200 (törékeny)

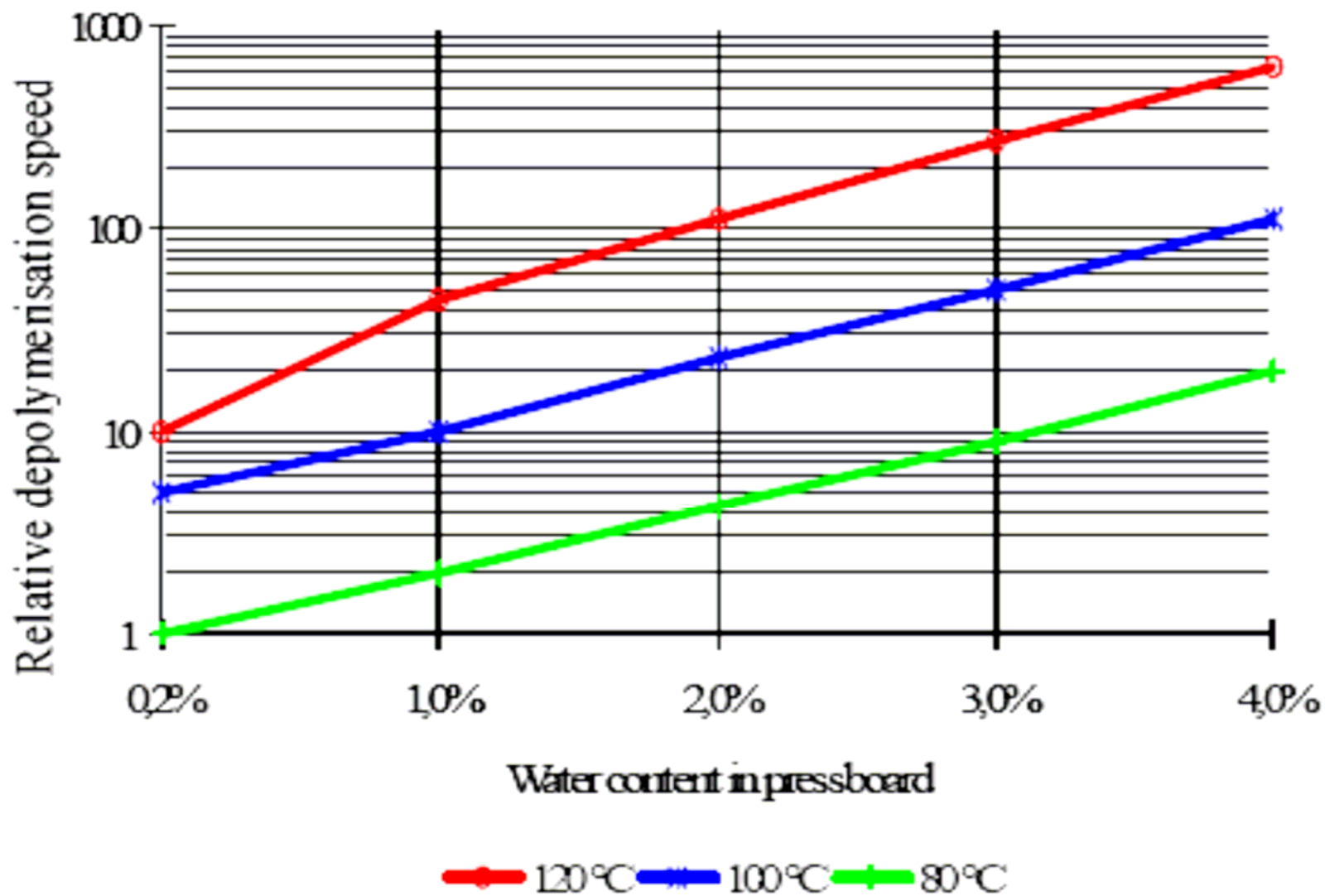
Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



a) New product (DP1000) b) Deteriorated (DP=500) c) Deteriorated (DP=300)

Fig. 2 Insulating paper fibers viewed under electron microscope (1000 magnifications)

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



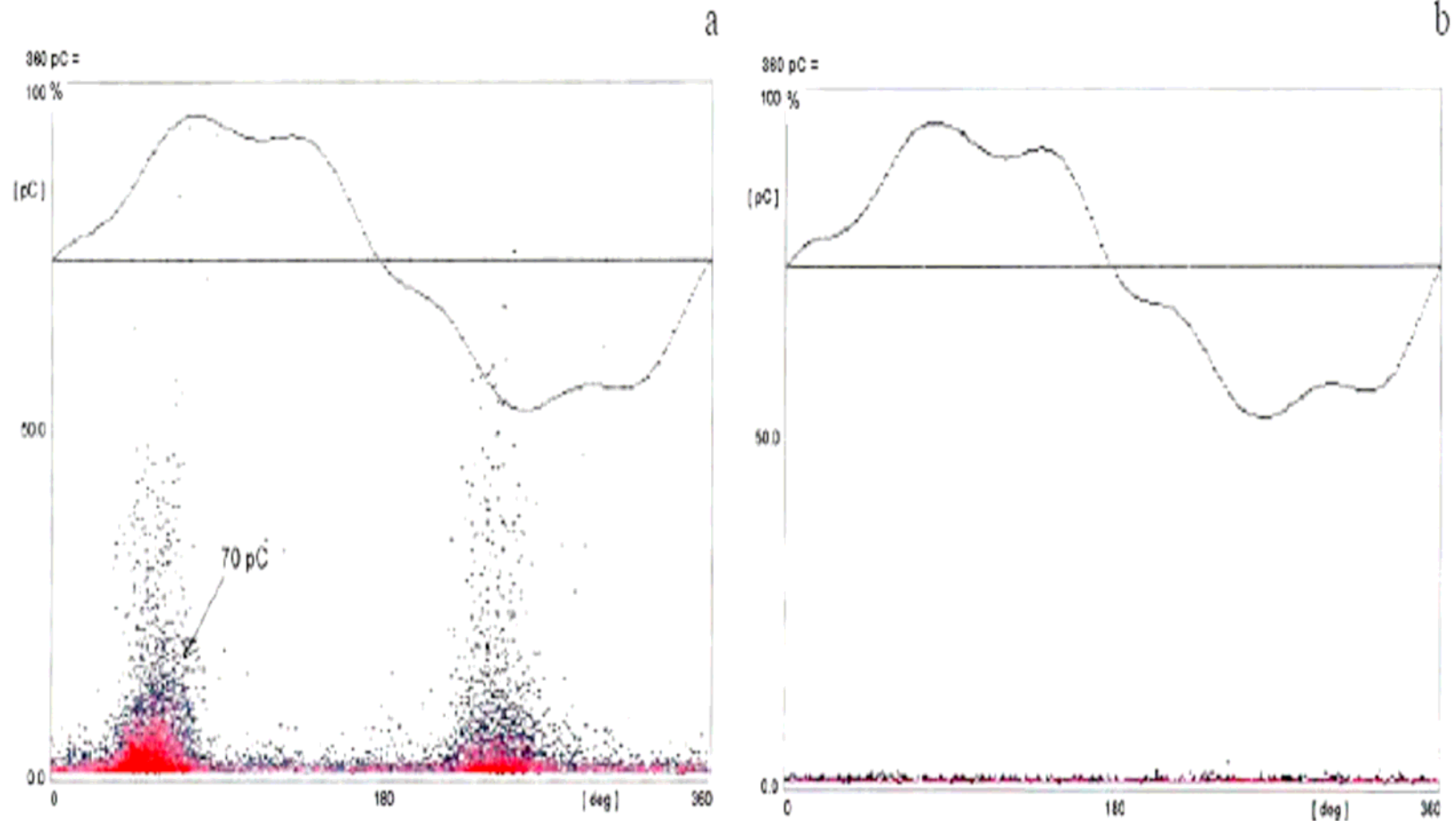
Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

| Sajóivánka | 2006.11.18 |
|------------|---|
| Sorszám | Mintavételi hely: |
| 1 | 2,3 cm-es tr.szigpapír, krepp nincs 597 |
| 2 | 2,75 cm-es rövid tr.szig.papírok, krepp foszlányok is, 604 |
| 3 | 2,3 és 2,75 cm-es tr.szig.papírok, krepp nincs 659 |
| 4 | 2,3 és némi 2,75 cm-es tr.papír, krepp nincs 659 |
| 5 | csak 2,75 cm-es tr.papír, 646 |
| 6 | csak 2,3 cm-es tr. szig.papír 675 |
| 7 | 120 kV-os kivzetésről 3,35 cm-es "krepp" szig.papír 846 |

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

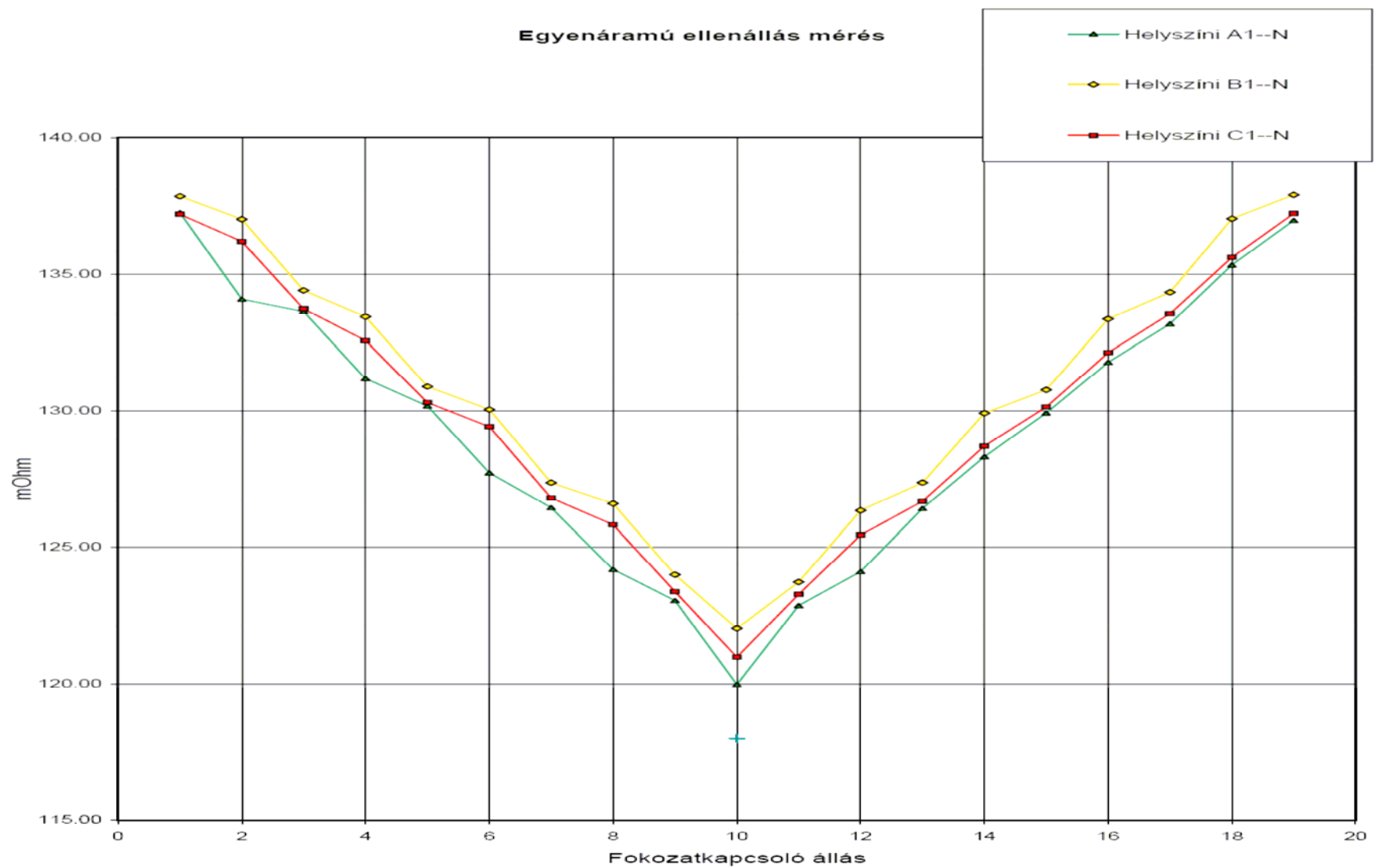
| Győr | 2006.11.02 |
|---------|--|
| Sorszám | Mintavételi hely: |
| 1 | 120 kV, B fázis, átvezető-szigetelő bekötésről 518 |
| 2 | Fokozatkapcsoló alól, a melegedésses hibahelyről 234 |
| 3 | 120 kV, A fázis, felülről 529 |
| 4 | 120 kV, C fázis, felülről 544 |
| 5 | 400 kV, B fázis, szekunder és terciér közül, alulról. 547 |
| 6 | xxx |
| 7 | xxx |

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



Részleges kisülések az utolsó szárítási folyamat előtt és után

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



3. Trafó OLTC diagnosztika

Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



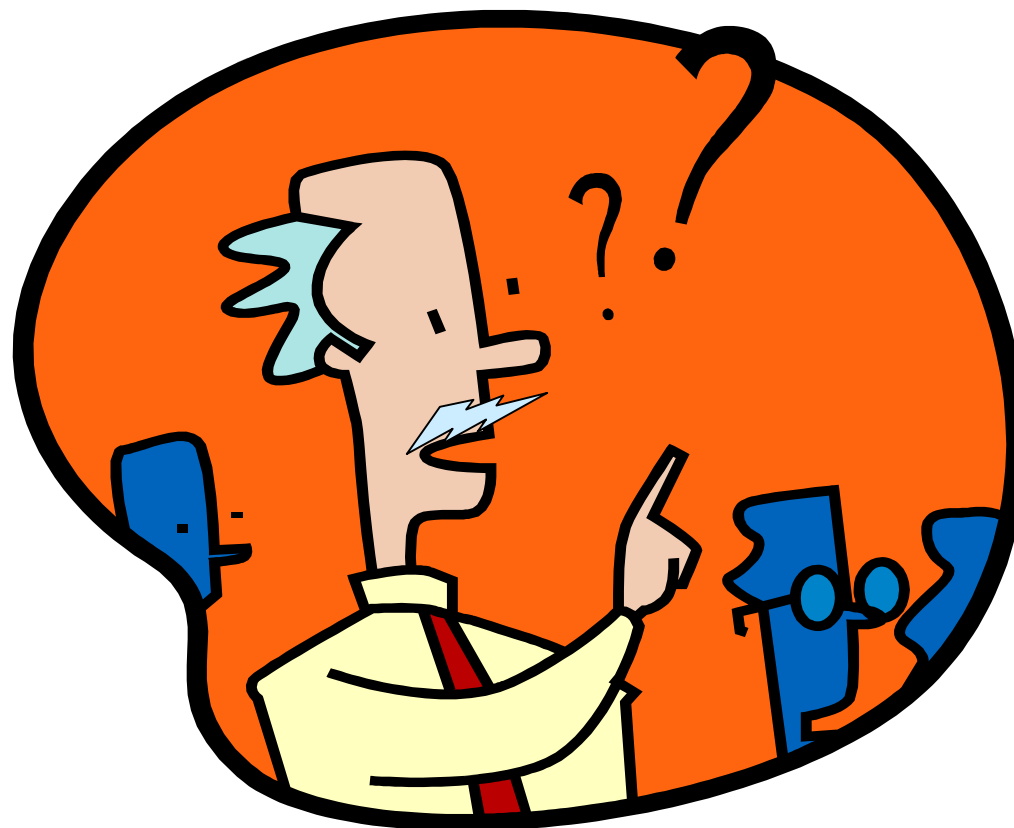
Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás



Kérdés ?.





Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás

Köszönöm a figyelmet



Trafó diagnosztika, helyszíni felújítás