



A Paksi Atomerőmű üzemidő hosszabbításához (ÜH) kapcsolódó, biztonsági funkciót ellátó kábelek üzemzavari minősítő vizsgálata

Ferenczi Zoltán
VEIKI-VNL Kft.

IX. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia
Siófok, 2009 okt. 14-16.

*Az atomerőmű biztonsági funkciót ellátó kábeleinek
minősített élettartamuk során bekövetkező üzemzavar
alatt meg kell őrizniük működőképességüket...*

- Az üzemzavari minősítő vizsgálatok célja valamint kapcsolódása az ÜH folyamatához
- A biztonsági feladatot ellátó kábelek megfelelőség-igazolása üzemzavari minősítő vizsgálatokkal
- A vizsgálatok értékelése, következtetések

Egy kis történelem...

ÜH – minősítés kapcsolata:

- a kábelek kezdeti minősítését nem tartalmazta az atomerőmű tervezési alapja
- az elmaradt minősítéseket az atomerőmű - együtt az ÜH által támasztott további 20 évre szóló minősítési igényekkel - folyamatosan pótolja
- az elmúlt évek üzemzavari szimulációs számítási eredményei folyamatosan beépültek az ÜH 20 éves tervezett időtartamára vonatkozó minősítések követelményrendszerébe...

I. Az üzemzavari vizsgálatok célja:

...annak igazolása, hogy az *üzemi környezetben* öregedő, *biztonsági funkciót ellátó* kábelek egy esetlegesen keletkező üzemzavar során képesek maradnak biztonsági funkciójuk teljesítésére...

Biztonsági funkció:

- reaktor leállítása, szubkritikus állapotban tartása
- remanens hő elvezetése
- hermetikus tér integritás megtartása.

Üzemi környezet öregítő hatásai:

- termikus öregedés (Arrhenius)
- hőmérséklet- ciklusok
- sugáröregedés (polimerek tulajdonságai megváltoznak), dózisteljesítmény effektus
- oxigén jelenlét (kábelvég effektus)
- nedvesség, kemikáliák, felszíni por jelenléte (kábelszerkezet, csatlakozás)
- ciklikus túláram, túlfeszültség
- mechanikai hatások (karbantartás okozta elmozdulás, vibráció)

Üzemzavari környezeti hatások:

- magas hőmérséklet (150-180 °C)
- nyomás tranziens (~1,5 bar túlnyomás)
- magas üzemzavari sugárzás (kGy/ó)
- kondenzált gőz (~100 % páratartalom)
- üzemzavari kemikáliák (H_3BO_3 , N_2H_4 , KOH) jelenléte, elárasztás
- szeizmikus események (vibráció, OBE, SSE)
- tűz (tűzterjedés, működőképesség megtartás)

Következmények:

➤ *Mechanikai tulajdonságok romlása*

- keménység növekedése, ridegedés
- szakadási nyúlás csökkenés
- sűrűség növekedés

➤ *Villamos tulajdonságok megváltozása*

- szigetelési ellenállás csökkenés
- PD értékek növekedése

➤ *Fém szerkezeti elemek korróziója*

...végül a kábel (berendezés) funkcióvesztése...

II. Üzemzavari minősítő vizsgálatok

Tesztelési sorrend (IEEE 323)

- állapot ellenőrzés
- üzemi környezet szimulációja (hőmérséklet, γ sugárzás, ciklikus hőterhelés, stb.)
- üzemzavari γ sugárzás (ha szükséges)
- szeizmikus tesztek (ha szükséges)
- üzemzavari szimuláció (P, T, gőz)
- üzemzavar utáni állapotok modellezése
- végső állapot ellenőrzés
- tűzállósági vizsgálat (ha szükséges).

1. Állapot ellenőrzés:

A kábel műszaki paraméterek vizsgálata:

- vizuális ellenőrzés (köpeny, érszigetelés, hibák, sérülések, stb.)
- villamos paraméterek ellenőrzése (R_{szig} , polarizációs index, feszültség próba, $\text{tg}\delta$, középfeszültségű kábel impulzus test vizsgálat)
- mechanikai paraméterek vizsgálata (szakítószilárdság, szakadási nyúlás vizsgálat)

Állapot ellenőrzés



Szigetelési ellenállás, polarizációs index mérés



Kapacitás, veszteségi szög mérése



Feszültség próba

2. Üzemi környezet szimulációja:

➤ Gyorsított termikus öregítés (Arrhenius):

Öregítési idő:

$$t_a = \frac{t_s}{\frac{E_A}{K_B} \left(\frac{1}{T_S} - \frac{1}{T_A} \right)}$$

t_s = üzemi hőmérséklet ideje [óra]

T_s = üzemi hőmérséklet [K]

T_a = öregítési hőmérséklet [K]

K_b = Boltzmann állandó [$8,62 \cdot 10^{-5}$ eV/K]

E_a = aktiválási energia [eV]

Gyorsított termikus öregítés



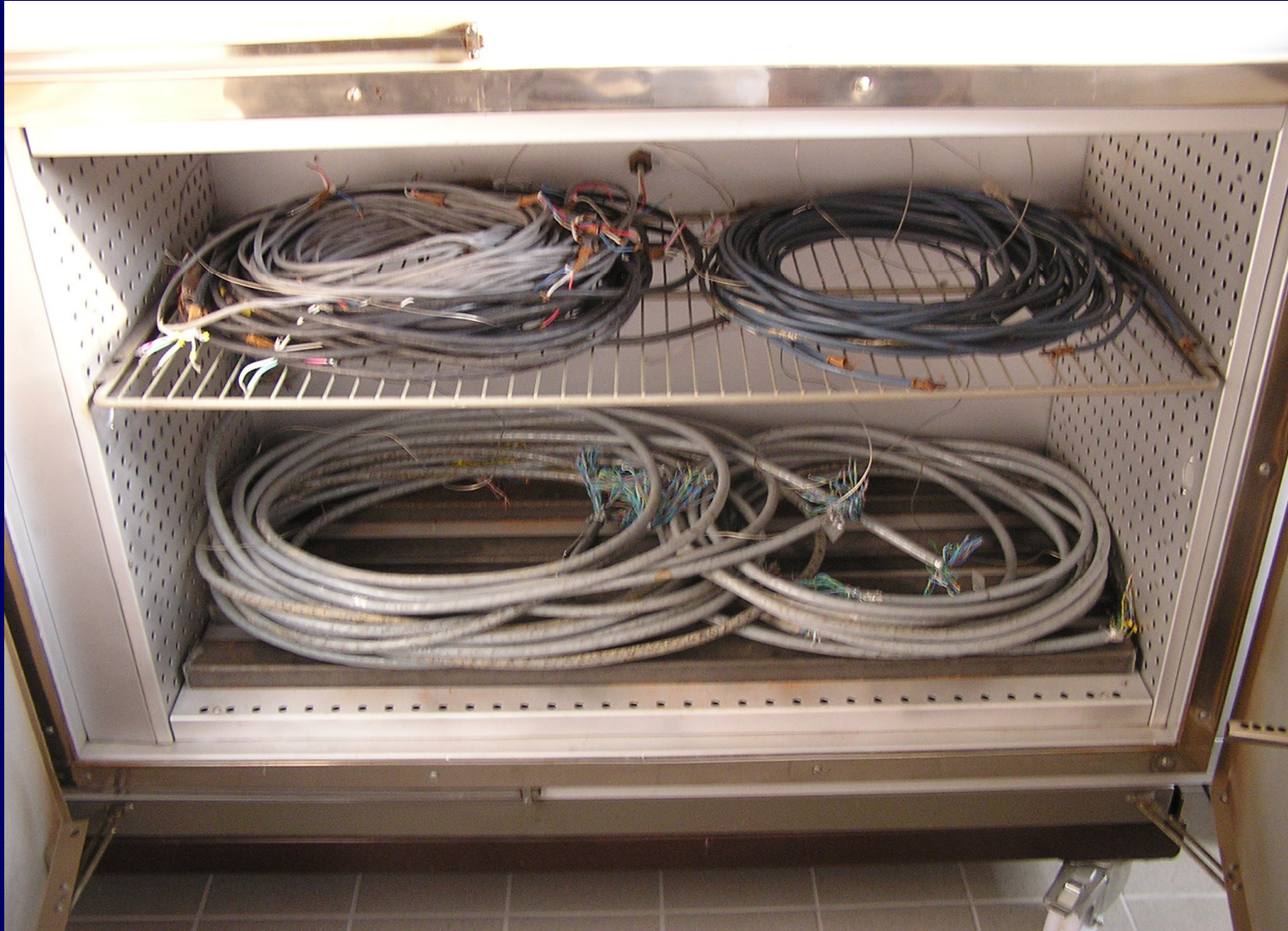
Termikus öregítésre előkészített PVC kábelek

Gyorsított termikus öregítés



XLPE kábelek termikus öregítése

Gyorsított termikus öregítés



PVC jelző- működtető kábelek termikus öregítése

➤ Üzemi γ sugárzás modellezése

(^{60}Co sugárforrással a minősítés érvényességi idejéből számított dózissal)

3. Üzemzavari szimuláció

Paraméterek az IEEE 323 konzervativizmusmal:

- max. hőmérséklet: + 8 °C
- max. nyomás: +10 %
- sugárzás: +10 %
- tápfeszültség: +10 %
- működési idő: +10 %
- vibráció: +10 %

^{60}Co besugárzás vizsgálat



Kábelek üzemi
besugárzása ^{60}Co
sugárforrással

➤ Üzemzavari γ sugárzás modellezése

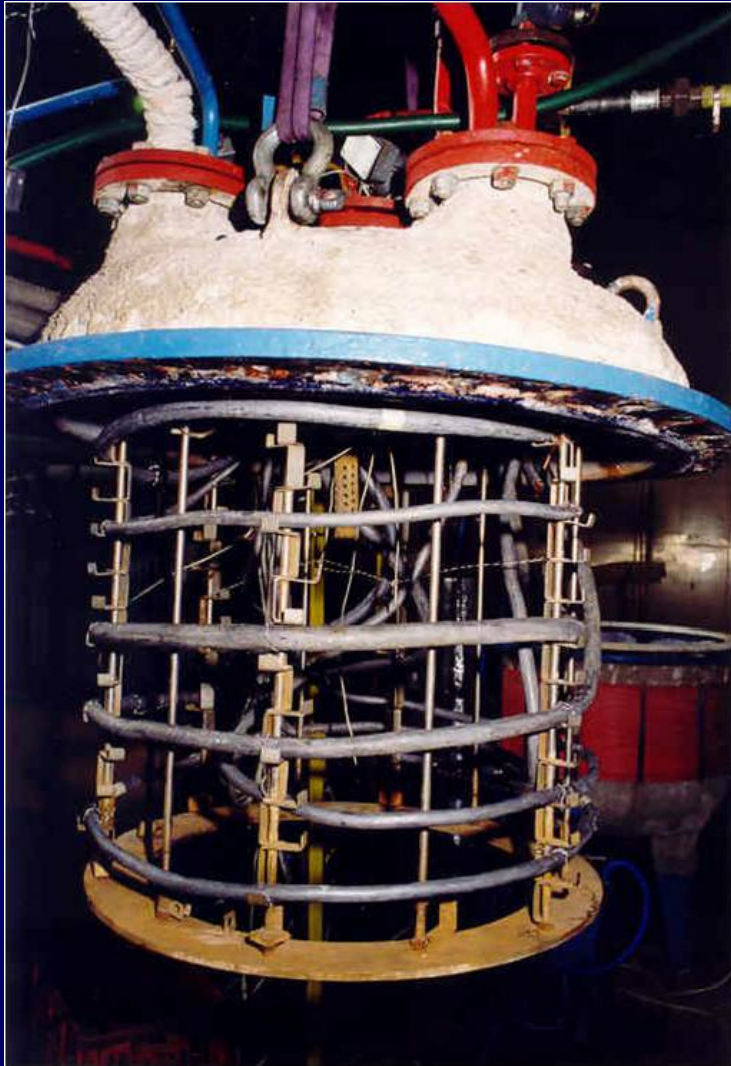
Dózisteljesítmény: 1-10 kGy/ó

Dózis: 100 kGy + 10%

➤ Termohidraulikai paraméterek szimulációja

3.1 Tervezési üzemzavari vizsgálat (NA 500):

- előkondicionálás (60 °C/0,1 MPa/5 óra)
- 5 „kis” üzemzavar (60/90 °C és 0,1/0,17 MPa)
- kondicionálás (60 °C/ 0,1 MPa 10 óra)
- „nagy” üzemzavar (135 °C/0,24 MPa 10 óra)
- utóöregítés (60 °C/0,1 MPa/125 óra)
- elárasztás (30-60 °C/0,1 Mpa/10 óra)



Vizsgálatra előkészített
irányítástechnikai kábelek

Tervezési üzemzavari vizsgálat



PVC kábelek az üzemzavari vizsgálat végén

Tervezési üzemzavari vizsgálat



Sérült PVC kábelköpeny a vizsgálat végén



Meghibásodott PVC kábelszerkezet a vizsgálat végén

3.2 „Helyiség specifikus” vizsgálat (CONTAIN):

- a termohidraulikai paraméterek számítása (T, P, gőz) a helyiség fizikai jellemzői alapján

Előnye:

- nem csak a csúcsérték, hanem a paraméterek időbeli lefutása is rendelkezésre áll
- jól modellezhető a helyiségek egymásra történő áthatása
- több érintett helyiség esetében eredő burkoló görbe készíthető
- szükség esetén „vegyes paraméterű” vizsgálat

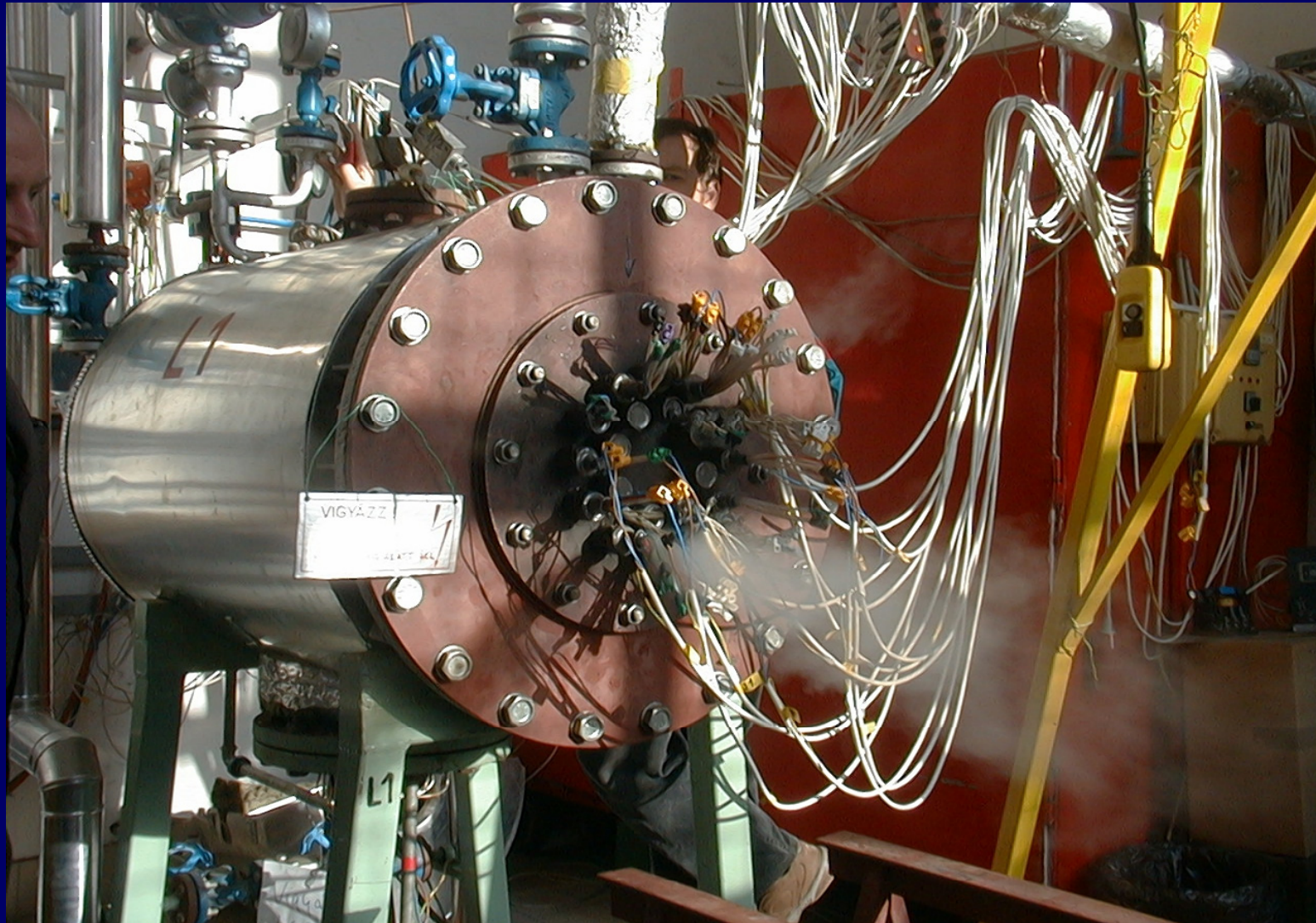
Üzemzavari adatok mérése, rögzítése:

számítógépes mérőrendszerrel (T, P)

Üzemzavari működőképesség igazolása:

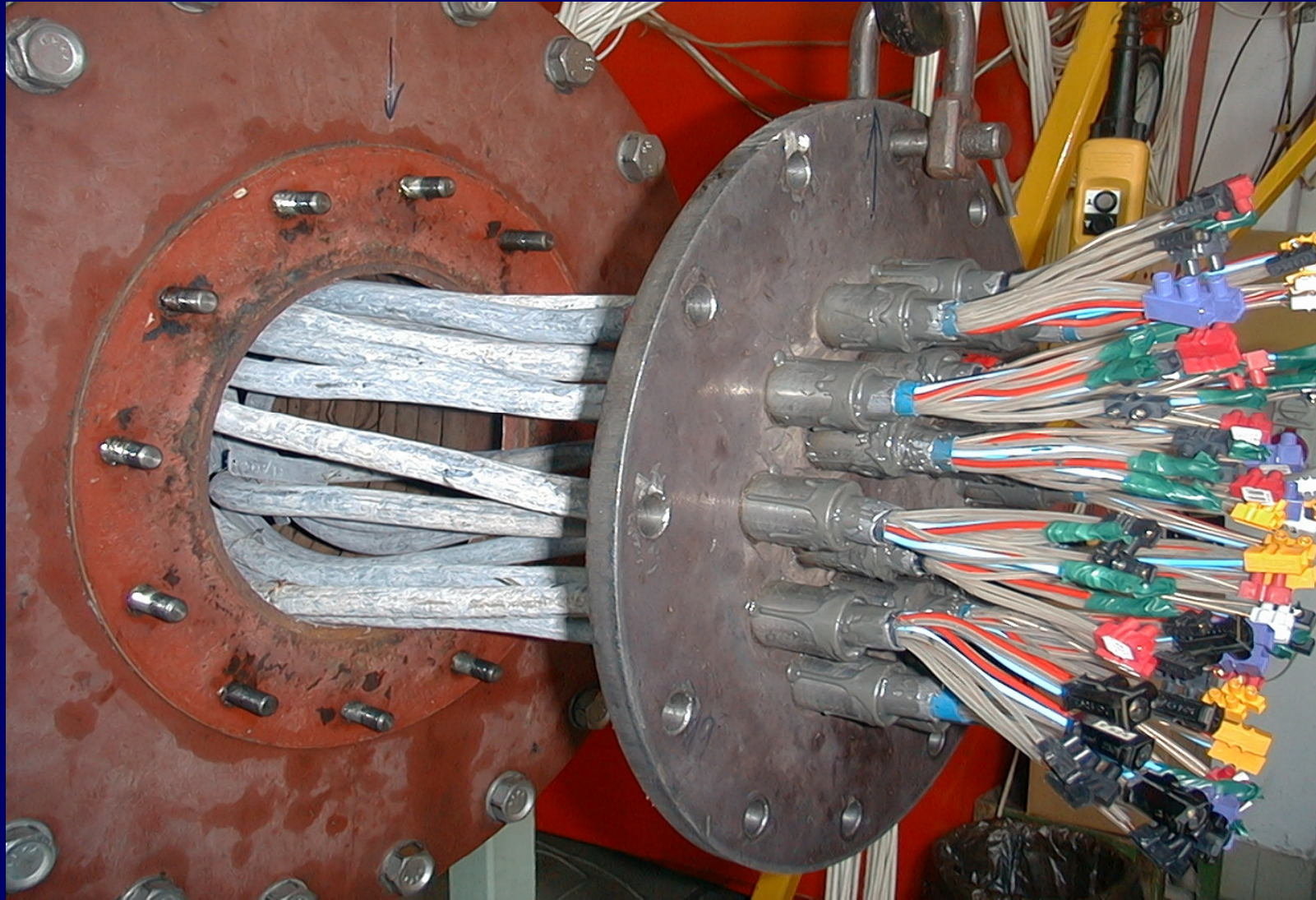
- folyamatos működőképesség- megtartás vizsgálat a kábelekre kapcsolt feszültség és áram jelekkel,
- időszakos szigetelési ellenállásmérés

Helyiség specifikus üzemzavari vizsgálat



KPoSZG típusú kábelek üzemzavari vizsgálata

Helyiség specifikus üzemzavari vizsgálat

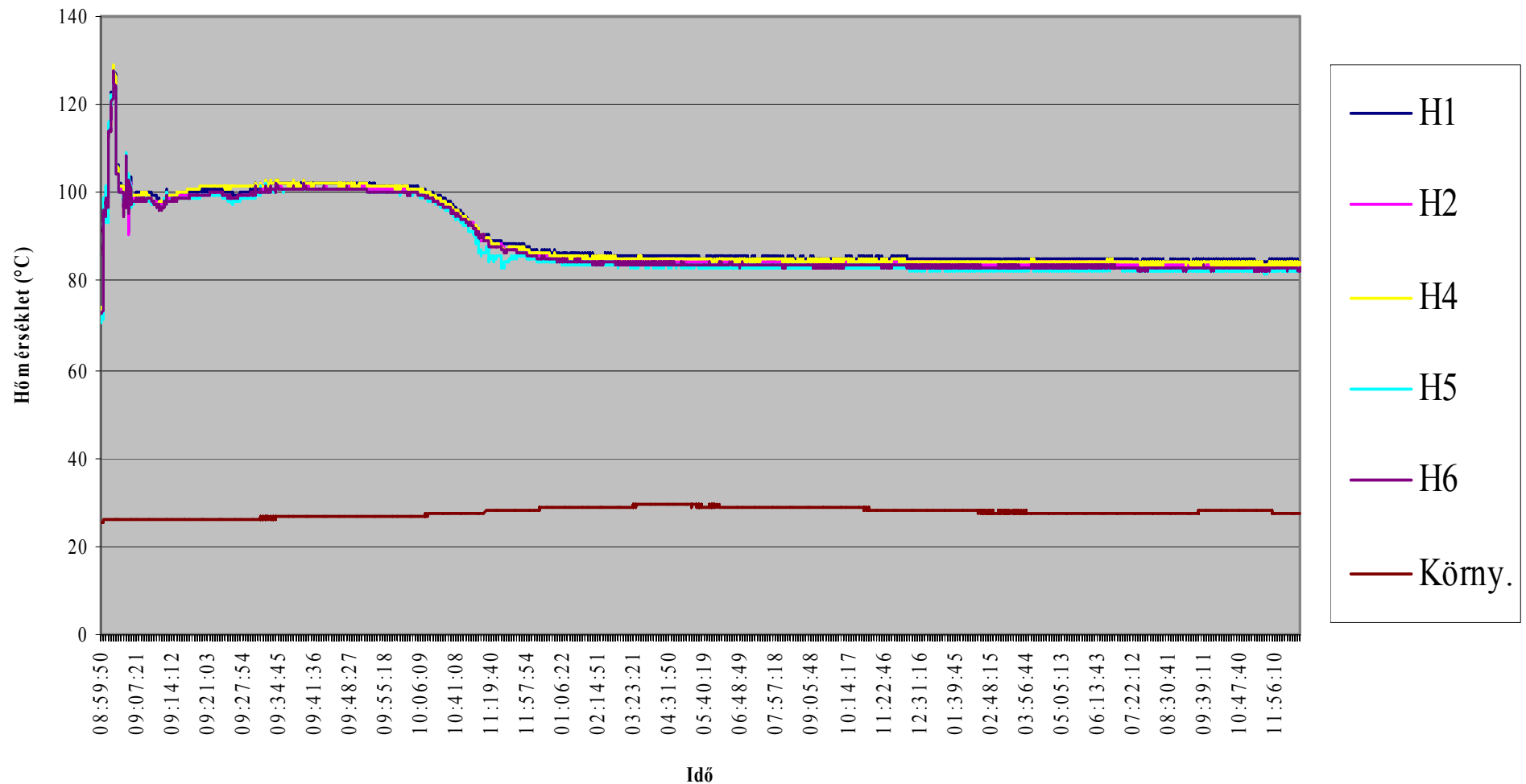


KPoSZG típusú kábelek a vizsgálat végén

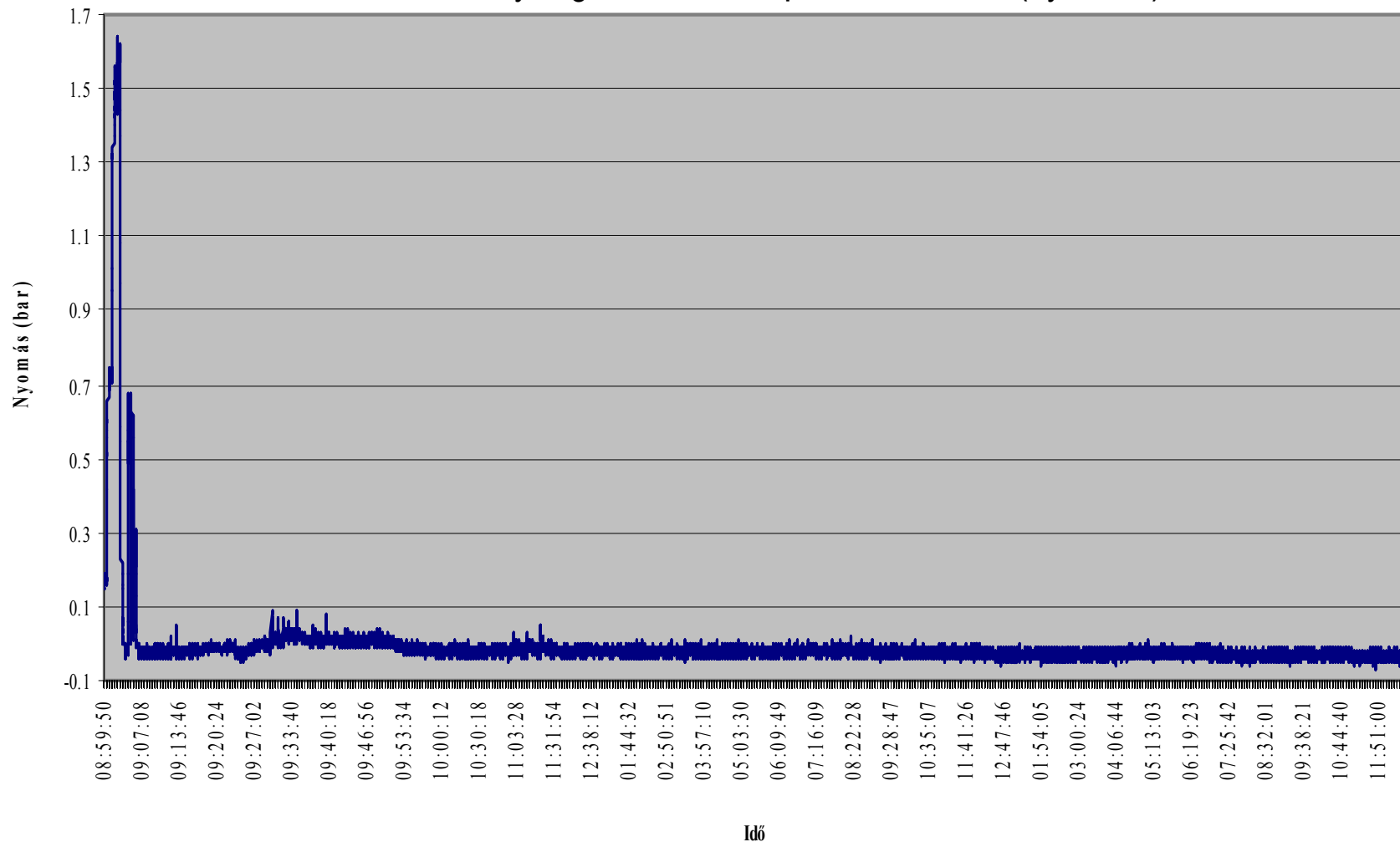


Sérült KPoSZG típusú kábel a vizsgálat végén

A PAE üzemi területéről kisserelt 10 év öregítésű KPoSZG kábelek vizsgálata az 201 helység üzemzavari paramétereivel (hőmérséklet)



A PAE üzemi területéről kisserelt 10 év öregítésű KPoSZG kábelek vizsgálata az 201 helység üzemzavari paramétereivel (nyomás)



III. A vizsgálatok értékelése:

- az elvégzett üzemzavari vizsgálatok alkalmasak az üzemi környezetben öregedő, biztonsági funkciót ellátó kábel üzemzavari megfelelőségének igazolására...
- a tesztek eredményei (elsősorban a nem statisztikai értékű mintavétel miatt) nem az adott kábeltípus megfelelő működését igazolják, hanem azt, hogy minősített élettartam során nem kell feltételezni az adott kábeltípus azonos okokra visszavezethető meghibásodását.

Kérdés?



**KÖSZÖNET A
MEGTISZTELŐ
FIGYELMÜKÉRT!**