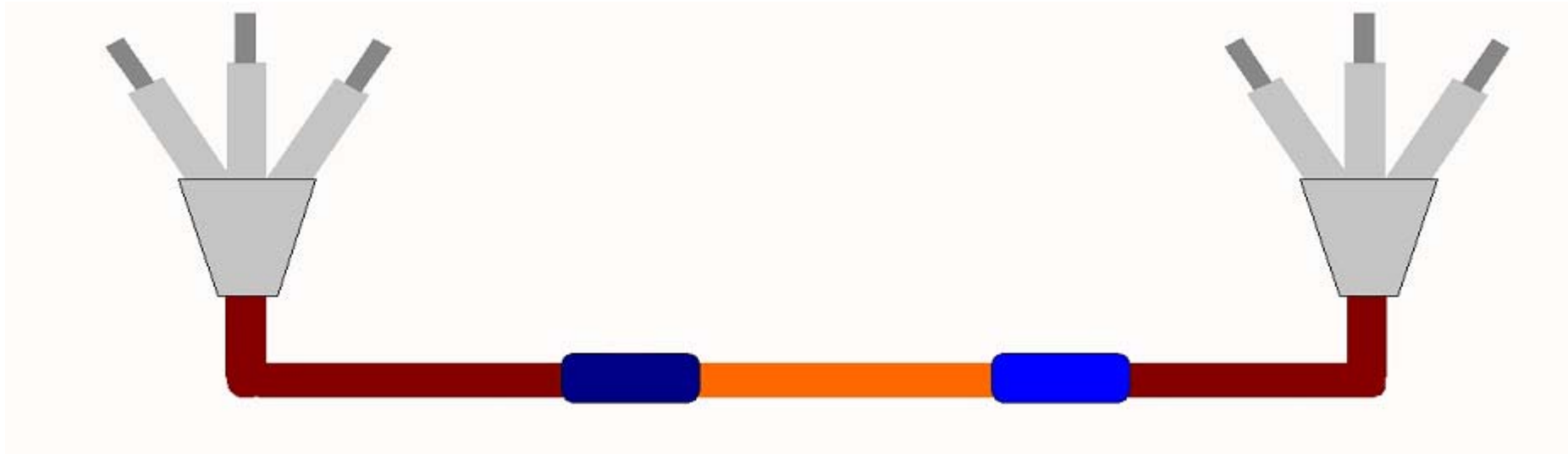


Középfeszültségű elosztóhálózati
kábelvonalak
szigetelésdiagnosztikai
állapotjellemzőinek értékelése az
E.ON Észak-dunántúli
Áramszolgáltató Zrt. területén

VII. Szigetelésdiagnosztikai
Konferencia Siófok 2007 04. 25-27.

Típusos erősáramú kábelhálózat

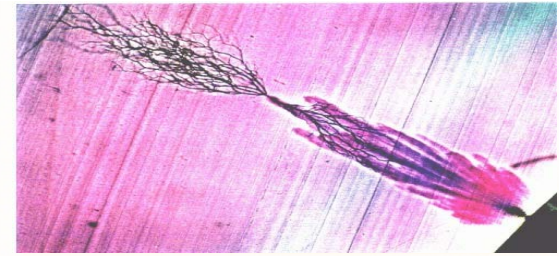
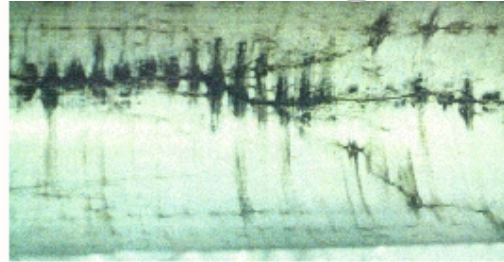


Kábelszakasz:

- Kábel
- Összekötők
- Végelzárók

- Különböző típusok
- Különböző életkor
- Különböző múlt

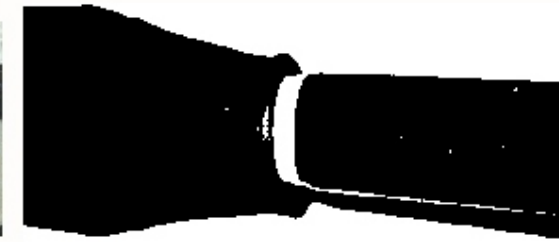
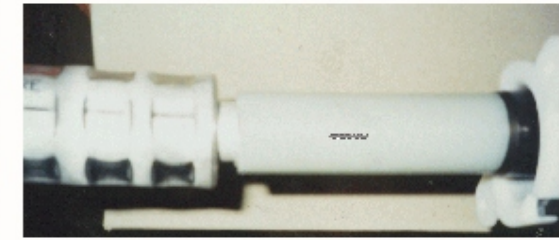
Erősáramú kábelek szigetelési hibái



Kábelszigetelés öregedése



Összekötő öregedése



Rossz szerelés



Végelzáró öregedése

Helyi (lokális) és egész szigetelésre kiterjedő romlás

A kábelszigetelés különböző romlásai két nagy csoportba oszthatók:

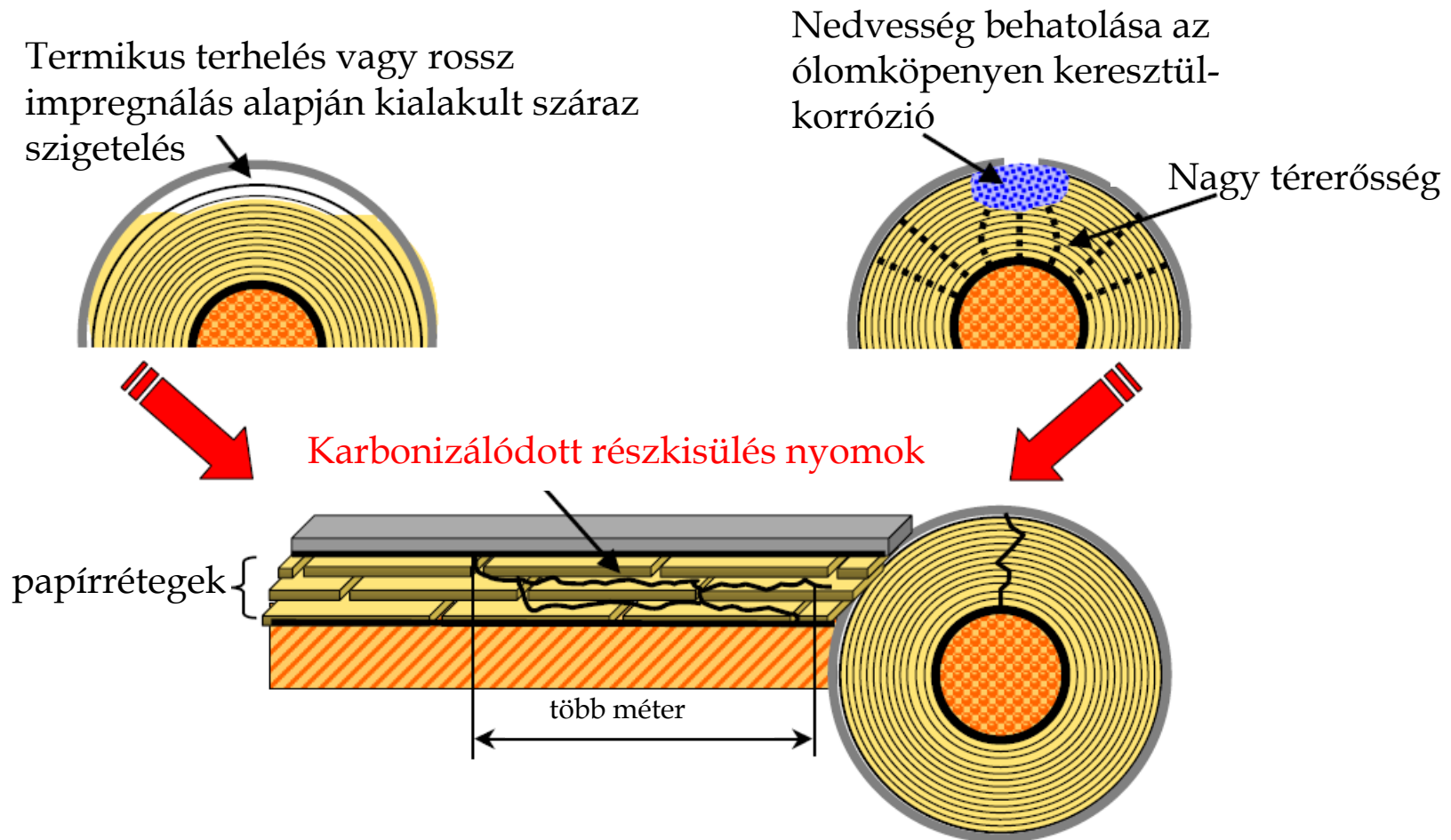
- Helyi (lokális) meghibásodás
- Általános, a szigetelés egészére kiterjedő romlás

Diagnosztikai eszközök kiválasztása

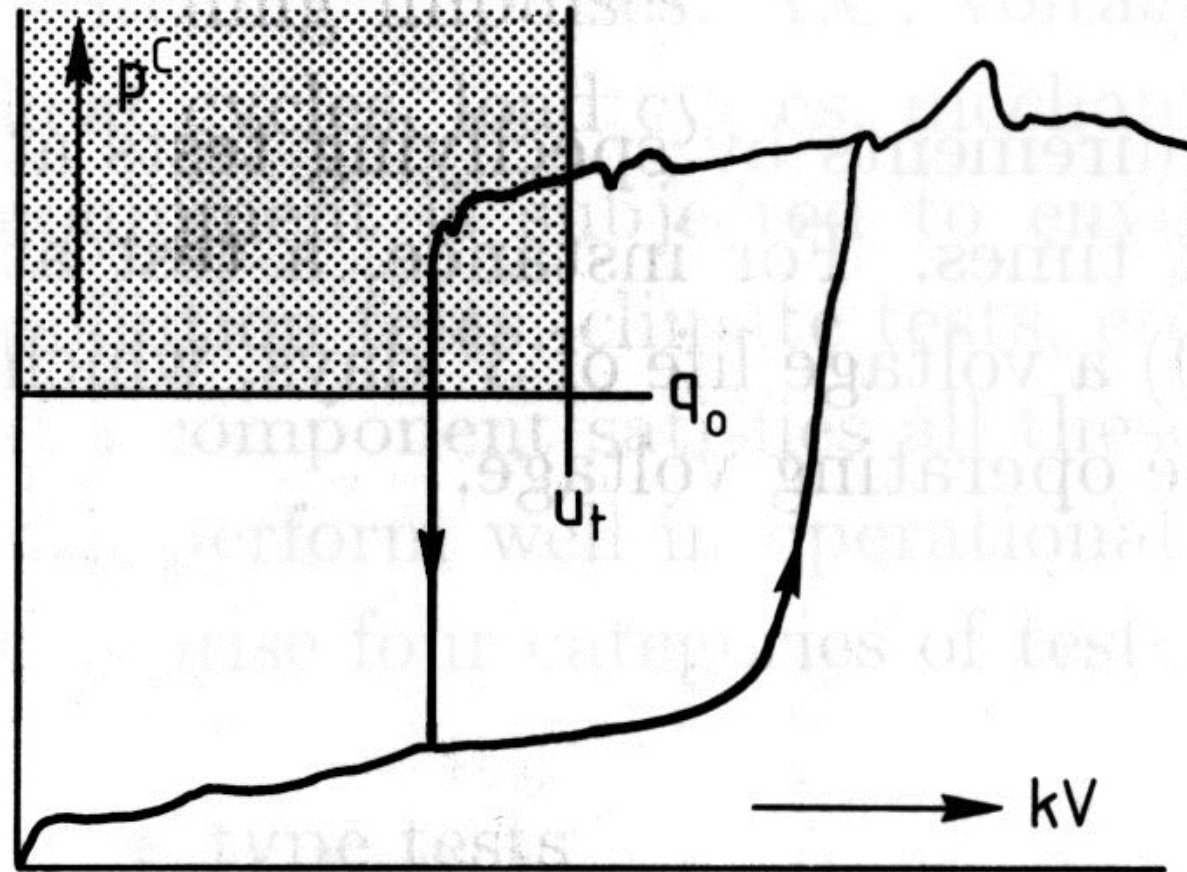
Két tipikus diagnosztika:

- Lokális hiba kimutatása: Részleges kisülés (PD)
- Ált. romlás kimutatása: Visszatérő fesz. (RVM)

Részleges kisülések kialakulásának okai az olaj-papír szigetelőben



A részleges kisülések jellemzői



PDEV

(Kialvási feszültség)

U_{be}

PDIV

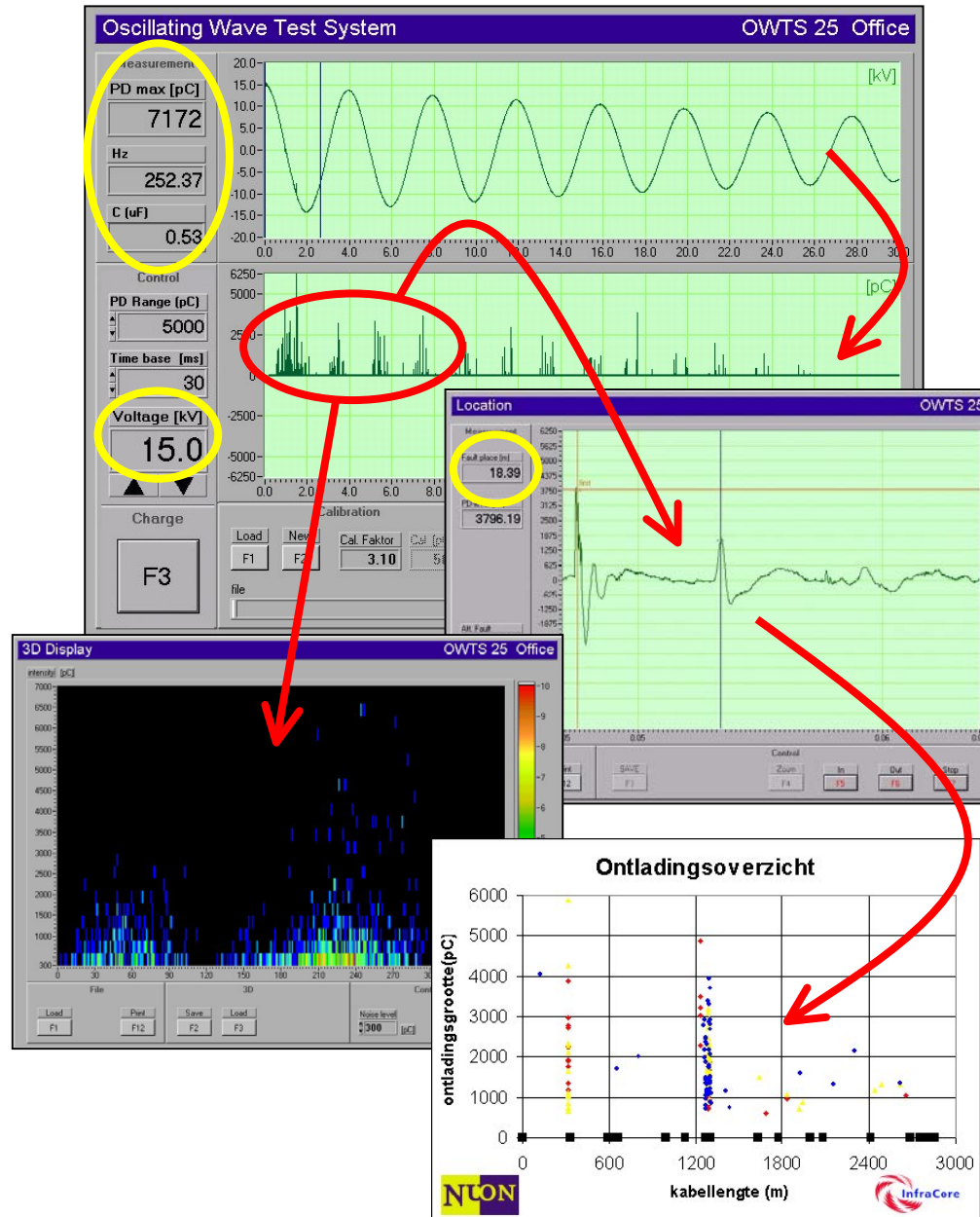
(Begyújtási feszültség)

Részleges kisülés vizsgálat. Az U_t feszültség alatt mért q_0 -nál nagyobb mértékű részleges kisülés nem elfogadható, ld. az árnyékolt területet.

Részleges kisülés mérés értelmezési szabályok

PD begyűjtési fesz.	< üzemi fesz.	> üzemi fesz.
PD kialvási fesz.	< üzemi fesz.	> üzemi fesz.
PD nagysága	< tipikus érték	> tipikus érték
PD intenzitása	alacsony	magas
PD minták	egy-egy impulzus	nagyszámú impulzusok
PD lokalizálás	kábel szigetelésben	kábel szerelvényekben
PD térkép	elszórt PD	koncentrikus PD

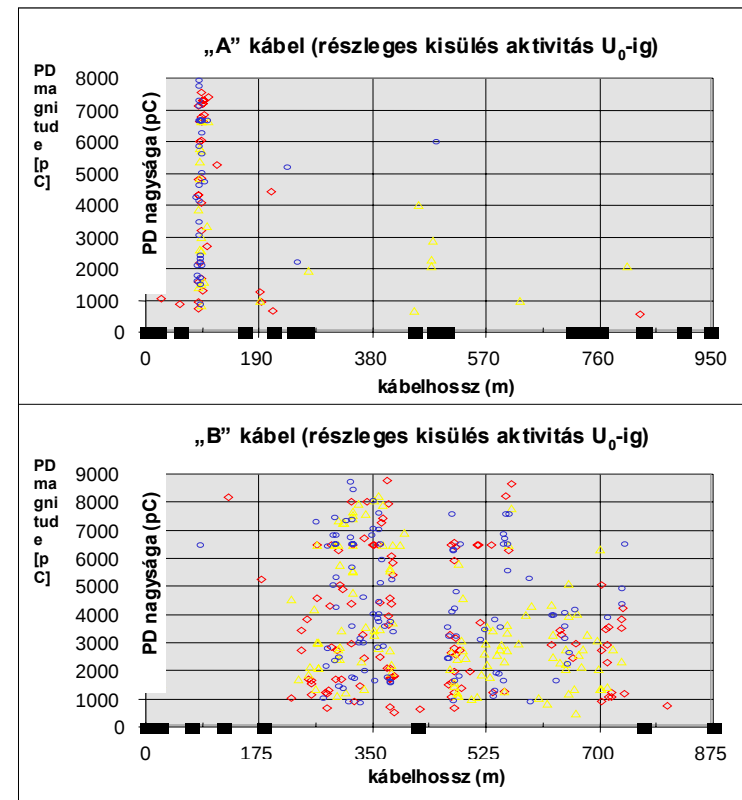
A kábel újljenyomata



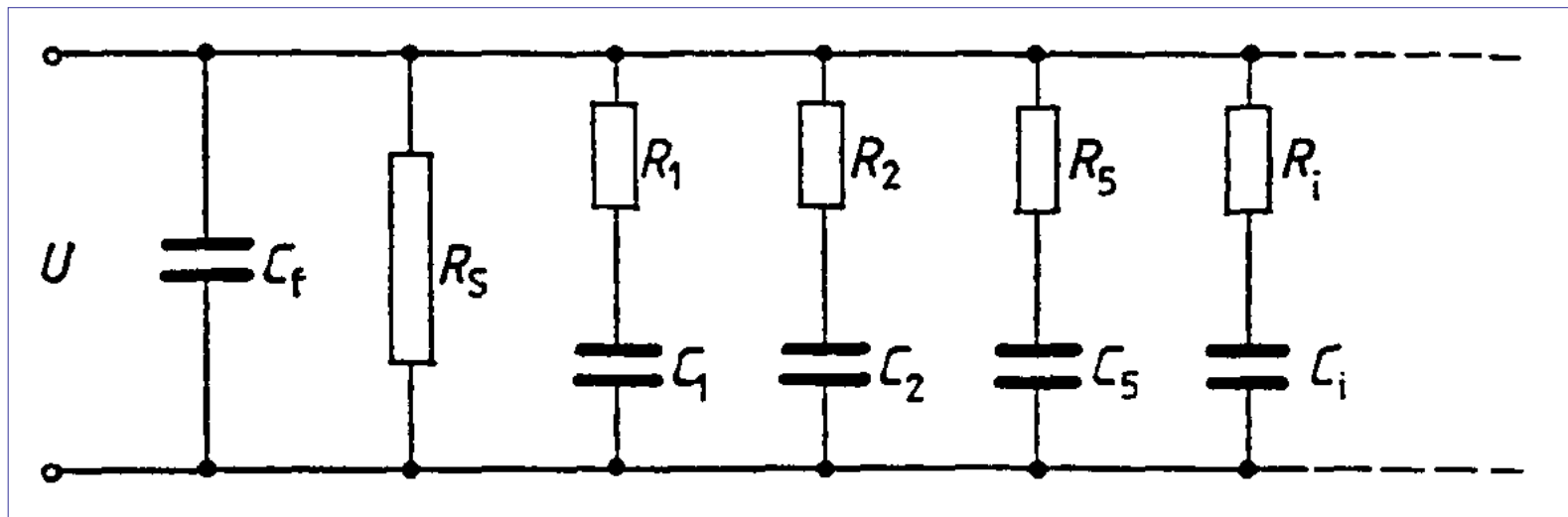
PD begyűjtési fesz. PDIV;
PD kialvási fesz. PDEV;
PD nagysága;
PD intenzitása;
PD-minta (2D & 3D);
PD-térkép.

Koncentrikus, és elszórt, részkisülés eloszlás az elosztóhálózati kábeleknél

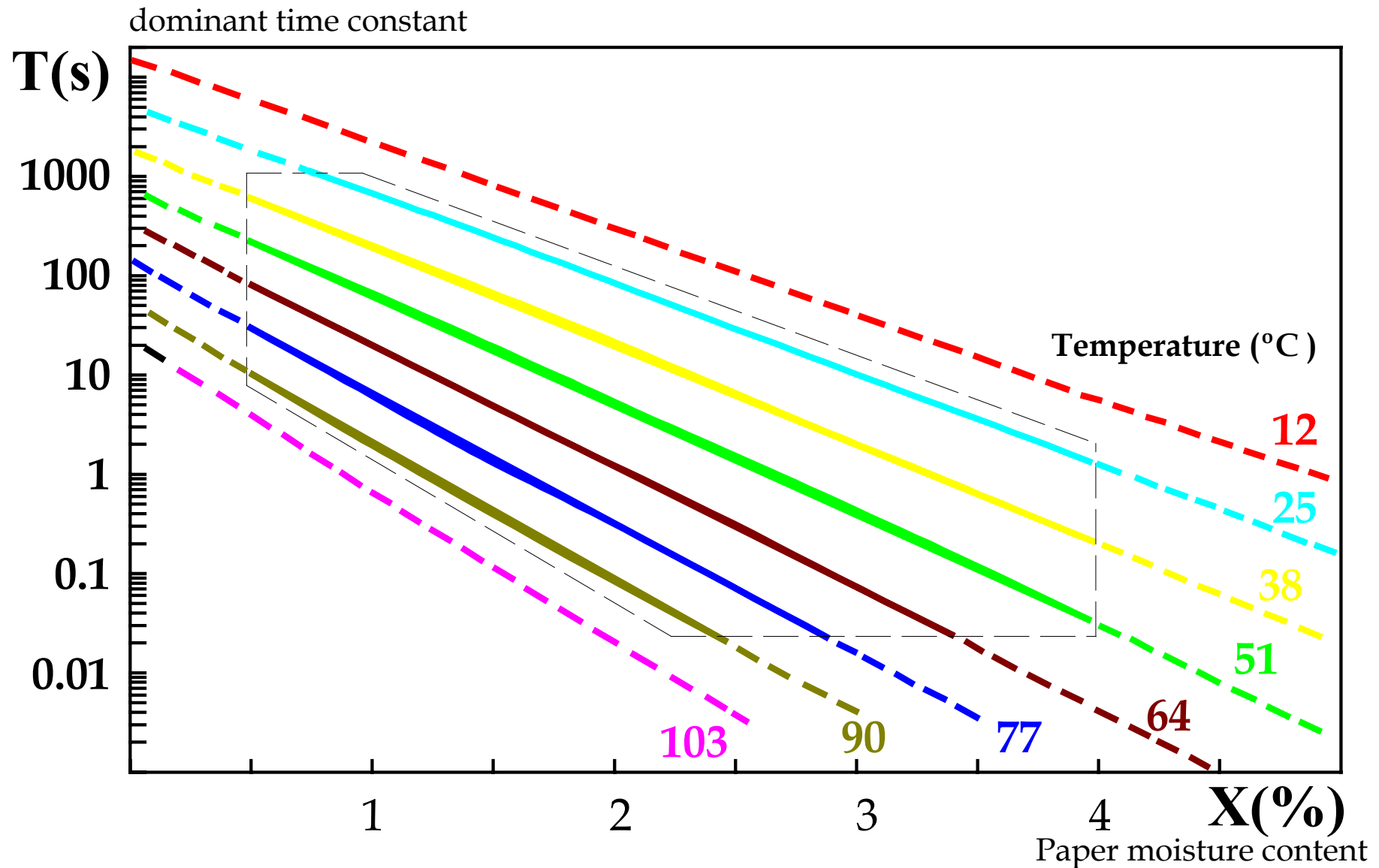
- Helyi „hiba”
 - javítás után a szigetelés jó állapotú lesz
- kiterjedt „hiba”
 - leggyengébb pont javítása után rövid idővel ismét kialakul egy újabb leggyengébb pont



Több időállandós szigetelési modell



Nomogram az RVM mérési eredmények kiértékeléséhez



További mérések az elosztóhálózati kábelek szigetelési állapotának megállapításához

- 50 Hz ipari frekvenciás részleges kisülés mérés,
- 0.1Hz, $\text{tg}\delta$, PD-mérés,
- relaxációs árammérés,
- **szigetelési ellenállásmérés (5 kV DC),**
- **$\text{tg}\delta$ -és kapacitás mérés 50 Hz-en a feszültség függvényében (12 kV U_{eff})**

Kábeldiagnosztikai műszerek az E.ON NS-nél



Mérési eredmények kiértékelése

Olaj/ papír szigetelésű kábel esetén a „jó” szigetelési állapotra jellemző állapotjellemzők:

- „száraz”, azaz a **papíros nedvességtartalma nagyon minimális**
- öregedési termékektől mentes,
- nincs vagy kevés üreg a szigetelőanyagban,
- végelzárók és összekötők szerelése megfelelő technológiával történt.

Mérési eredmények kiértékelése

Az ismert diagnosztikai módszerek alkalmazása esetén a „jó” olaj-papír szigetelési állapotra az alábbi eredmények jellemzőek:

- nagy szigetelési ellenállás (nagyobb, mint $100 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$),
- határréteg polarizáció nagy „domináns” időállandójú legyen
- RVM módszerrel mérve a domináns időállandó „nagyon jó” állapot esetén 1000 s , jó állapot esetén pedig 100 s vagy annál nagyobb,
- az 50 Hz -es veszteségi tényező az új kábelre megadott gyári érték körüli legyen (kábelenként változó, de általában $\text{tg}\delta \leq 20 \cdot 10^{-4}$)

Mérési eredmények kiértékelése

Extrudált műanyag szigetelésű (PE/XLPE) kábel esetén a „jó” szigetelési állapotra jellemző állapotjellemzők:

- „száraz” azaz **nem történt vízbehatolás** a sérült burkolat mentén
- a **szigetelőanyag vastagsága mindenütt azonos**
- a szigetelőanyag homogén **légzárványmentes**
- végelzárók és összekötők szerelése megfelelő technológiával történt.
- az **árnyékolóréteg korróziómentes, és folytonos**

Mérési eredmények kiértékelése

Az ismert diagnosztikai módszerek alkalmazása esetén a „jó” állapotra az alábbi eredmények jellemzőek:

- **nagy szigetelési ellenállás** (nagyobb, mint $500 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$),
- az 50 Hz-es veszteségi tényező az új kábelre megadott gyári érték körüli legyen (kábelenként változó, de általában $\text{tg}\delta \leq 6-8 \cdot 10^{-4}$ (tapasztalati érték)

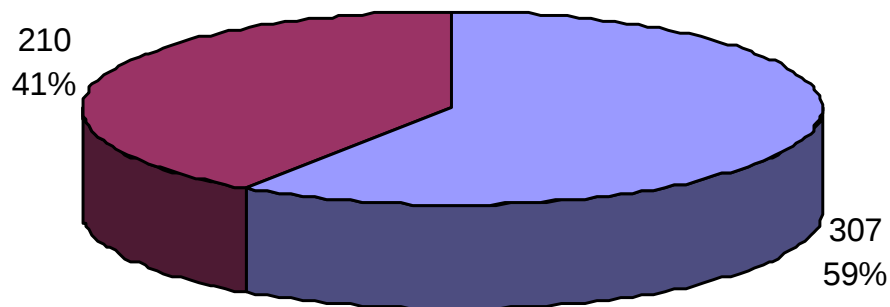
Mérési eredmények kiértékelése

„jó” állapotú olaj/ papír ill. PE/THPE kábelek mérési jellemzői

- A $\tan \delta$ és a kapacitás növekménye a vizsgálófeszültség tartományában ($0,5 U_0$ - $2U_0$) minél kisebb legyen
- a **feszültség függvényében** az erőteljes változásra jellemző un. könyökpont az állandó **üzemi** igénybevételt jelentő **fázisfeszültségtől minél távolabb legyen,**
- a részleges kisülési (PD) tulajdonságok is a fentieknek megfelelően alakuljanak, azaz **névleges feszültségig ne legyen számottevő részleges kisülés,** ill. a könyökpont (U_{be}) **minél nagyobb feszültségre essen,** ezzel nagyobb a kábel „szigetelési” tartaléka.

Kábelekvonalak felosztása szigetelőanyaguk jellege szerint (db)

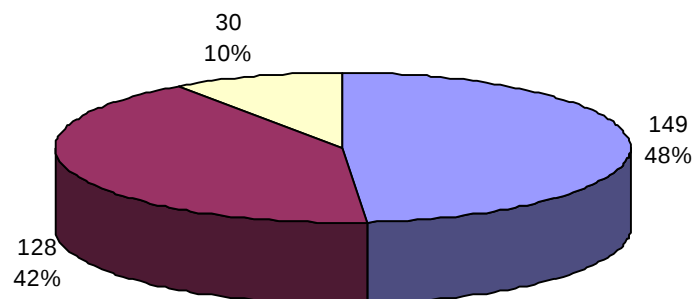
Kábelekvonalak felosztása szigetelőanyaguk jellege szerint	db
Homogén	307
vegyes	210
összesen	517



■ Homogén ■ vegyes

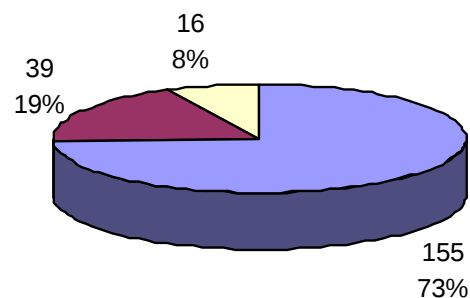
Kábelekvonalak felosztása szigetelőanyaguk jellege szerint (db)

homogén (db)



■ PILC ■ PE ■ XLPE

vegyes (db)



■ papír/műanyag-vegyes ■ műanyag-vegyes ■ abszolút vegyes

Papír/műanyag-vegyes:

PILC/PE;PILC/XLPE

Műanyag-vegyes:

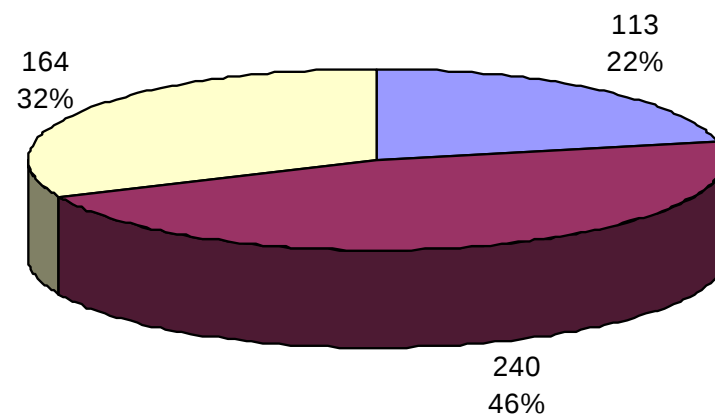
PE/XLPE

„abszolút”-vegyes:

XLPE/PE/PILC

Kábelvonalak szigetelési ellenállás mérésének eredménye

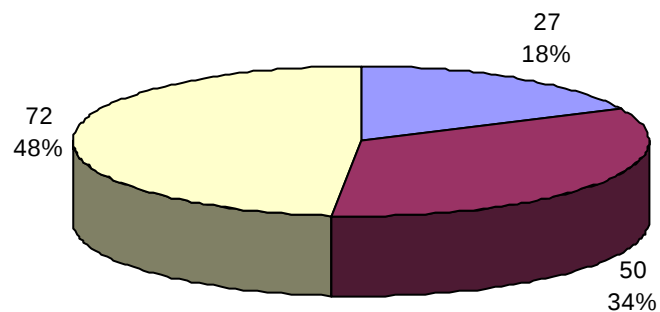
Kábelvonalak szigetelési ellenállás mérésének eredménye	db
R szig alacsony	113
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	240
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	164
Összesen	517



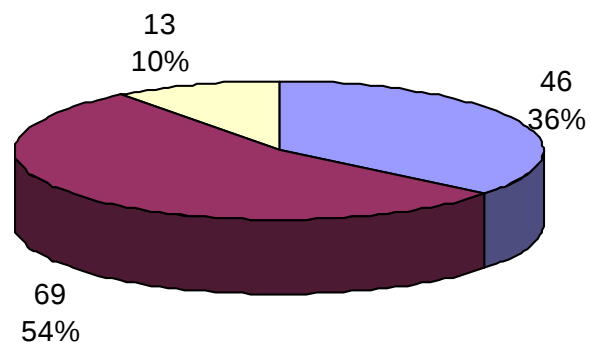
- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

Homogén szigetelésű kábelvonalak szigetelési ellenállás mérésének eredménye

PILC (db)

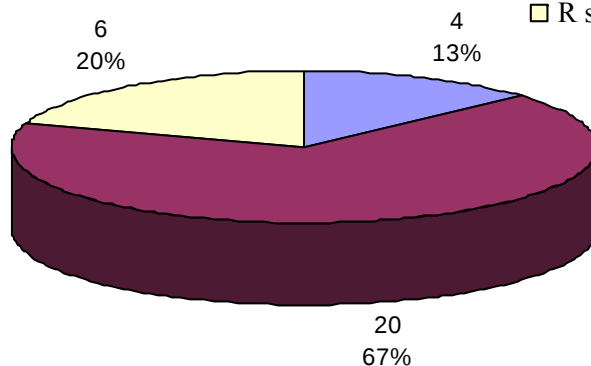


PE (db)



- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

XLPE (db)

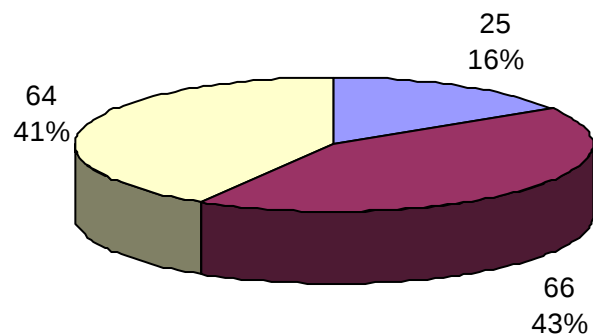


- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

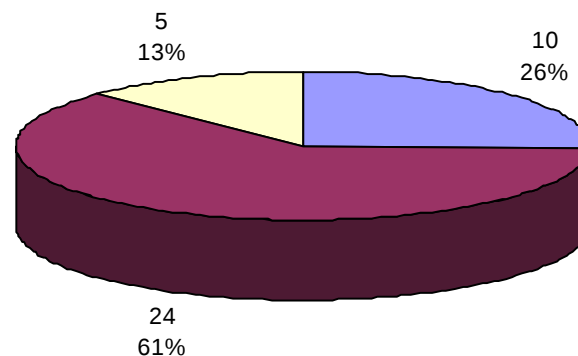
- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

Vegyes szigetelésű kábelvonalak szigetelési ellenállás mérésének eredménye

papír-műanyag vegyes (db)

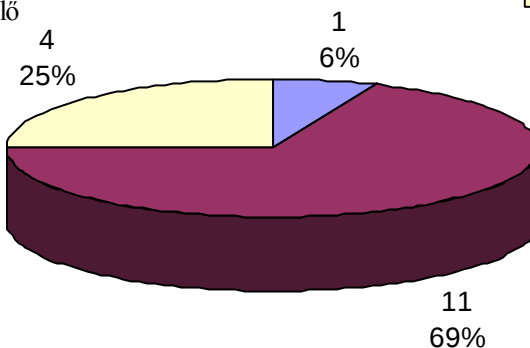


műanyag vegyes (db)



"abszolút" vegyes (db)

- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

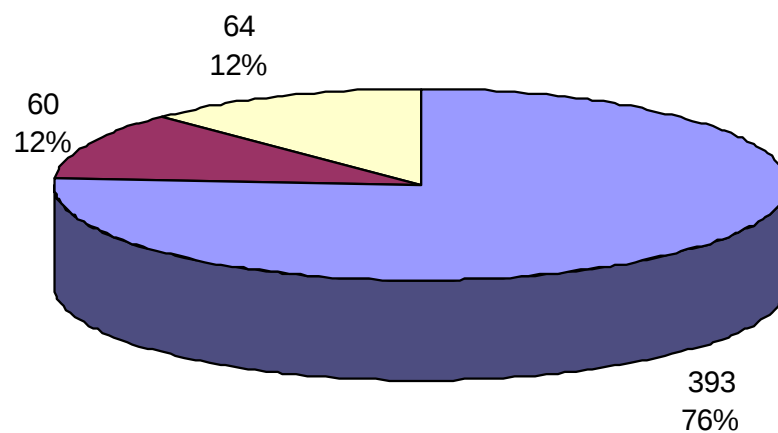


- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

- R szig alacsony
- R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas
- R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő

Kábelvonalak részleges kisülés mérésének eredménye a begyújtási feszültség nagysága alapján

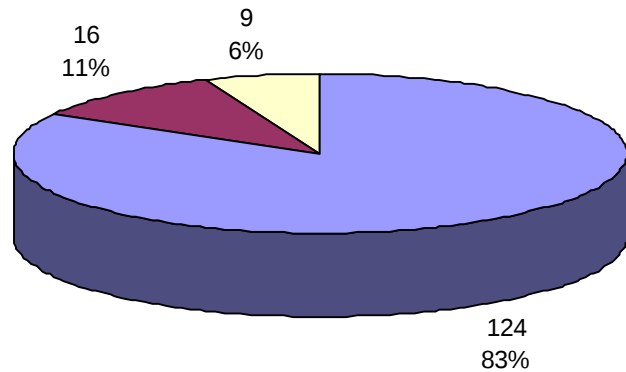
Kábelvonalak részleges kisülés mérésének eredménye a begyújtási feszültség nagysága alapján	db
U_0 alatt gyújt	393
U_0 és $1,5 U_0$ között gyújt	60
$1,5 U_0$ felett gyújt	64
összesen	517



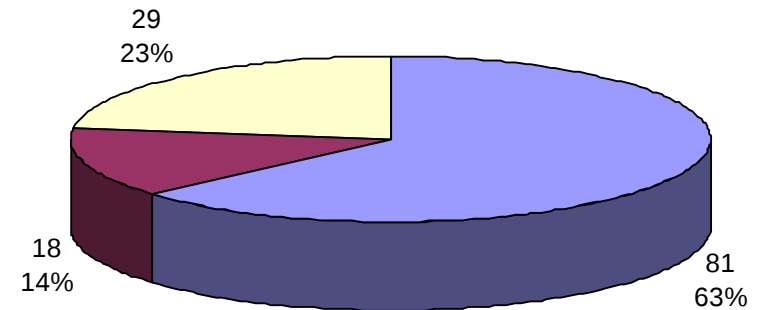
■ U_0 alatt gyújt ■ U_0 és $1,5 U_0$ között gyújt ■ $1,5 U_0$ felett gyújt

Homogén szigetelésű kábelvonalak részleges kisülés mérésének eredménye a begyújtási feszültség nagysága alapján

PILC (db)



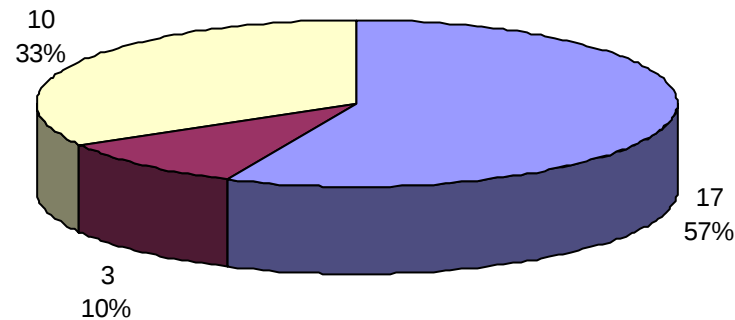
PE (db)



XLPE (db)

■ U₀ alatt gyújt ■ U₀ és 1,5 U₀ között gyújt ■ 1,5 U₀ felett gyújt

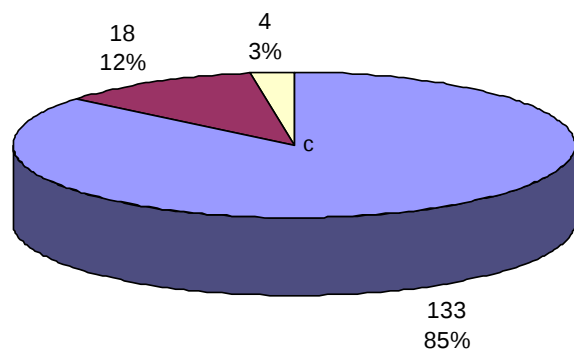
■ U₀ alatt gyújt ■ U₀ és 1,5 U₀ között gyújt ■ 1,5 U₀ felett gyújt



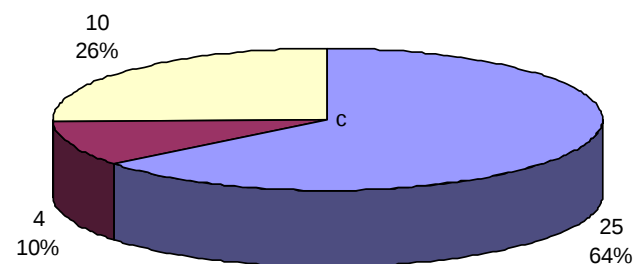
■ U₀ alatt gyújt ■ U₀ és 1,5 U₀ között gyújt ■ 1,5 U₀ felett gyújt

Vegyes szigetelésű kábelvonalak részleges kisülés mérésének eredménye a begyújtási feszültség nagysága alapján

papír/műanyag-vegyes (db)



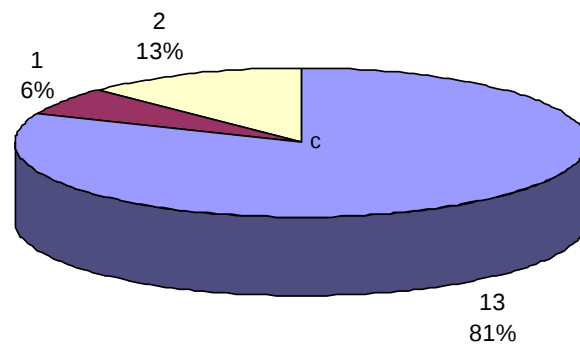
műanyag-vegyes (db)



"abszolút"-vegyes (db)

■ U0 alatt gyújt ■ U0 és 1,5 U0 között gyújt ■ 1,5 U0 felett gyújt

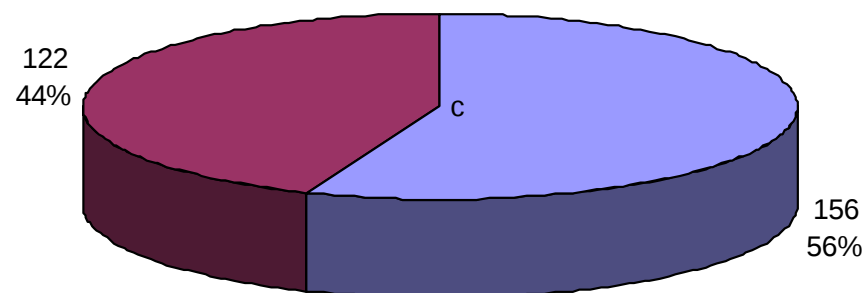
■ U0 alatt gyújt ■ U0 és 1,5 U0 között gyújt ■ 1,5 U0 felett gyújt



■ U0 alatt gyújt ■ U0 és 1,5 U0 között gyújt ■ 1,5 U0 felett gyújt

Tg delta mérésre kiválasztott kábelvonalak felosztása szigetelőanyaguk jellege szerint

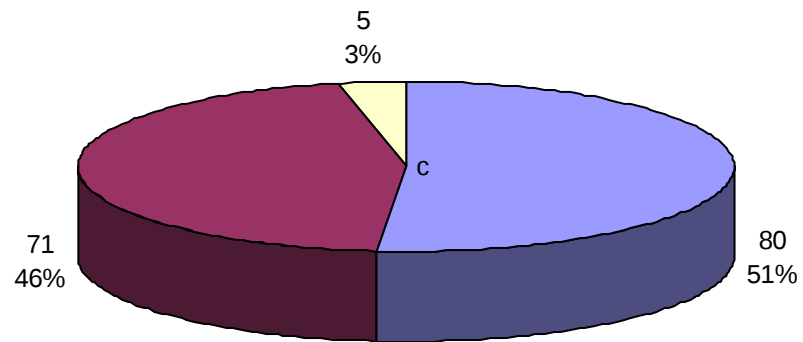
Kábelvonalak tg delta növekmény mérésének eredménye a feszültség függvényében	db
tg delta mérésre kiválasztott kábelvonalak felosztása a szigetelőanyaguk jellege szerint	db
homogén	156
vegyes	122
Összesen	278



■ Homogén ■ vegyes

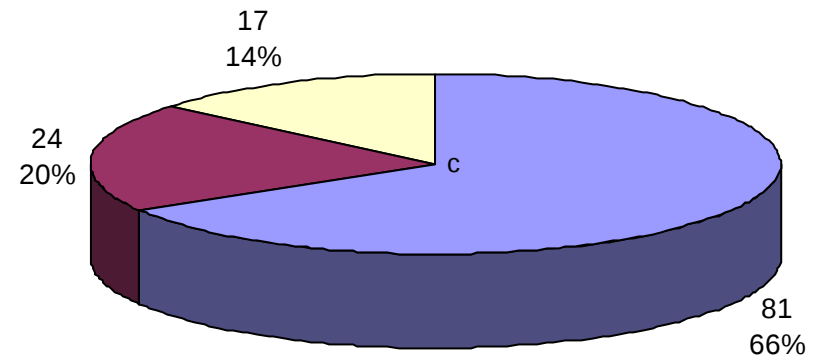
Tg delta mérésre kiválasztott kábelvonalak felosztása szigetelőanyaguk jellege szerint

homogén (db)



■ PILC ■ PE ■ XLPE

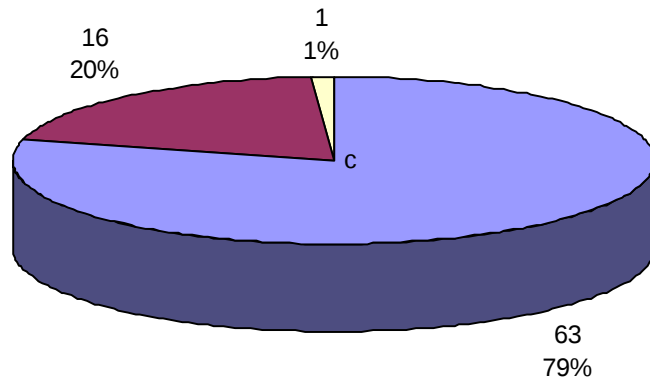
vegyes (db)



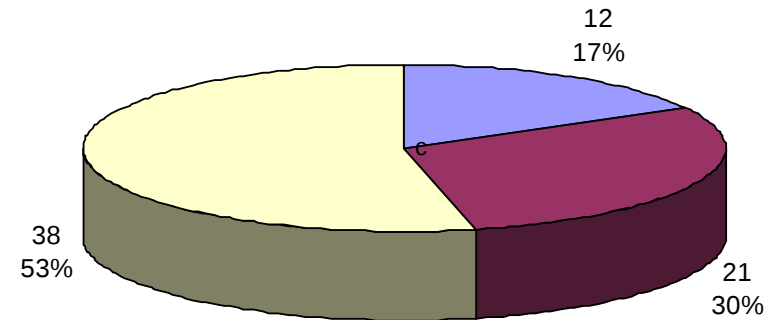
■ papír/műanyag-vegyes ■ műanyag-vegyes ■ abszolút vegyes

Homogén szigetelésű kábelvonalak tg delta növekmény mérésének eredménye a feszültség függvényében

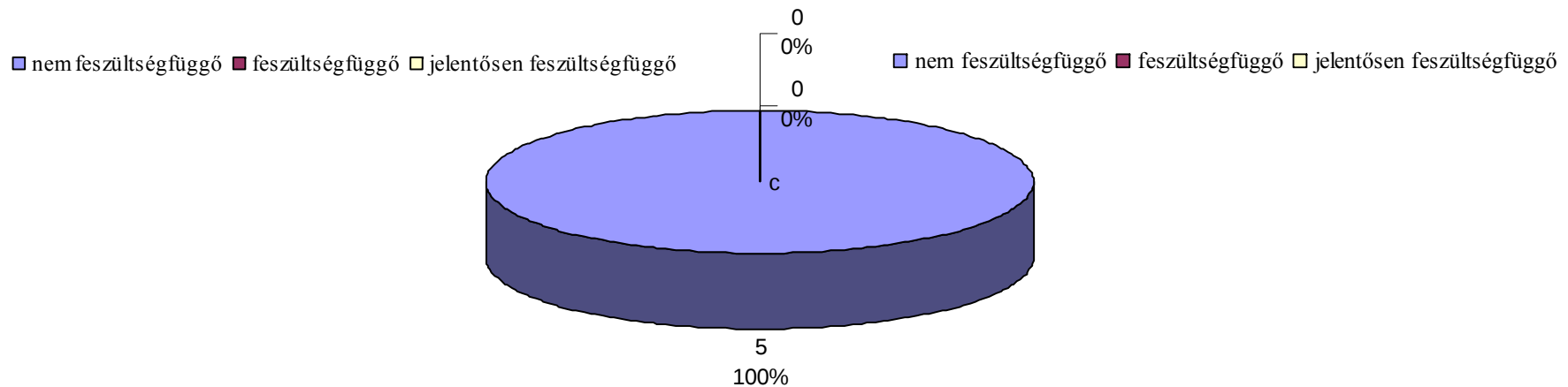
PILC (db)



PE (db)



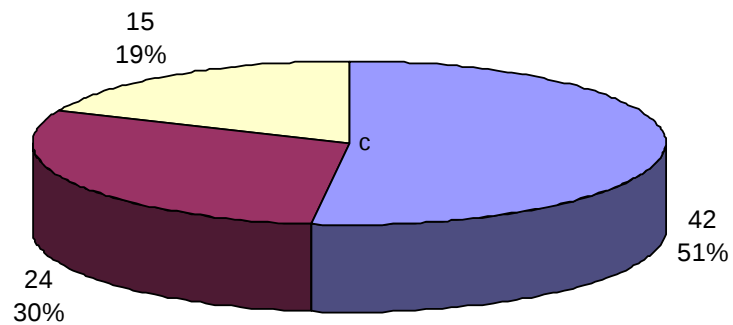
XLPE (db)



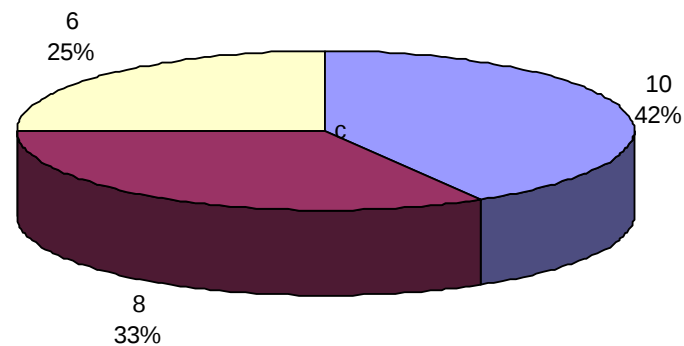
■ nem feszültségfüggő ■ feszültségfüggő ■ jelentősen feszültségfüggő

Vegyes szigetelésű kábelvonalak tg delta növekmény mérésének eredménye a feszültség függvényében

papír/műanyag-vegyes (db)



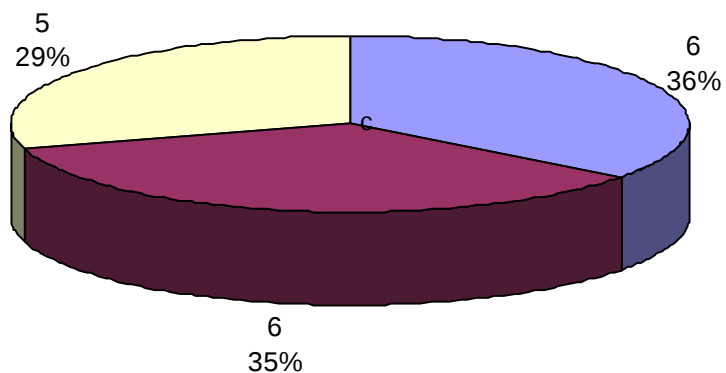
műanyag-vegyes (db)



"abszolút"-vegyes (db)

■ nem feszültségfüggő ■ feszültségfüggő ■ jelentősen feszültségfüggő

■ nem feszültségfüggő ■ feszültségfüggő ■ jelentősen feszültségfüggő



■ nem feszültségfüggő ■ feszültségfüggő ■ jelentősen feszültségfüggő

Homogén szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

PILC	%
Szigetelési ellenállás mérés eredménye	
R szig alacsony	18
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	34
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	48
Részleges kisülés mérés eredménye Ube alapján	
U_0 alatt gyújt	83
U_0 és $1,5 U_0$ között gyújt	11
$1,5 U_0$ felett gyújt	6
tg delta növekedés mérésének eredménye	
jelentősen feszültségfüggő	1
feszültségfüggetlen	20
nem feszültségfüggő	79

-A vizsgált PILC kábelvonalak döntő többségénél, a szigetelési ellenállás nagysága **meghaladta az elvárt minimális határértéket**, és az erek közötti aszimmetria sem volt nagyobb 25 %-nál, **ezen felül jelentős azon kábelvonalak százalékaránya**, amelyek szigetelési ellenállása megfelelő volt, de az erek közötti aszimmetria nagyobb volt mint 25%

-A részleges kisülések begyújtási feszültsége a vizsgált kábelvonalak döntő hányadánál, **alacsonyabb volt mint az üzemi feszültség**

-A tg delta növekménye a vizsgált kábelvonalak többségénél **nem volt számottevő**, azaz, a vizsgált feszültség tartományban nem haladta meg a 30 %-ot, de nem elhanyagolható **azon kábelvonalak százalékaránya**, amelyeknek tg delta növekménye 30-100% között van

Homogén szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

PE	%
Szigetelési ellenállás mérés eredménye	
R szig alacsony	36
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	54
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	10
Részleges kisülés mérés eredménye U ₀ e alapján	
U ₀ alatt gyújt	63
U ₀ és 1,5 U ₀ között gyújt	14
1,5 U ₀ felett gyújt	23
tg delta növekedés mérésének eredménye	
jelentősen feszültségfüggő	53
feszültségfüggetlen	30
nem feszültségfüggő	17

-A vizsgált PE kábelvonalak döntő többségénél, a szigetelési ellenállás nagysága **meghaladta az elvárt minimális határértéket**, és az erek közötti aszimmetria is számottevő volt, ezen felül viszonylag nagy azon kábelvonalak százalékaránya, amelyeknek szigetelési ellenállása kisebb volt, mint a minimálisan elvárt érték

-A részleges kisülések begyújtási feszültsége a vizsgált **kábelvonalak döntő hányadánál, alacsonyabb volt mint az üzemi feszültség, de jelentős azon PE kábelvonalak daranszáma is**, amelyeknél a begyújtási feszültség **1,5 U₀ felett volt**

-A tg delta növekménye a vizsgált kábelvonalak többségénél a vizsgáló feszültség tartományban **igen jelentős volt**, azaz több mint 100%-kal nőtt , és jelentős azon kábelvonalak százalékaránya is, amelyek tg delta növekménye 30 -100% között van.

Homogén szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

XLPE	%
Szigetelési ellenállás mérés eredménye	
R szig. alacsony	13
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	67
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	20
Részleges kisülés mérés eredménye U ₀ alapján	
U ₀ alatt gyújt	57
U ₀ és 1,5 U ₀ között gyújt	10
1,5 U ₀ felett gyújt	33
tg delta növekedés mérésének eredménye	
jelentősen feszültségfüggő	0
feszültségfüggő	0
nem feszültségfüggő	100

-A vizsgált XLPE kábelvonalak döntő többségénél, a szigetelési ellenállás nagysága **meghaladta az elvárt minimális határértéket, és az erek közötti aszimmetria is számottevő,** azaz nagyobb volt 25 %-nál

-A részleges kisülések begyújtási feszültsége a vizsgált kábelvonalak döntő hányadánál, **alacsonyabb volt mint az üzemi feszültség, de számottevő volt** azon kábelvonalak százalékaránya is, amelyek **begyújtási feszültsége meghaladta az 1,5 U₀-t**

-A tg delta növekménye az összes vizsgált kábelvonalnál a vizsgáló feszültség tartományban **elenyésző volt,** azaz nem haladta meg a 30%-ot

Vegyes szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

papír/műanyag vegyes	%
Szigetelési ellenállás mérés eredménye	
R szig alacsony	16
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	43
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	41
Részleges kisülés mérés eredménye Ube alapján	
U_0 alatt gyújt	85
U_0 és $1,5 U_0$ között gyújt	12
$1,5 U_0$ felett gyújt	3
tg delta növekedés mérésének eredménye	
jelentősen feszültségfüggő	19
feszültségfüggetlen	30
nem feszültségfüggő	51

-A vizsgált papír/műanyag-vegyes kábelvonalak döntő többségénél, a szigetelési ellenállás nagysága meghaladta az elvárt minimális határértéket, és az erek közötti aszimmetria magas volt, ezen felül csaknem azonos a százalékaránya azon kábelvonalaknak, amelyek szigetelési ellenállása megfelelt a 13207 szabvány előírásainak

-A részleges kisülések begyűjtási feszültsége a vizsgált kábelvonalak döntő hányadánál, alacsonyabb volt mint az üzemi feszültség

-A tg delta növekménye a vizsgált kábelvonalak döntő többségénél nem volt számottevő, de jelentős azon kábelvonalak százalékaránya, amelyeknek tg delta növekménye 30-100% között van

PILC/PE; PILC/XLPE

Vegyes szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

műanyag-vegyes	%
Szigetelési ellenállás mérés eredménye	
R szig. alacsony	26
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	61
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	13
Részleges kisülés mérés eredménye U ₀ alapján	
U ₀ alatt gyűjt	64
U ₀ és 1,5 U ₀ között gyűjt	10
1,5 U ₀ felett gyűjt	26
tg delta növekedés mérésének eredménye	
jelentősen feszültségfüggő	25
feszültségfüggetlen	33
nem feszültségfüggő	42

PE/XLPE

-A vizsgált műanyag-vegyes kábelvonalak döntő többségénél, a szigetelési ellenállás nagysága **meghaladta az elvárt minimális határértéket, és az erek közötti aszimmetria is számottevő**, ezen felül jelentős azon kábelvonalak százalékaránya, amelyeknek szigetelési ellenállása kisebb volt, mint a minimálisan elvárt érték

-A részleges kisülések begyűjtési feszültsége a vizsgált kábelvonalak döntő hányadánál, **alacsonyabb volt mint az üzemi feszültség, de számottevő volt** azon kábelvonalak százalékaránya is, amelyek begyűjtési feszültsége meghaladta az 1,5 U₀-t

-A tg delta növekménye a vizsgált kábelvonalak többségénél a vizsgált feszültség tartományban **nem volt jelentős**, viszont ezen kábelvonalak szigetelésére egyaránt jellemző a tg delta 30-100% közötti, valamint a 100 % feletti növekménye is

Vegyes szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

"abszolút"-vegyes	%
Szigetelési ellenállás mérés eredménye	
R szig alacsony	6
R szig. megfelelő, de az erek közötti aszimmetria magas	69
R szig., és az erek közötti aszimmetria is megfelelő	25
Részleges kisülés mérés eredménye U ₀ alapján	
U ₀ alatt gyújt	81
U ₀ és 1,5 U ₀ között gyújt	6
1,5 U ₀ felett gyújt	13
tg delta növekedés mérésének eredménye	
jelentősen feszültségfüggő	29
feszültségfüggő	35
nem feszültségfüggő	36

XLPE/PE/PILC

-A vizsgált „abszolút”-vegyes kábelvonalak döntő többségénél, a szigetelési ellenállás nagysága **meghaladta az elvárt minimális határértéket, viszont az erek közötti aszimmetria számottevő**, ezen felül jelentős azon kábelvonalak százalékaránya, amelyeknek szigetelési ellenállása **megfelelt az MSZ 13207** szabvány előírásainak

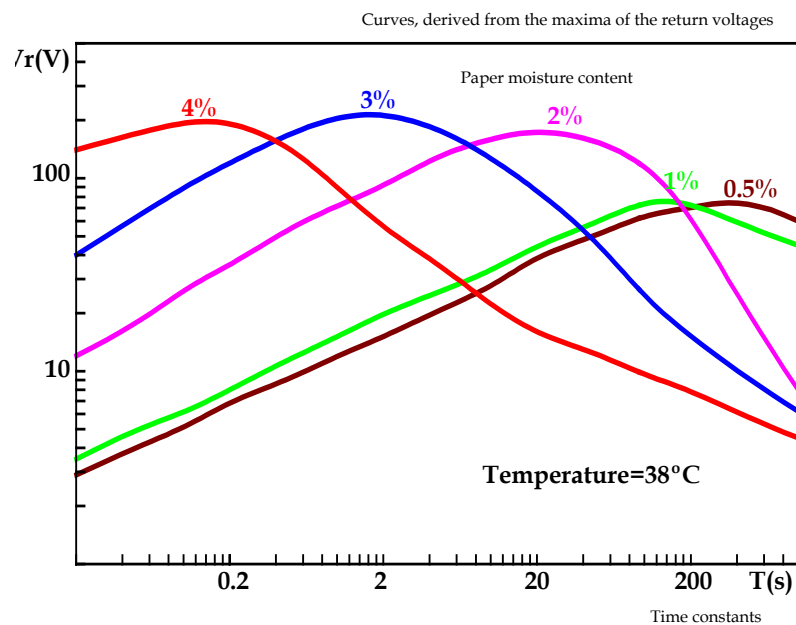
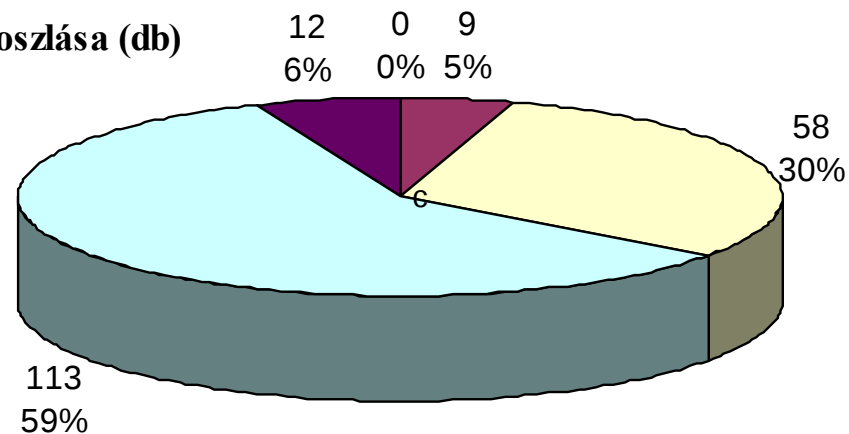
-A részleges kisülések begyújtási feszültsége a vizsgált kábelvonalak döntő hányadánál, **alacsonyabb volt mint az üzemi feszültség**

-A tg delta 0-30%; 30-100%-os, valamint 100% feletti növekménye **hozzávetőlegesen azonos arányban** oszlik meg a vizsgált kábelvonalaknál, bár a nem feszültségfüggő százalékaránya a legmagasabb

Olaj-papír szigetelésű kábelvonalak visszatérő feszültség mérésének elemzése

Visszatérő feszültség mérés elemzése	%	db
Tp 0 és 1 között van	6,7-4,5	0
Tp 1 és 10 között van	4,5-3,3	9
Tp 10 és 100 között van	3,3-2,2	58
Tp 100 és 1000 között van	2,2-1,0	113
Tp 1000 és 10000 között van	1,0-0,05	12
összesen		192

Tp megoszlása (db)

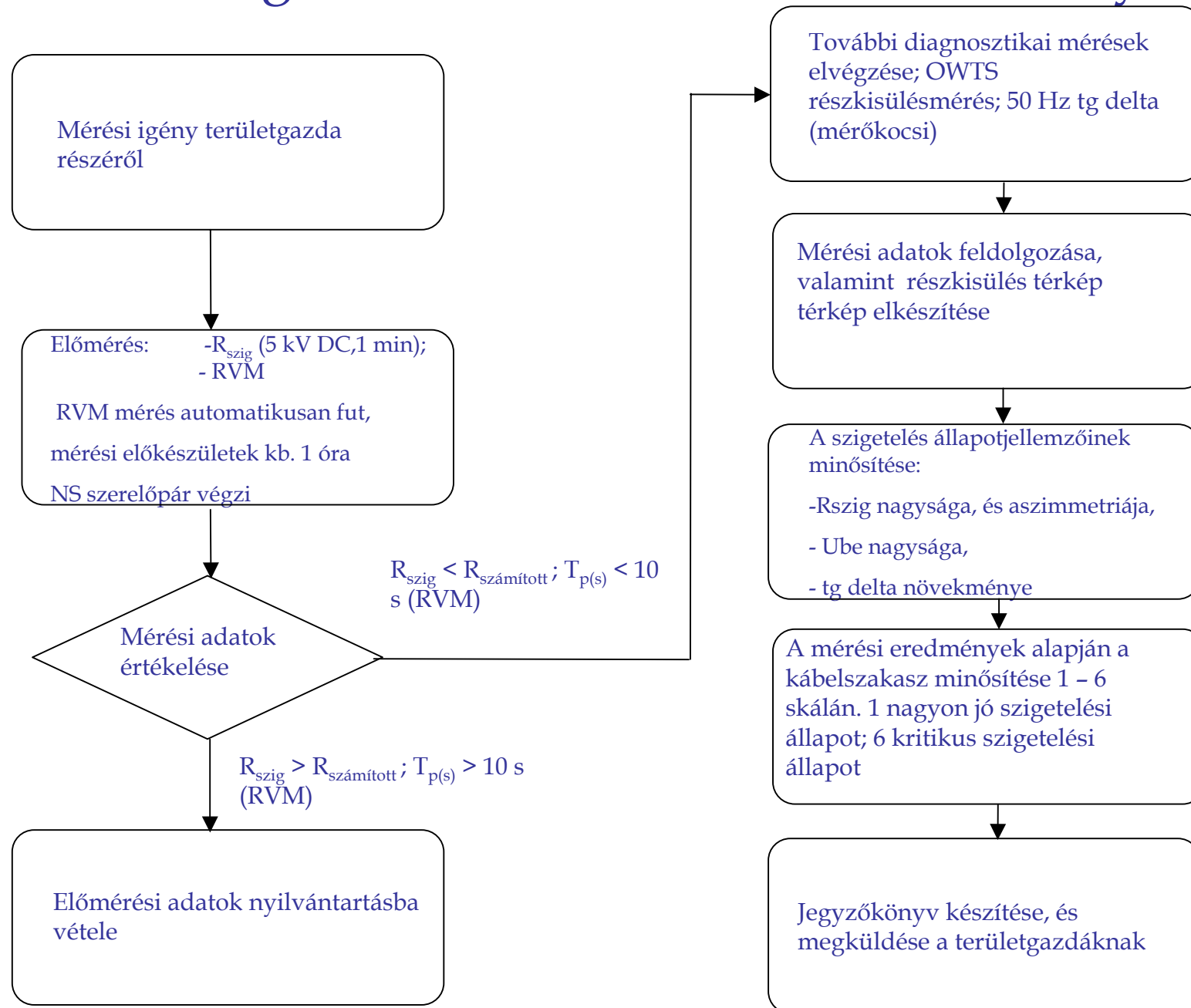


- Tp 0 és 1 között van
- Tp 1 és 10 között van
- Tp 10 és 100 között van
- Tp 100 és 1000 között van
- Tp 1000 és 10000 között van

E.ON EED területén üzemelő PILC, PE szigetelésű kábelvonalak állapotjellemzőinek összegzése

- PILC
 - - szigetelési ellenállása megfelelő, bár jelentős az erek közötti aszimmetria
 - - a részleges kisülések már üzemi feszültség alatt ébrednek a szigetelésben
 - - a tg delta növekménye a vizsgálófeszültség tartományában nem jelentős
 - - a Tp domináns időállandó értéke 100-1000 között van, ami azt jelenti, hogy az olaj-papíros általános állapota jó
- PE
 - - szigetelési ellenállása gyenge, és jelentős az erek közötti aszimmetria is
 - - a részleges kisülések már üzemi feszültség alatt ébrednek a szigetelésben
 - - a tg delta értéke a vizsgálófeszültség tartományában jelentősen emelkedik, akár a névleges üzemi feszültségen mért érték többszörösére is, a tg delta görbe „könyökpontja” viszont a névleges üzemi feszültség felett van

Kábeldiagnosztikai mérés, és minősítés folyamata



Köszönöm, hogy megtisztelték
figyelmükkel!

Ezúton szeretném megköszönni Csépes
Gusztávnak a segítségét a prezentáció
elkészítésében!

Egyed Róbert diagnosztikai területi
referens

E.ON Hálózati Szolgáltató Kft.

Győr, Vass Gereben u. 1.

e-mail: robert.egyed@eon-hungaria.com

Tel: 06 (96) 521-373; mobil: 06 (30) 237-4321

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

kábel adatai

- Mérés dátum(ok): '06.07.06.'06.08.14.; '06.08.15
- Üzemi feszültség: 10 kV
- Kábelszakasz általános típusa: PE/PILC, SZAPKMVB/SZAQkrKVM
- Végelzáró típusa „A” oldali tr. állomás felől :RAYCHEM olajtartályos
- Végelzáró típusa: „B” oldali tr. állomás felől : Raychem meleg zsugor
- Kábelszakasz hossza: 335 m
- Terjedési félsebesség: 86 m/μs

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

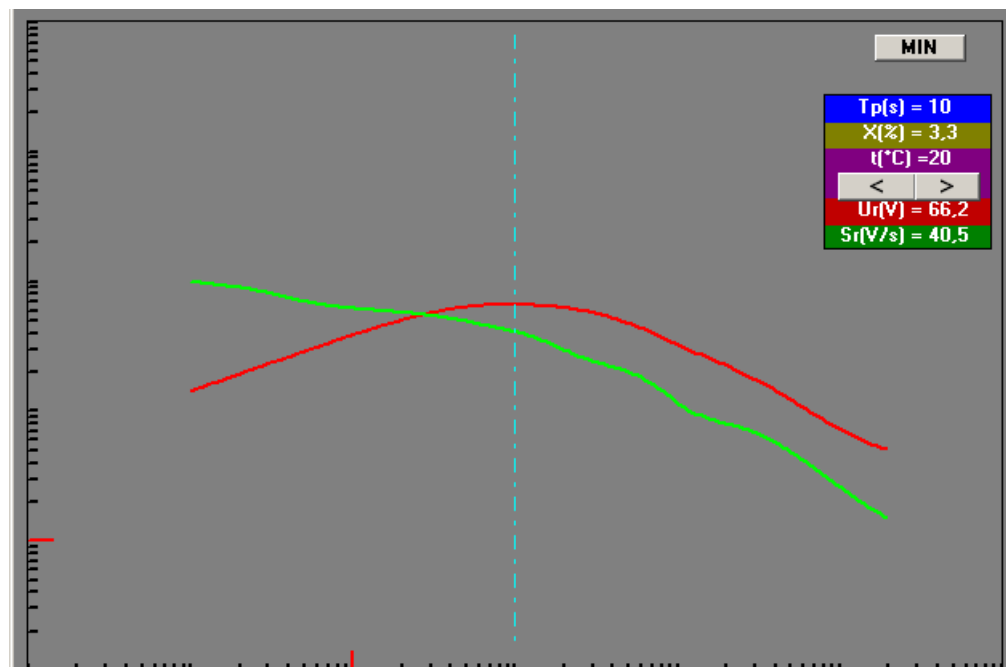
Szigetelési ellenállás mérés adatai

Fázis	'06.07.06.
L1	280 MΩ
L2	135 MΩ
L3	295 MΩ
t	20 °C

- A szigetelési ellenállás határértéke *olaj-papír* szigetelésű kábelek esetén **100 MΩ*km**.
- A kábelszakasz számított szigetelési ellenállása **R_{szig} = 300 MΩ**
- A szigetelési ellenállás számított határértékét az MSZ 13207 szabvány alapján a mért hossz függvényében számítottuk.
- A szigetelési ellenállás értéke egyik fázisban sem éri el a minimálisan elvártat
- A szigetelési ellenállás értékei különösen **L2-ben nagyon alacsonyak**

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

Az RVM visszatérő feszültség görbe



$T_p(s)$	10
$X(\%)$	3,3
$U_r(V)$	66,2
S_{100}	99,67
$t(^{\circ}C)$	20

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

Részkisülés mérés adatai (2006.08.14.)

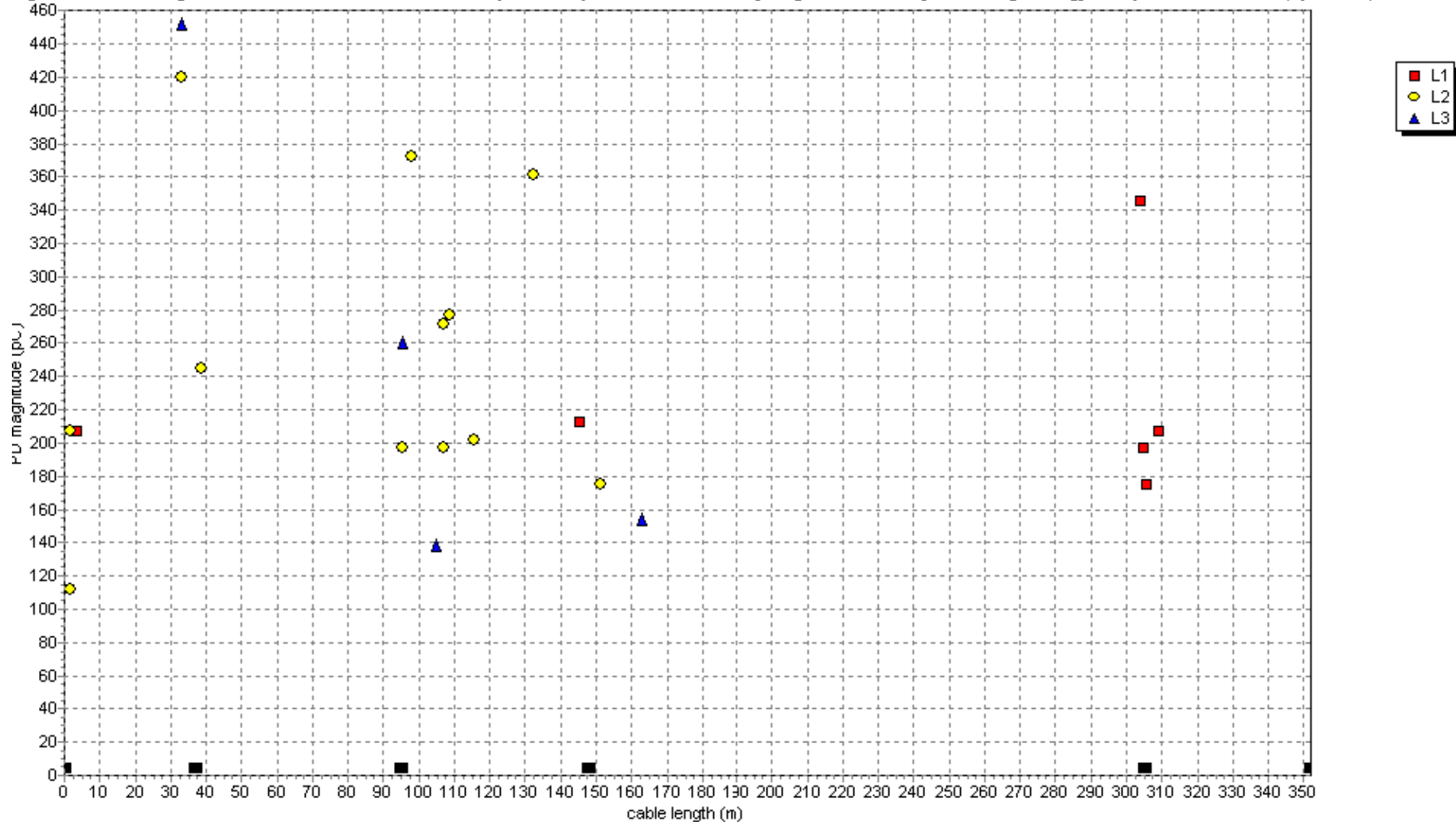
		<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>
Háttérzaj (pC)		151	138	133
$U_{be\ csúcs}$ (kV)		7	7	8
Részleges	U_0	411	478	543
kisülés	$1.5 U_0$	6550	11360	12260
(pC)				

-A részleges kisülések begyújtási feszültsége mindhárom fázisban alacsonyabb volt a névleges üzemi feszültségnél.

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

2006.08.14-i mérés részkisülés térképe U_0 feszültségen

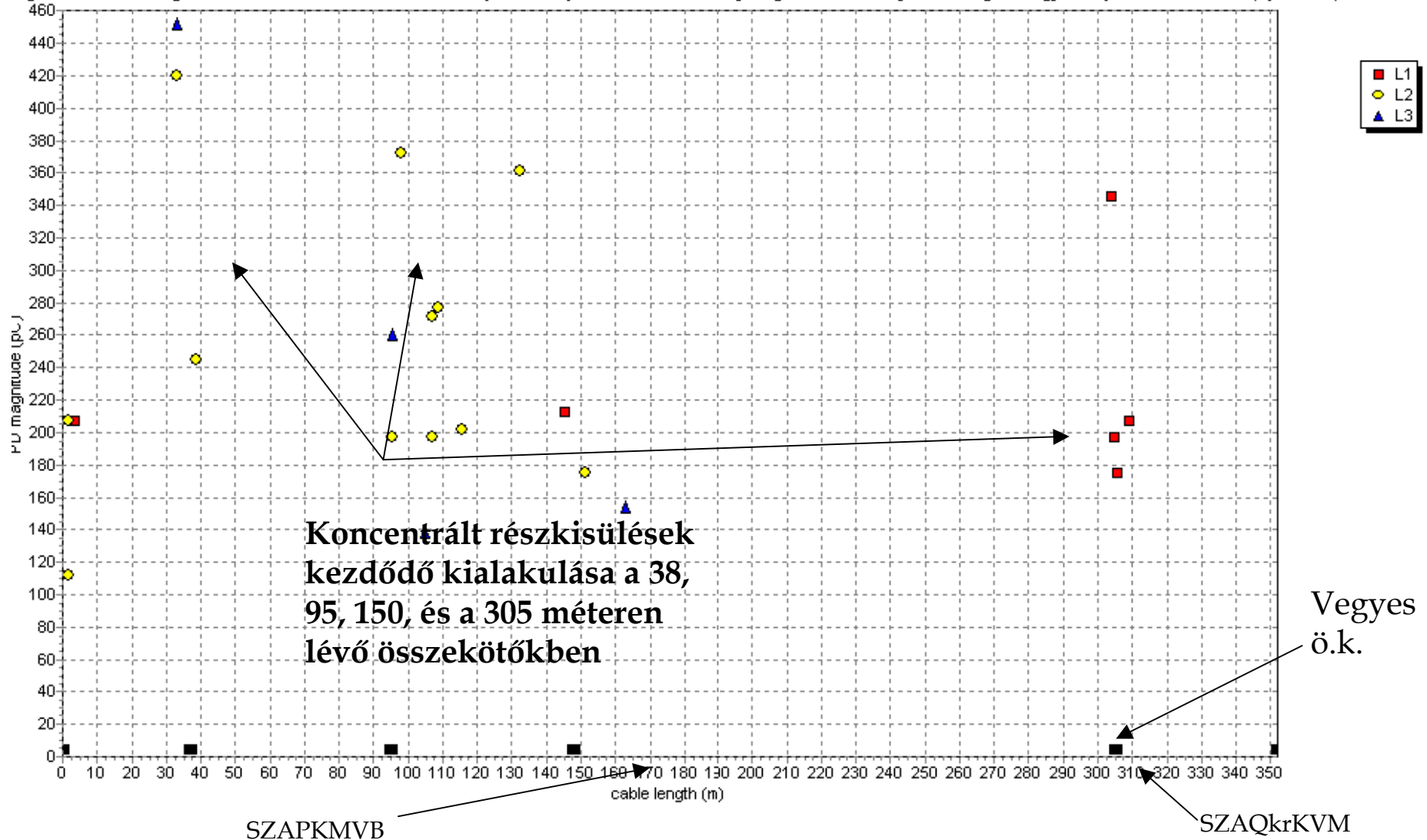
ing for D:\Munka\diagnostika\adatbázis\részkisülés térképek és képek\2006\Szombathelyi régió\Szombathely\10 kV\Légszeszgyár-Képtár\08-14\531.3PF (upto 9 kV)



PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

2006.08.14-i mérés részkisülés térképe U_0 feszültségen

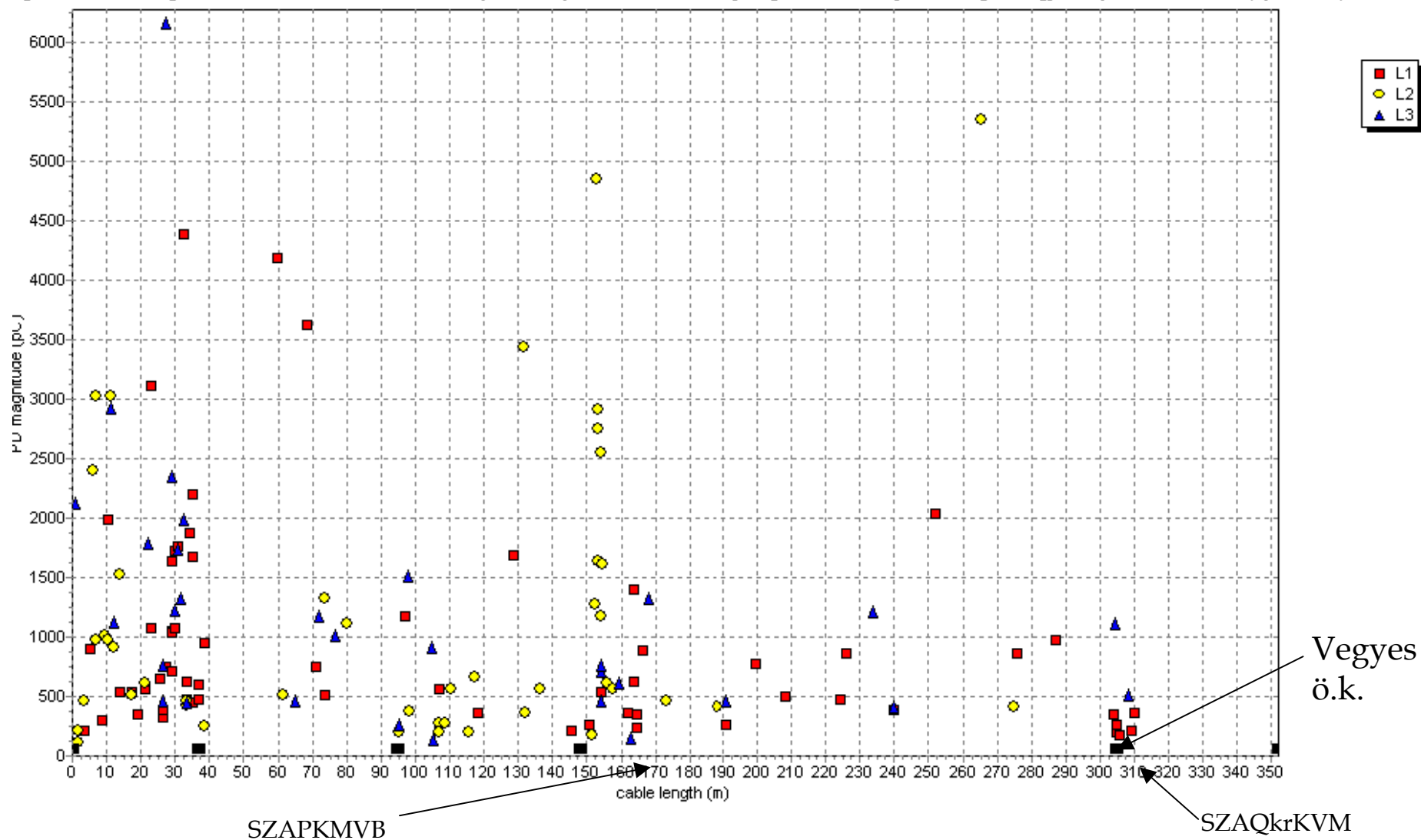
ing for D:\Munka\diagnostika\adatbázis\részkisülés térképek és képek\2006\Szombathelyi régió\Szombathely\10 kV\Légszeszgyár-Képtár\08-14\531.3PF (upto 9 kV)



PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

2006.08.14-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$
feszültségen

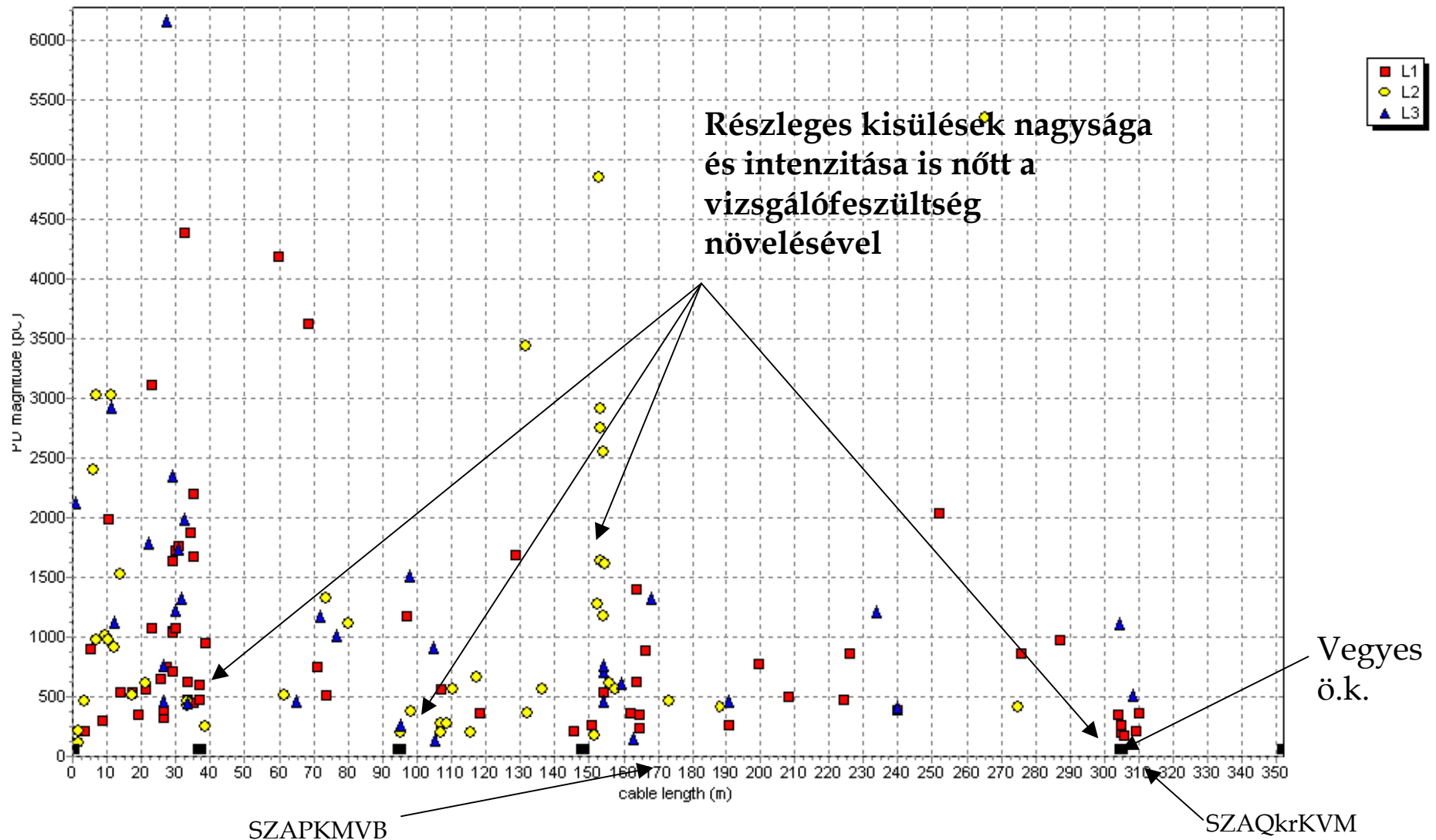
ng for D:\Munka\diagnosztika\adatbázis\részkisülés térképek és képek\2006\Szombathelyi régió\Szombathely\10 kV\Légszeszgyár-Képtár\08-14\531.3PF (upto 14 kV)



PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

2006.08.14-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$
feszültségen

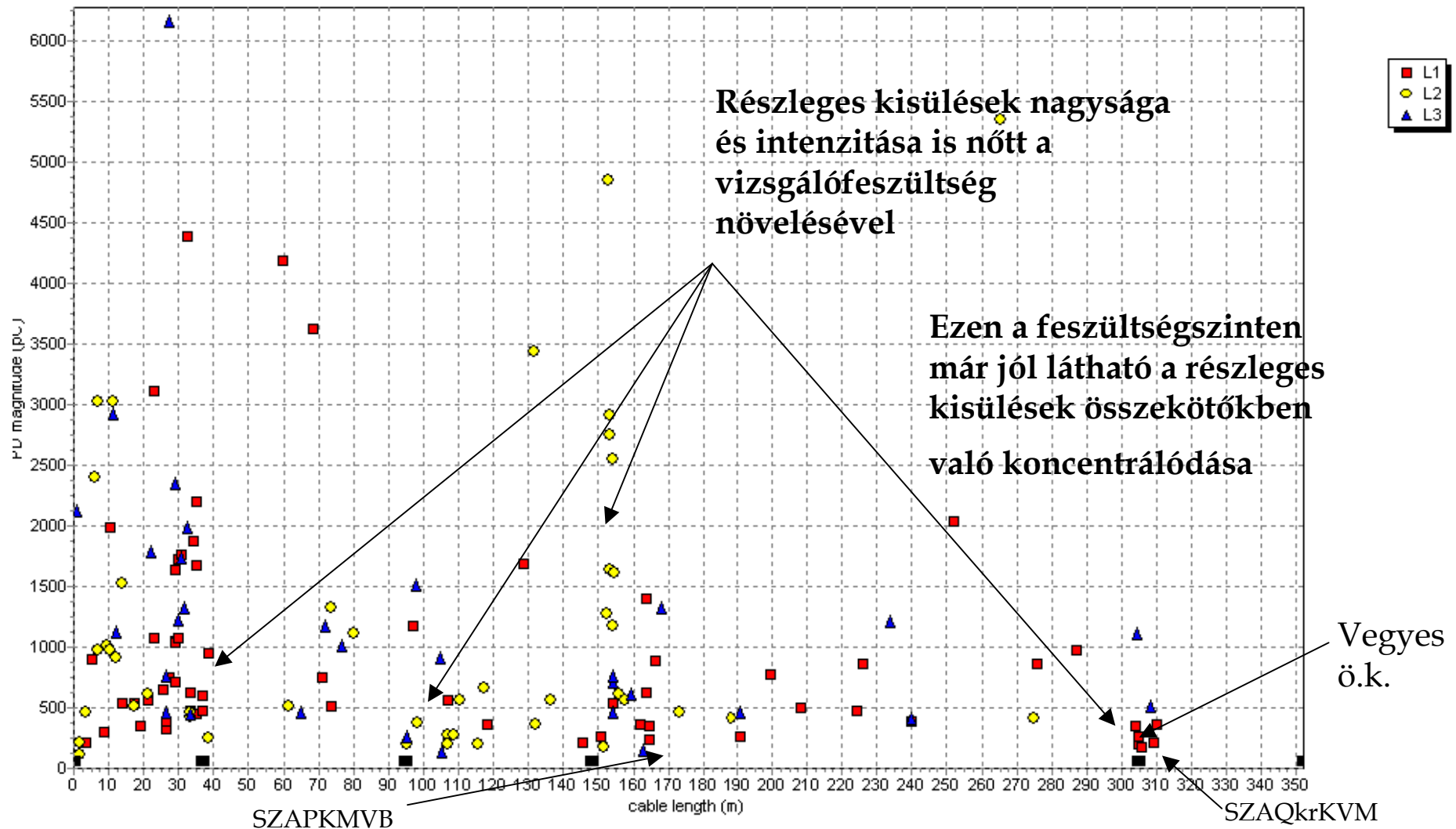
ng for D:\Munka\diagnosztika\adatbázis\részkisülés térképek és képek\2006\Szombathelyi régió\Szombathely\10 kV\Légszeszgyár-Képtár\08-14\531.3PF (upto 14 kV)



PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

2006.08.14-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$
feszültségen

ng for D:\Munka\diagnosztika\adatbázis\részkisülés térképek és képek\2006\Szombathelyi régió\Szombathely\10 kV\Légszeszgyár-Képtár\08-14\531.3PF (upto 14 kV)

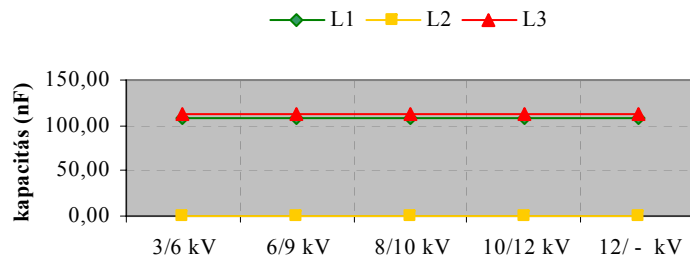


PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

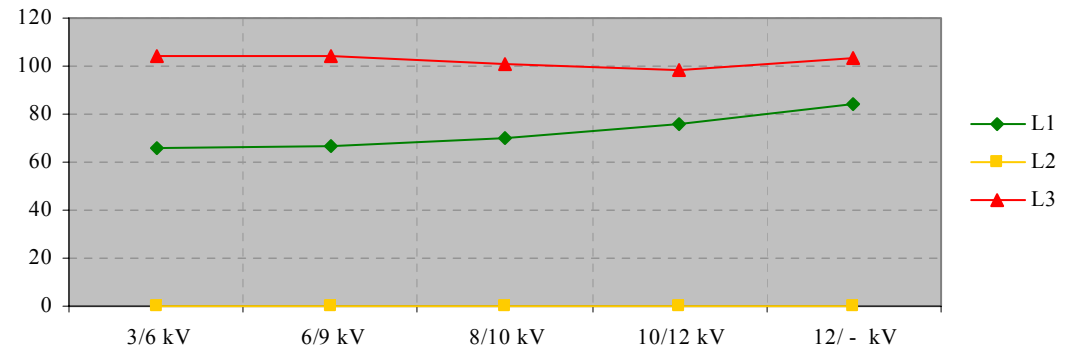
Kapacitás, és tg delta növekmény görbe $0,5 U_0 - 2 U_0$ feszültségen

Névleges feszültség 10 kV	kapacitás			tg δ		
Mérőfeszültség (10/20kV)	L1	L2	L3	L1	L2	L3
3/6 kV	108,30	nincs a	112,10	66	nincs a	104
6/9 kV	108,30	nincs a	112,10	67	nincs a	104
8/10 kV	108,30	nincs a	112,10	70	nincs a	101
10/12 kV	108,40	nincs a	112,20	76	nincs a	98
12/ - kV	108,50	nincs a	112,30	84	nincs a	103

kapacitás változás



tg δ változás



PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

Megállapítások

- A szigetelési ellenállás értékei kisebbek voltak az elvártnál
- T_p domináns időállandóhoz tartozó visszatérő feszültség nagysága alacsony volt
- A visszatérő feszültség görbe a csúcspont után meredeken „húzott” lefelé
- A részkisülések az összekötőkben, és azok környékén koncentráálódtak
- A t_g delta értékei nagyon magasak voltak, és a görbe íve a szokásostól eltérően alakult

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

Szigetelési ellenállás mérés adatai a javítás előtt, és után

Fázis	06'07.06.	06' 08.15.
L1	280 MΩ	453 MΩ
L2	135 MΩ	372 MΩ
L3	295 MΩ	437 MΩ
t	20 °C	25 °C

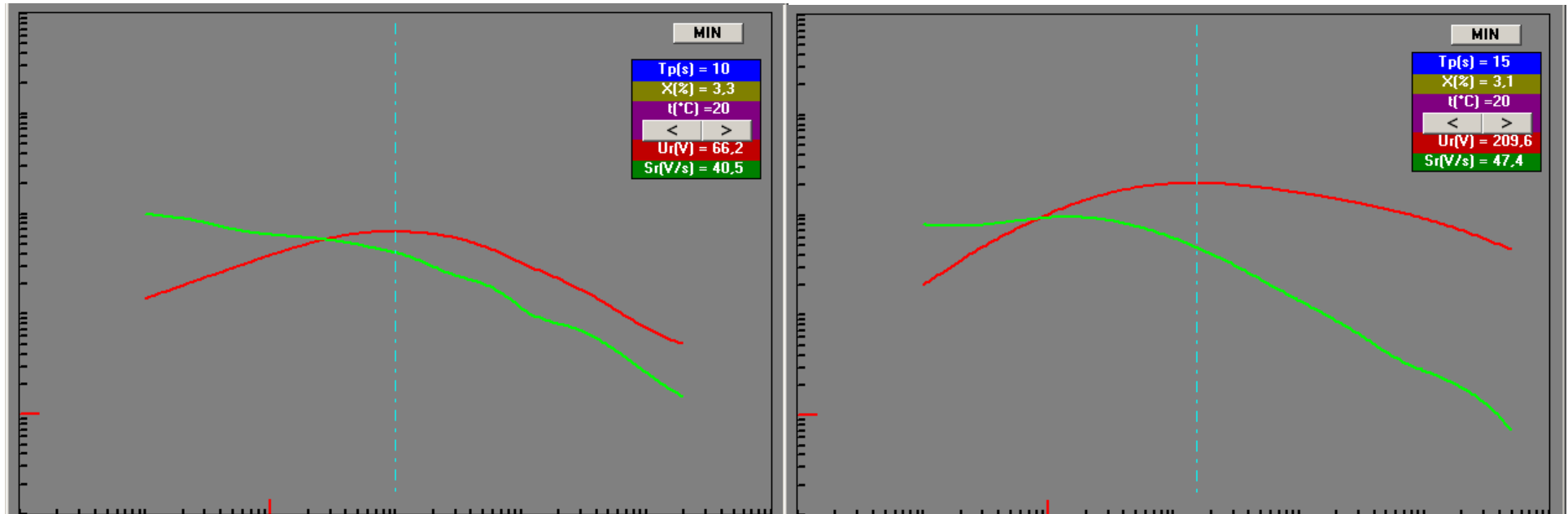
A szigetelési ellenállás határértéke olaj-papíros szigetelésű kábelek esetén **100 MΩ*km**.

A kábelszakasz számított szigetelési ellenállása
R_{szig} = 300 MΩ

A szigetelési ellenállás mindhárom fázisban kis mértékben javult, és meghaladja a kritikus értéket

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.07.06-i, és a 2006.08.15-i mérések RVM visszatérő feszültség, és meredekség görbéi a javítás előtt, és után

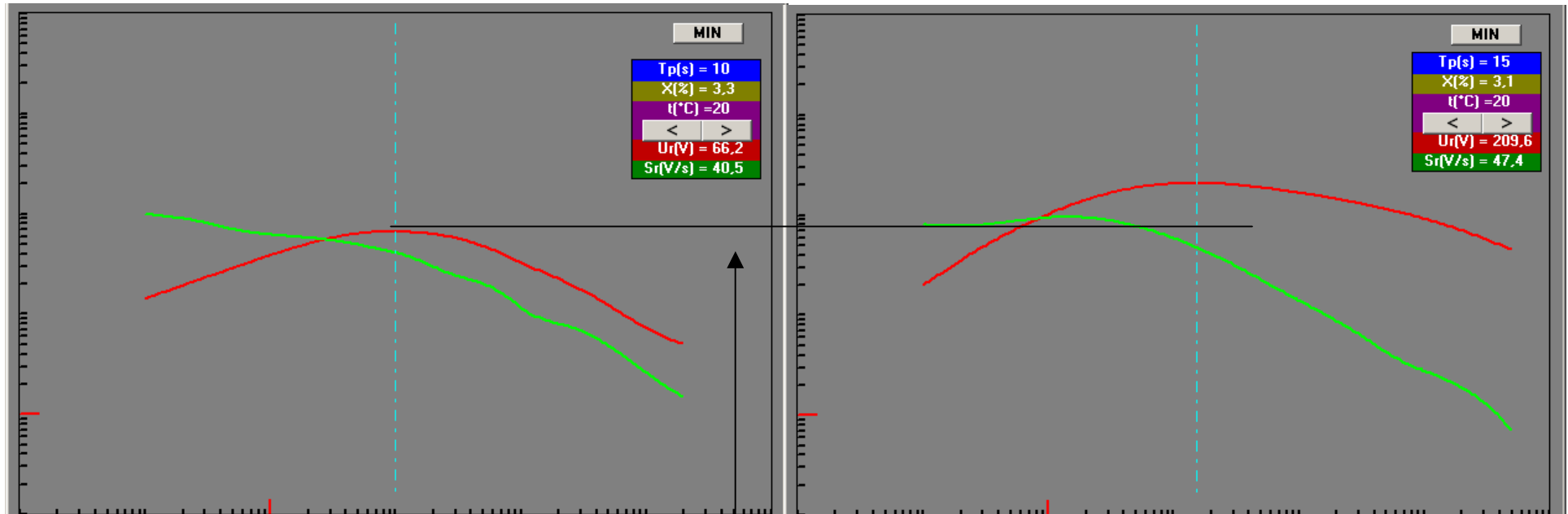


$T_p(s)$	10
$X(\%)$	3,3
$U_r(V)$	66,2
S_{100}	99,67
$t(^{\circ}C)$	20

$T_p(s)$	15
$X(\%)$	3,1
$U_r(V)$	209,6
S_{100}	80,54
$t(^{\circ}C)$	25

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.06.07-i, és a 2006.08.15-i mérések RVM visszatérő feszültség, és meredekség görbéi a javítás előtt, és után



Tp(s)	10
X(%)	3,3
Ur(V)	66,2
S ₁₀₀	99,67
t (°C)	20

Jól látható, hogy a hibás összekötő eltávolítása után, jóval nagyobb lett az Ur(V) nagysága

Tp(s)	15
X(%)	3,1
Ur(V)	209,6
S ₁₀₀	80,54
t (°C)	25

PE szigetelésű kábel „helyi hibával”

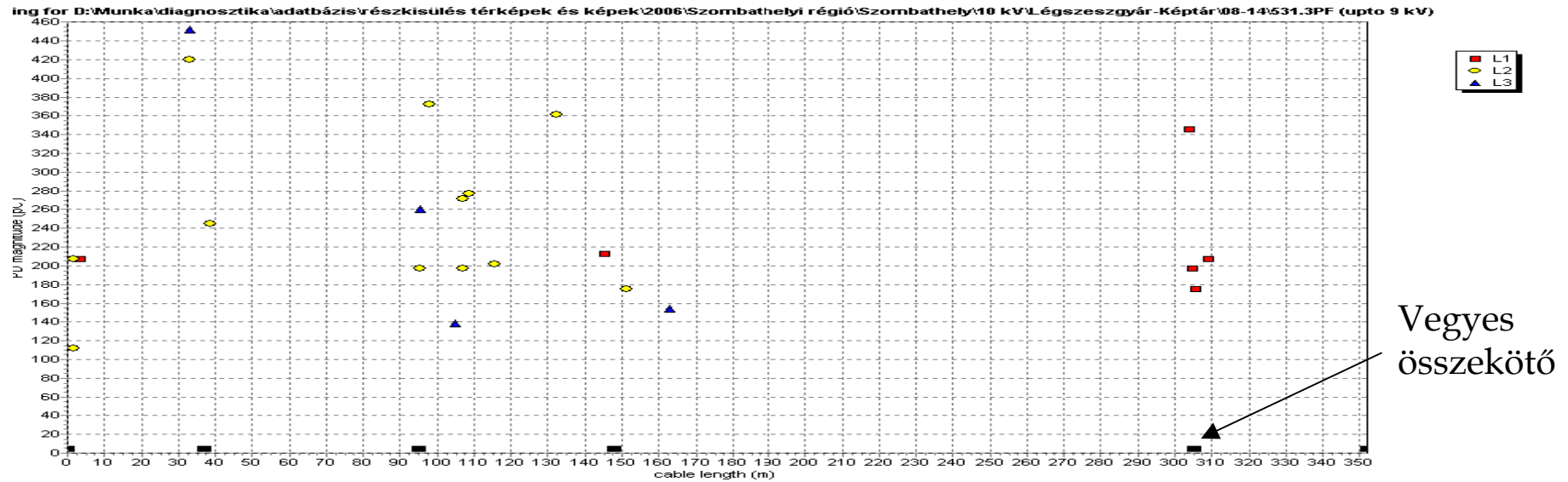
Részleges kisülés mérés adatai a javítás
előtt és után

		L1		L2		L3	
Mérés dátuma		'06.08.14	'06.08.15-	06.08.14..	'06.08.15	06.08.14.	'06.08.15
Háttérzaj (pC)		151	86	138	75	133	73
U_{be} csúcs (kV)		7	9	7	8	8	9
Részleges	U_0	411	504	478	1050	543	970
kisülés	$1,5 U_0$	6550	24160	11360	20300	12260	16270
(pC)							

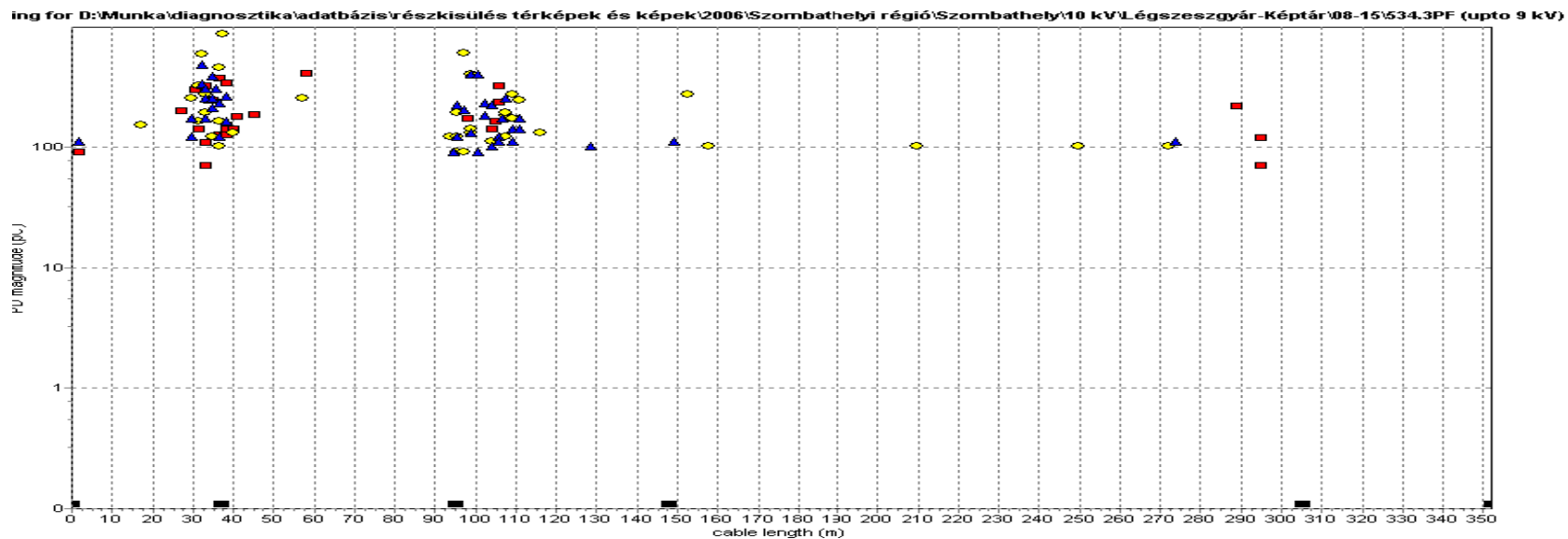
- A háttérzaj kisebb volt a második nap
- A begyújtási feszültségek alakulásában is van eltérés, de ez nem befolyásolja a mérés kiértékelését
- A részkisülések nagysága is eltérően alakult, de az adott feszültség szinteken az összetarozó adatok nagyjából azonos nagyságrendbe esnek

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.08.14-i mérés részkisülés térképe U_0 feszültségen a javítás előtt

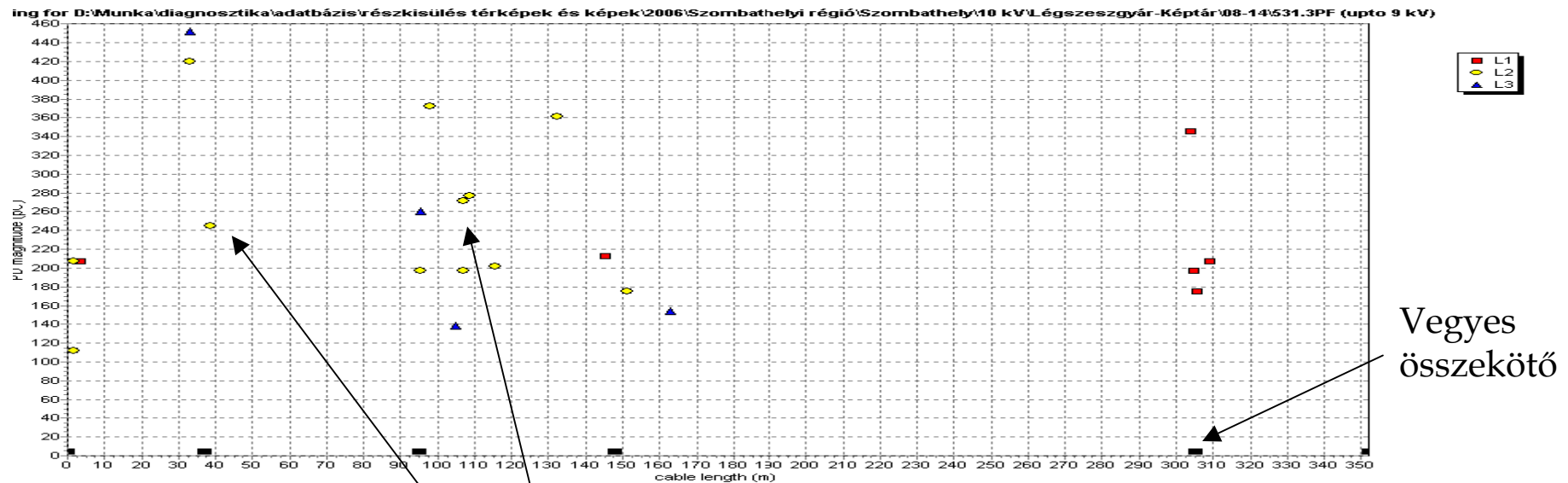


A 2006.08.15-i mérés részkisülés térképe U_0 feszültségen a javítás után SZAPKMVB SZAQkrKVM

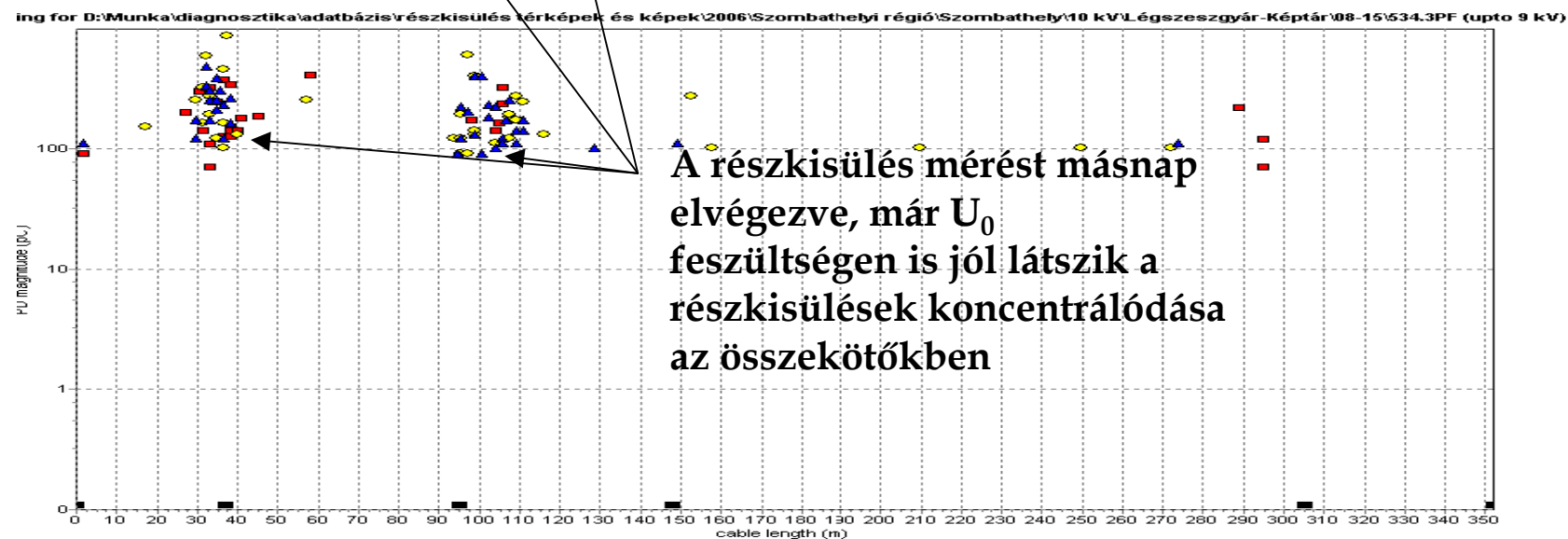


PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.08.14-i mérés részkiülés térképe U_0 feszültségen a javítás előtt

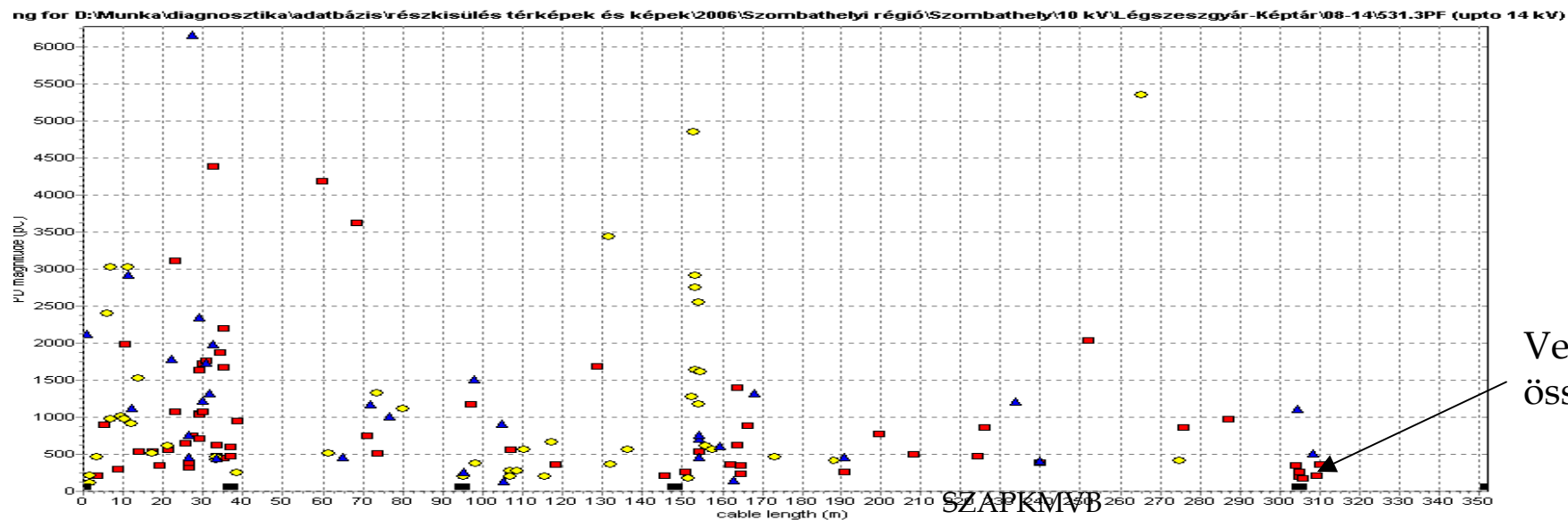


A 2006.08.15-i mérés részkiülés térképe U_0 feszültségen a javítás után SZAPKMVB SZAQkrKVM

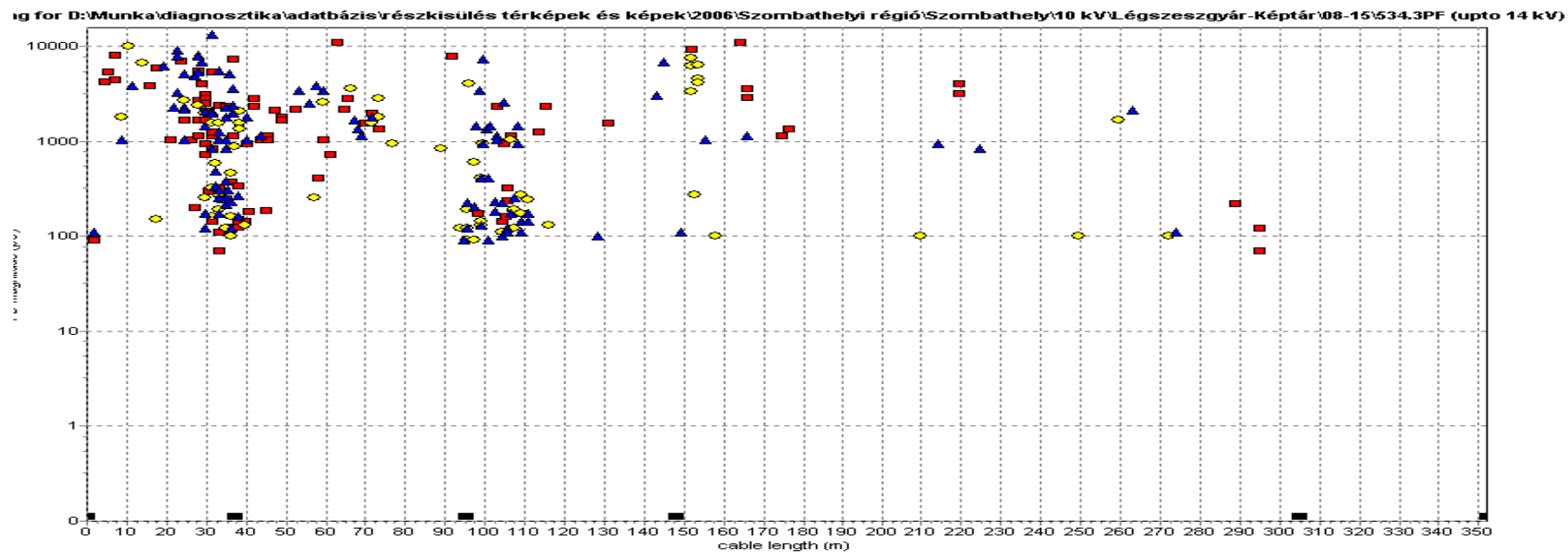


PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.08.14-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$ feszültségen a javítás előtt

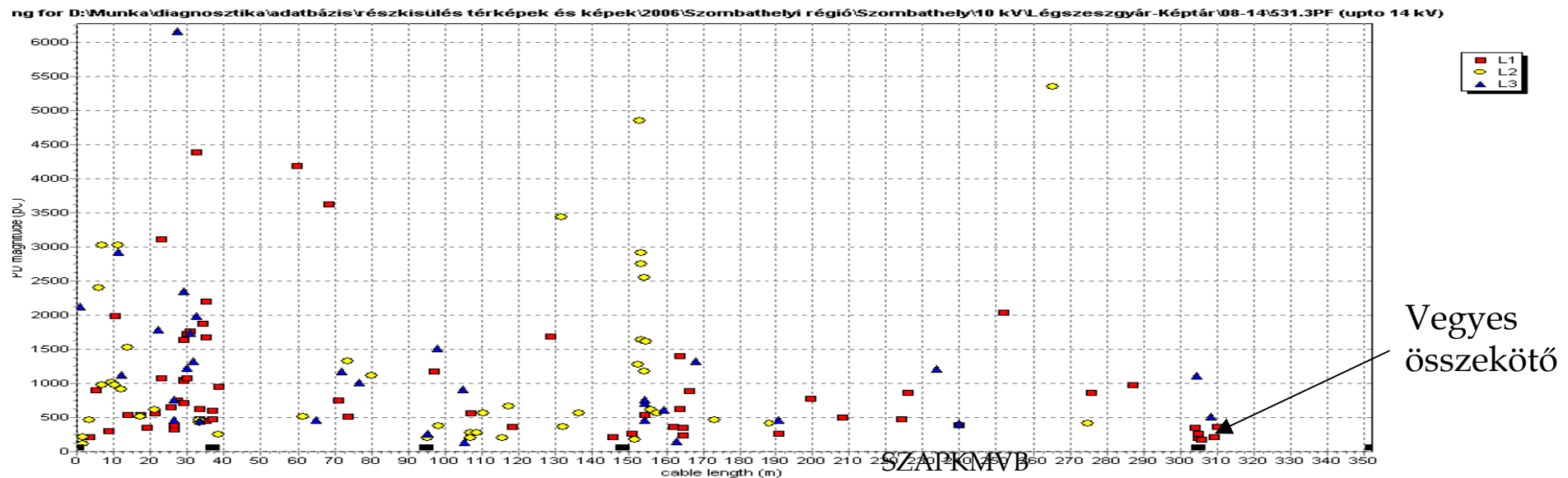


A 2006.08.15-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$ feszültségen a javítás után

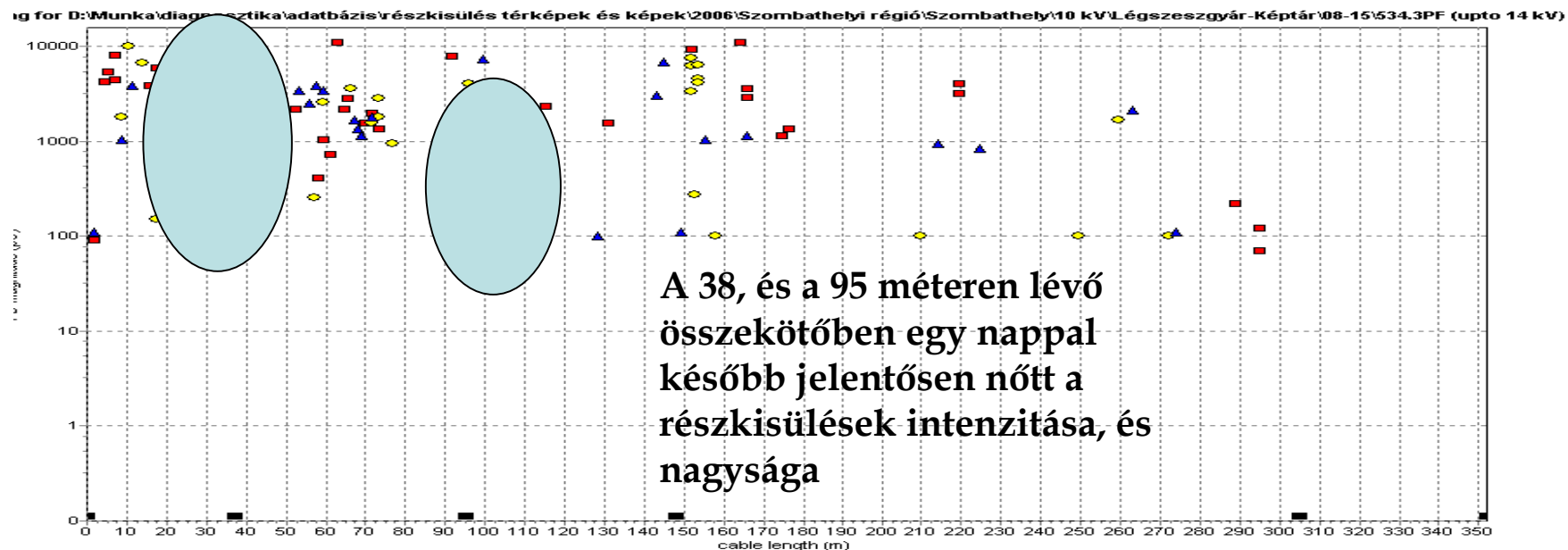


PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.08.14-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$ feszültségen a javítás előtt

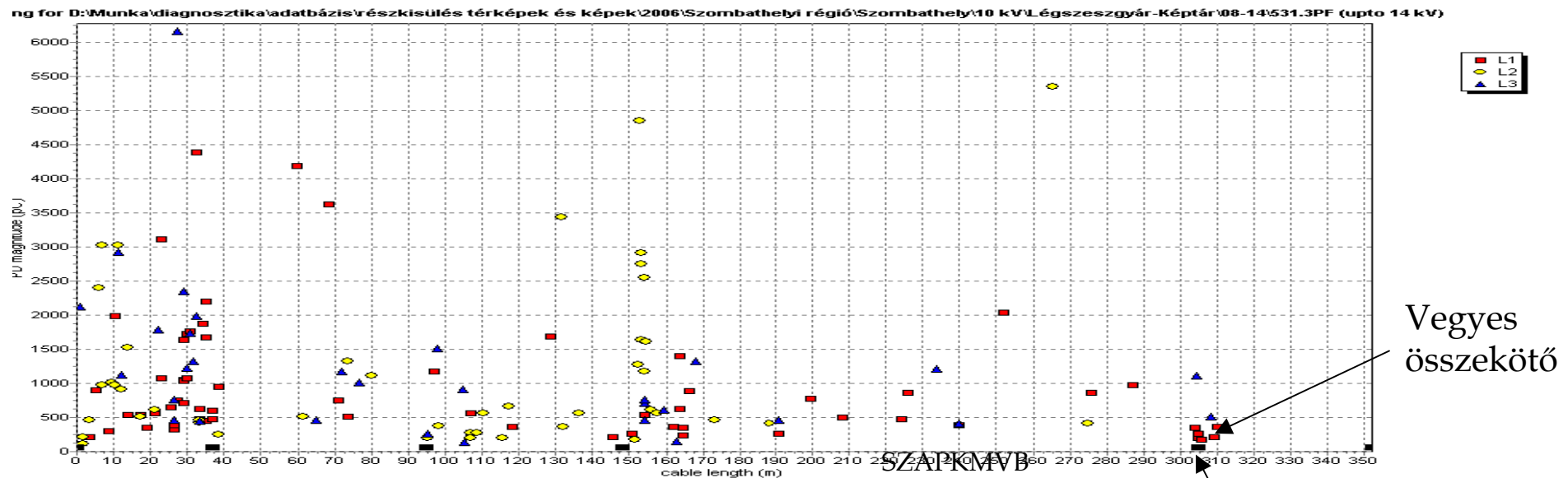


A 2006.08.15-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$ feszültségen a javítás után

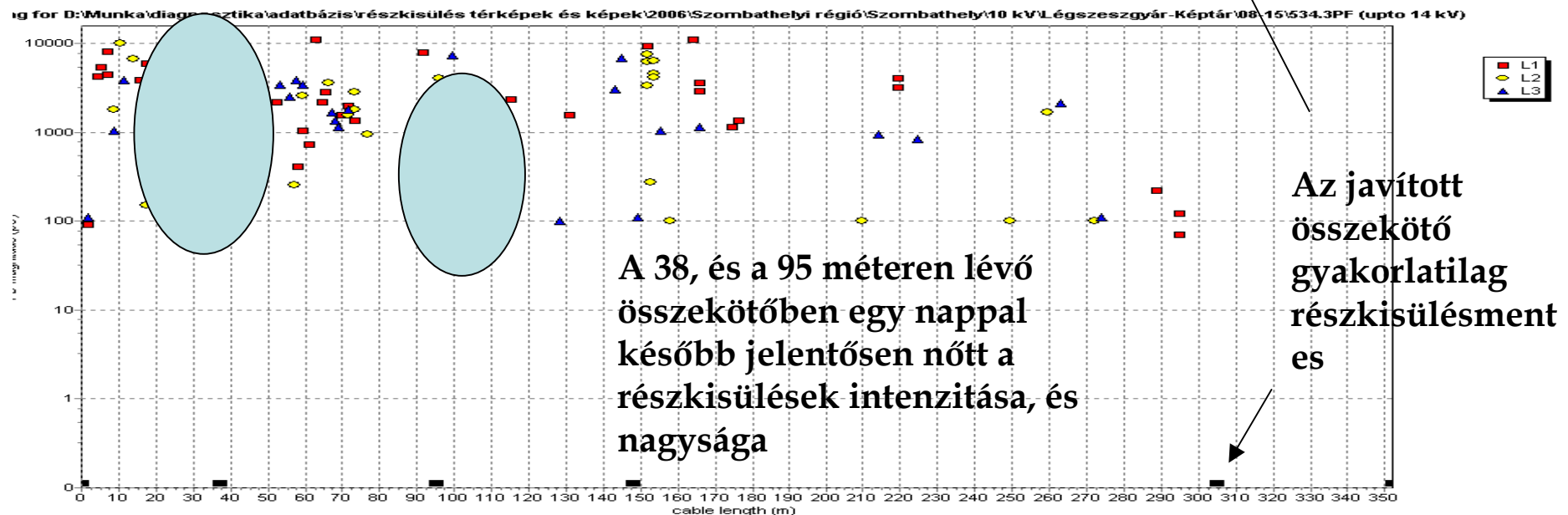


PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A 2006.08.14-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$ feszültségen a javítás előtt



A 2006.08.15-i mérés részkisülés térképe $1,5 U_0$ feszültségen a javítás után

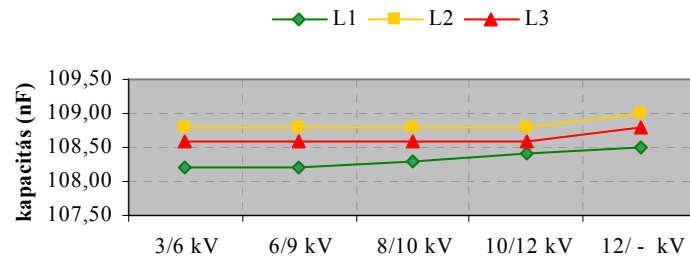


PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

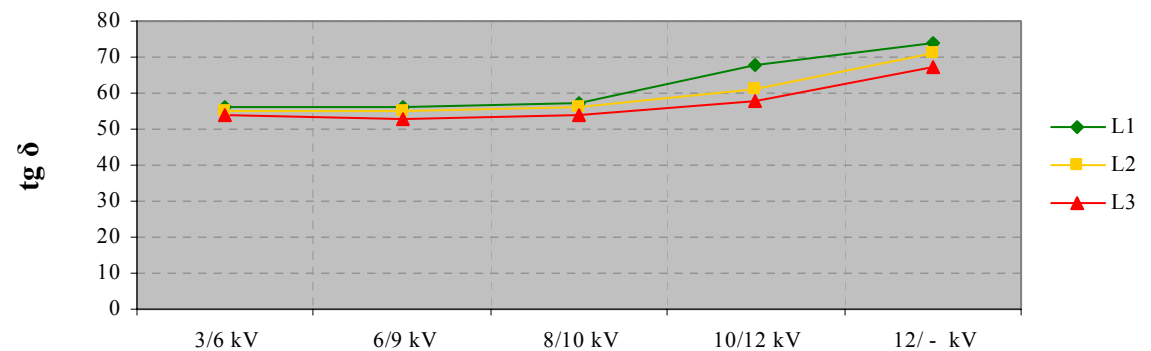
Javítás után a kapacitás, és tg delta növekmény görbe
 $0,5 U_0 - 2 U_0$ feszültségen

Névleges feszültség 10 kV	kapacitás			tg δ		
Mérőfeszültség (10/20kV)	L1	L2	L3	L1	L2	L3
3/6 kV	108,20	108,80	108,60	56	55	54
6/9 kV	108,20	108,80	108,60	56	55	53
8/10 kV	108,30	108,80	108,60	57	56	54
10/12 kV	108,40	108,80	108,60	68	61	58
12/ - kV	108,50	109,00	108,80	74	71	67

kapacitás változás



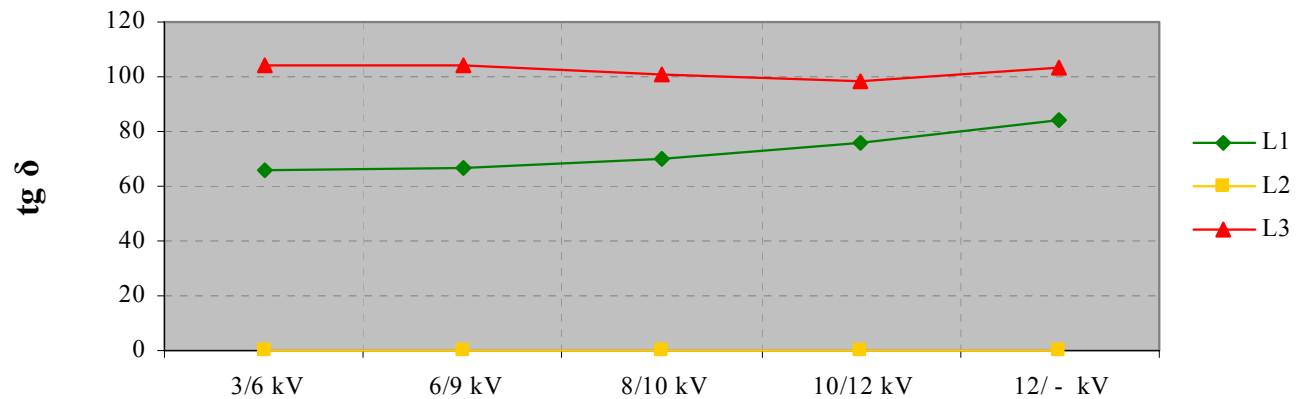
tg δ változás



PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

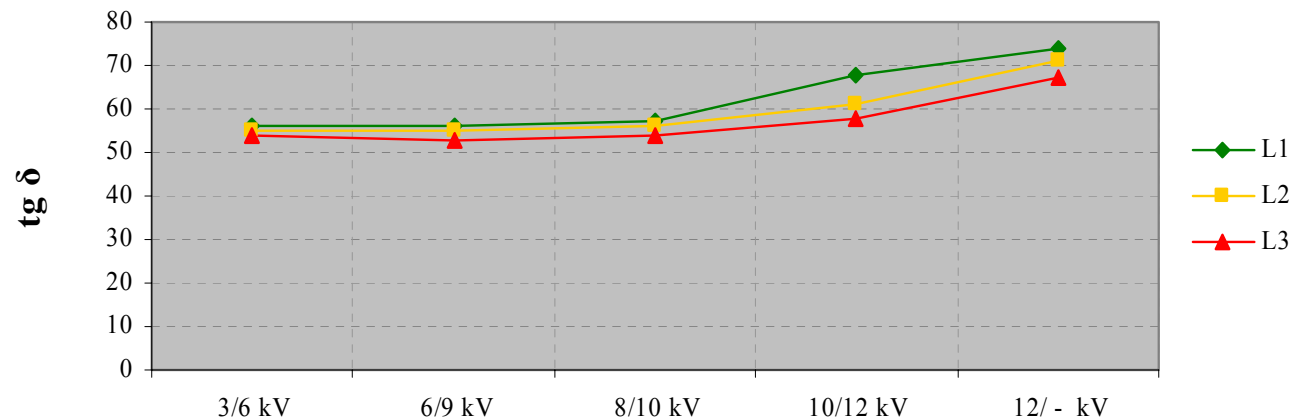
Tg delta növekmény görbe összehasonlítása a javítás előtt, és után $0,5 U_0 - 2 U_0$ feszültségen

tg δ változás



Javítás előtt

tg δ változás



Javítás után

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

Következtetések

- A szigetelési ellenállás értékei a javítás után csak kis mértékben javultak
- T_p domináns időállandó sem változott jelentős mértékben
- A visszatérő feszültség nagyságánál viszont jelentős volt a változás (66V-ról 210 V-ra javult), és a görbe sem „húz” meredeken lefelé, ami arra utal, hogy a helyi gyengepont eltávolításra került
- A részkisülések az összekötőkben, és azok környékén továbbra is megmaradtak, bár üzemi feszültségen a kb. 1000 pC körüli értékük olaj-papír szigetelés esetén nem számottevő
- A javítás utáni tg delta növekményéből szintén jól látható, hogy a helyi gyengepontot eltávolították
- az olaj-papíros általános állapota öregedett
- A kábelvonal szigetelési állapotjellemzői a javítás után sem javultak számottevően, de a kábelvonal még biztonságosan üzemeltethető

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A meghibásodott összekötő vizsgálata



- A réz szövedék nem lett kitekerve teljesen, helyette egy rézsodronyt alkalmaztak
- A réz szövedékkal mindkét oldal árnyékolását össze kell kötni, az azonos potenciál, és az egyenletes téreloszlás érdekében

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A meghibásodott összekötő vizsgálata



- A „sárga szalag” egy olyan anyag, ami arra szolgál, hogy az összekötő szerelésekor kialakuló éleket csúcsokat simítsa
- Jelen esetben a sárga szalagot csak „nyomokban” lehet felfedezni
- A sárga szalagnak térkitöltő szerepe van, ennek megfelelően a szerelt felület teljes hosszán jelen kellett volna lennie
- A sárga szalagnak olajzáró szerepe is van

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A meghibásodott összekötő vizsgálata



- Régebbi összekötőknél az erek szerelésekor a papír öv szigetelést össze kellett kötni egy erre a célra kialakított textil szövedéssel, azért, hogy az ne szakadjon el

- Az öv szigetelés szerelése előtt azonban feltétlenül el kellett volna távolítani

Jelen esetben ezt nem tették meg, idegen anyagot hagyva ezzel a szerkezetben

- A textil szövedék dielektromos tulajdonságáva ismeretlen

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A meghibásodott összekötő vizsgálata



- A 10 kV-os övköpenyes olaj-papír szigetelésű kábelek övköpenyének anyaga ólom, illetve PVC
- A vizsgált kábel övköpenye PVC
- A villamos vezetést úgy oldják meg, hogy a PVC cső külső, és belső felületét fémes felülettel látják el
- A kábel hossza mentén végigfutó „fémezett” PVC cső valójában egy kábel, aminek kapacitása van
- A PVC permittivitása jóval kisebb mint az olaj papírosé

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A meghibásodott összekötő vizsgálata



- A PVC cső kapacitív tulajdonságai miatt ügyelni kell arra, hogy a PVC szigetelés a nagyfeszültségű villamos erőteréből ki legyen zárva
- Ennek érdekében a PVC cső külső, és belső felületét azonos potenciálra kell hozni, és le kell földelni
- Ellenkező esetben átüthet, ami a villamos ívkisülés roncsoló hatása miatt az olaj-papíros átütését is eredményezheti
- Jelen esetben a „fémezett” PVC cső „kisöntölése” nem történt meg

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

A meghibásodott összekötő vizsgálata

Szerelésnél elkövetett hiányosságok

- Az árnyákolás folytonosításának nem megfelelő kialakítása
- A „sárga szalag” hiányos felvitele
- Idegen anyag a szigetelés szerkezetében
- „Fémezett” PVC övköpeny kisöntölésének hiánya

PILC/PE papír/műanyag-vegyes szigetelésű kábel

Megállapítások

- A kábelvonal meghibásodása nem járt fogyasztói zavartatással, mivel a tervszerű diagnosztikai vizsgálat során ütött át, ez idő alatt a fogyasztók más kábelvonalakról lettek ellátva
- A helyi gyengepont feszültségtűrése nagyon csekély volt
- egy a hálózaton fellépő túlfeszültség biztosan átütéshez vezetett volna
- Üzemzavar esetén a meghibásodott kábelvonal előtt lévő kábelvonalak mindegyikén átfolyik a zárlati áram
- Ezzel szemben a diagnosztikai vizsgálat során csak a vizsgált szakasz van feszültségpróba alá vonva
- A gyakorlat alapján az előmérésre kiválasztott szakaszok kb. harmadát érinti a részkisülés, és tg delta vizsgálat
- Az előmérés nem veszi igénybe a kábelvonalak szigetelését, mert a vizsgálófeszültség értéke kisebb az üzemi feszültségnél

Köszönöm, hogy megtisztelték
figyelmükkel!

Ezúton szeretném megköszönni Csépes
Gusztávnak a segítségét a prezentáció
elkészítésében!

Egyed Róbert diagnosztikai területi
referens

E.ON Hálózati Szolgáltató Kft.

Győr, Vass Gereben u. 1.

e-mail: robert.egyed@eon-hungaria.com

Tel: 06 (96) 521-373; mobil: 06 (30) 237-4321