

ALUMÍNIUM SÍNKÖTÉSEK ELLENŐRZÉSE

Mányoki László
SPIE Hungaria Kft.

Szigetelésdiagnosztikai Konferencia
Mátraháza, 2019. október 16-17.

Tartalom

1. Előírások
2. Csavarkötések (elmélet)
3. Csavaros síncsatlakozások (elmélet)
 - a, Átmeneti ellenállás jellemzői és számítása*
 - b, Csatlakozások kialakítása*
4. Átmeneti ellenállásmérés
 - a, Mérési kialakítás*
 - b, Eredmények*
 - c, Értékelés*

Előírások

Jogszabályok

191/2009. (IX.15.) Korm.rendelet az építőipari kivitelezési tevékenységről

33.§ (3) cd, Az építési munkaterület átadás-átvétele során a fővállalkozó kivitelező az építtetőnek átadja ... a mérési jegyzőkönyveket és az elvégzett működési próbák jegyzőkönyveit.

8/2001. (III.30.) GM rendelet Villamosmű Műszaki-Biztonsági Követelményei Szabályzat (VMBKSz)

Ø

Előírások

Szabványok

MSZ-09-00.0280:1989

Erőművi, transzformátor- és kapcsolóállomási új villamos berendezések minőségi vizsgálatainak és üzembe helyezésének műszaki követelményei

7.3. Szerelés közben végzett és szerelést követő minőségellenőrzés

7.3.1.1. *Utánhúzással* ellenőrizni kell a primer és szekunder csavarkötéseket.

7.3.1.3. *Ellenőrizni* kell a primer **sínezés folytonosságát...**

7.3.1.2. A beépített **kapcsolókészülékek ellenőrzését a 6. fejezet előírásai szerint kell elvégezni.**

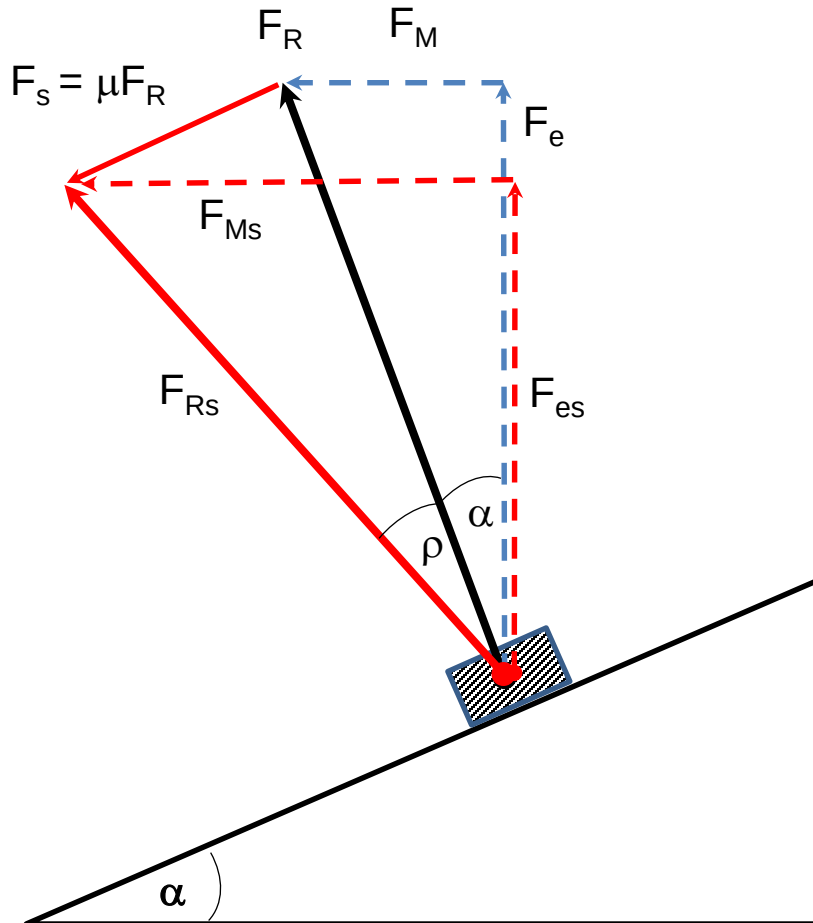
6.5.1. A készülékek előzetes villamos próbái

6.5.1.2. A főáramkörök ellenállásmérése ($100-200 A_{DC}$, ~ gyári érték, Ag/vonalszerű)



Csavarkötések (elmélet)

Erőhatások és nyomatékok



Súrlódás nélküli eset

- F_R a meneten ébredő erő súrl. nélkül
- F_M a nyomatékot igénylő erő súrl. nélkül
- F_e a csavart előfeszítő erő súrl. nélkül

Súrlódással

- F_s súrlódási erő ($\mu = \tan \rho$)
- F_{Rs} a meneten ébredő erő súrlódással
- F_{Ms} a nyomatékot igénylő erő súrlódással
- F_{es} a csavart előfeszítő erő súrlódással

Csavarkötések (elmélet)

Erőhatások és nyomatékok / **Általános menet**

Meghúzási nyomaték

$$M = M_0 + M_1$$

M_0 csavarfej súrlódása

M_1 csavarmenet ellenállása

$$M_0 = F_e * \mu_a * d_k/2$$

laposmenet súrl. nélkül ($\beta=0$; $\mu=0$)

$$M_1 = F_e * \operatorname{tg} \alpha * d_2/2$$

laposmenet súrlódással ($\beta=0$)

$$M_1 = F_e * (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \rho) * d_2/2$$

élesmenet súrlódással ($\beta>0$)

$$M_1' = F_e * (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \rho') * d_2/2$$

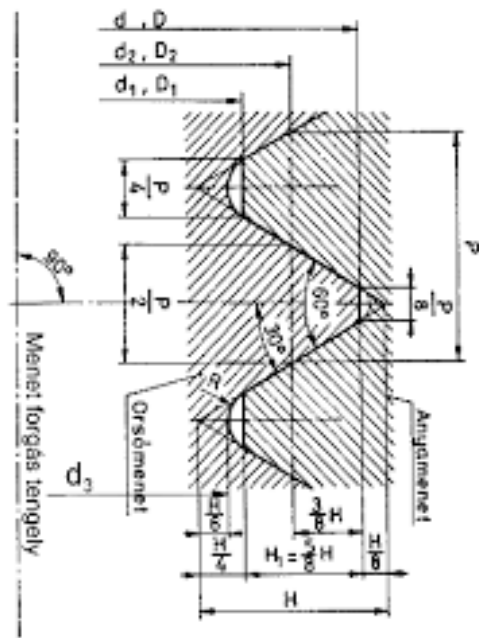
$$\operatorname{tg} \rho' = \mu / \cos (\beta/2)$$

általános eset:

$$M = M_0 + M_1' = F_e * \{(\mu_a * d_k/2) + (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \rho') * d_2/2\}$$

Csavarkötések (elmélet)

Erőhatások és nyomatékok / **Metrikus menet**



$$\beta = 60^\circ \quad \operatorname{tg} \alpha = p/d_2 \cdot \Pi$$

$$M/F_e = 0,16 \cdot p + \mu [0,58 \cdot d_2 + (d_k/2)]$$

$$\mu_a = \mu = 0,08 \dots 0,14 \dots 0,20$$

$$M/F_e = K \cdot d_2$$

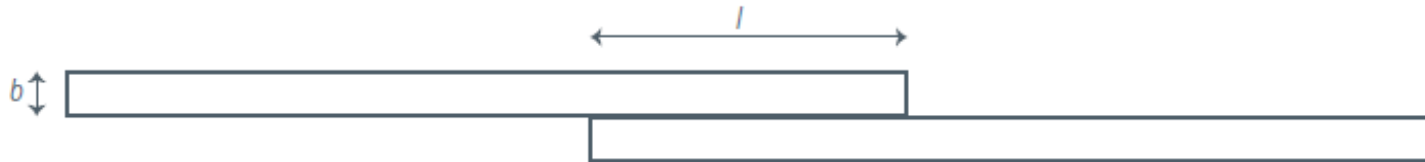
Table 19 - Nut Factors for Different States of Lubrication

Bolt Lubrication	Nut Factor
Dry	0.20 - 0.22
Contact aid compound	0.19 - 0.21
Boundary lubricant (Mo_2S)	0.15 - 0.16

egyszerűsített számítás

Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás



átmeneti (joint) ellenállás értéke

$$R_j = R_s + R_c$$

R_s

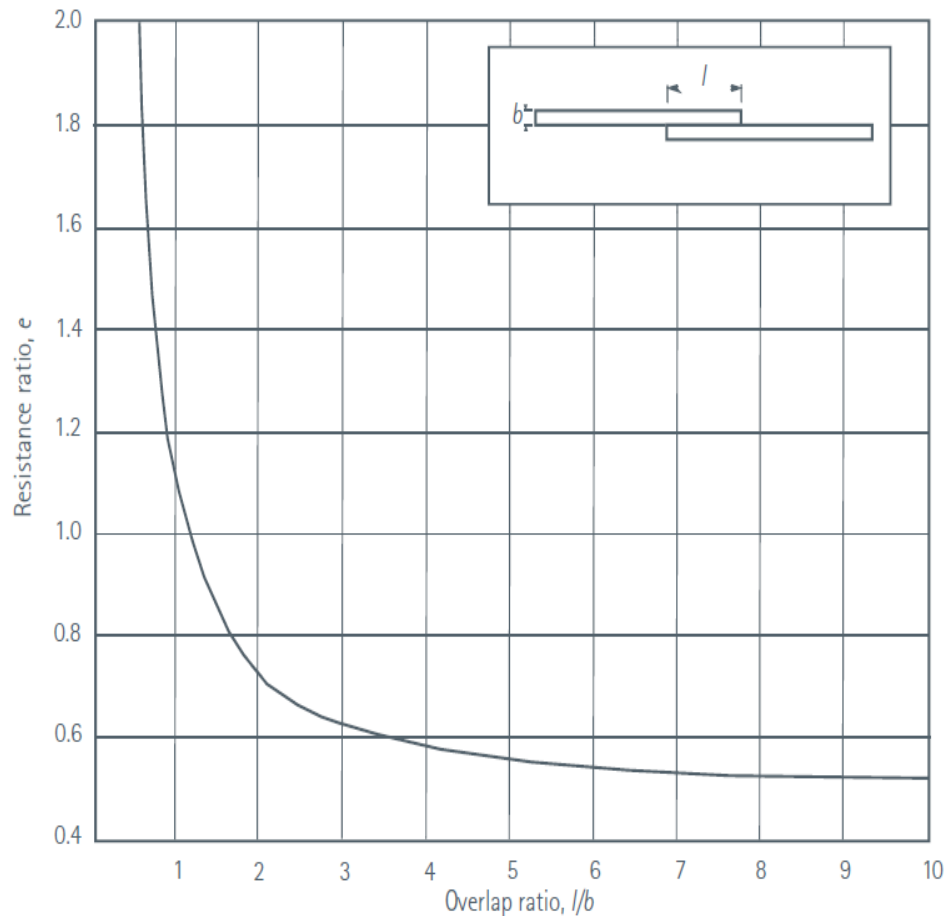
áramlási (streamline)
ellenállás

R_c

érintkezési (contact)
ellenállás

Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / Áramlási ellenállás



furatok nélkül

$$e = \frac{R_s}{R_b} = \frac{ab}{\rho l} R_s$$

a is the width of bar, mm

b is the thickness of bar, mm

l is the length of overlap, mm

ρ is the resistivity of the conductor, $\mu\Omega$ mm

R_s is the resistance of overlap section in $\mu\Omega$

furatokkal

$$R_{sb} = \frac{epl}{(a - nd)b}$$

d is the diameter of the holes

n is the number of holes across the width of the bars.

Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / **Áramlási ellenállás**

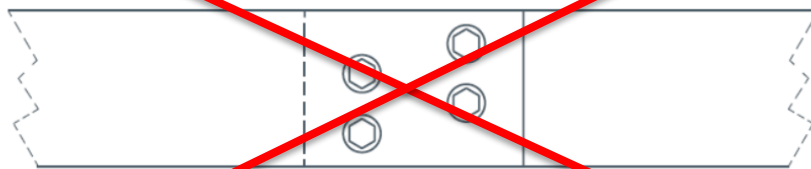
Furatelrendezés

helyes



a) Correct bolt placement

helytelen



b) Incorrect bolt placement

Sínvégek kiképzése

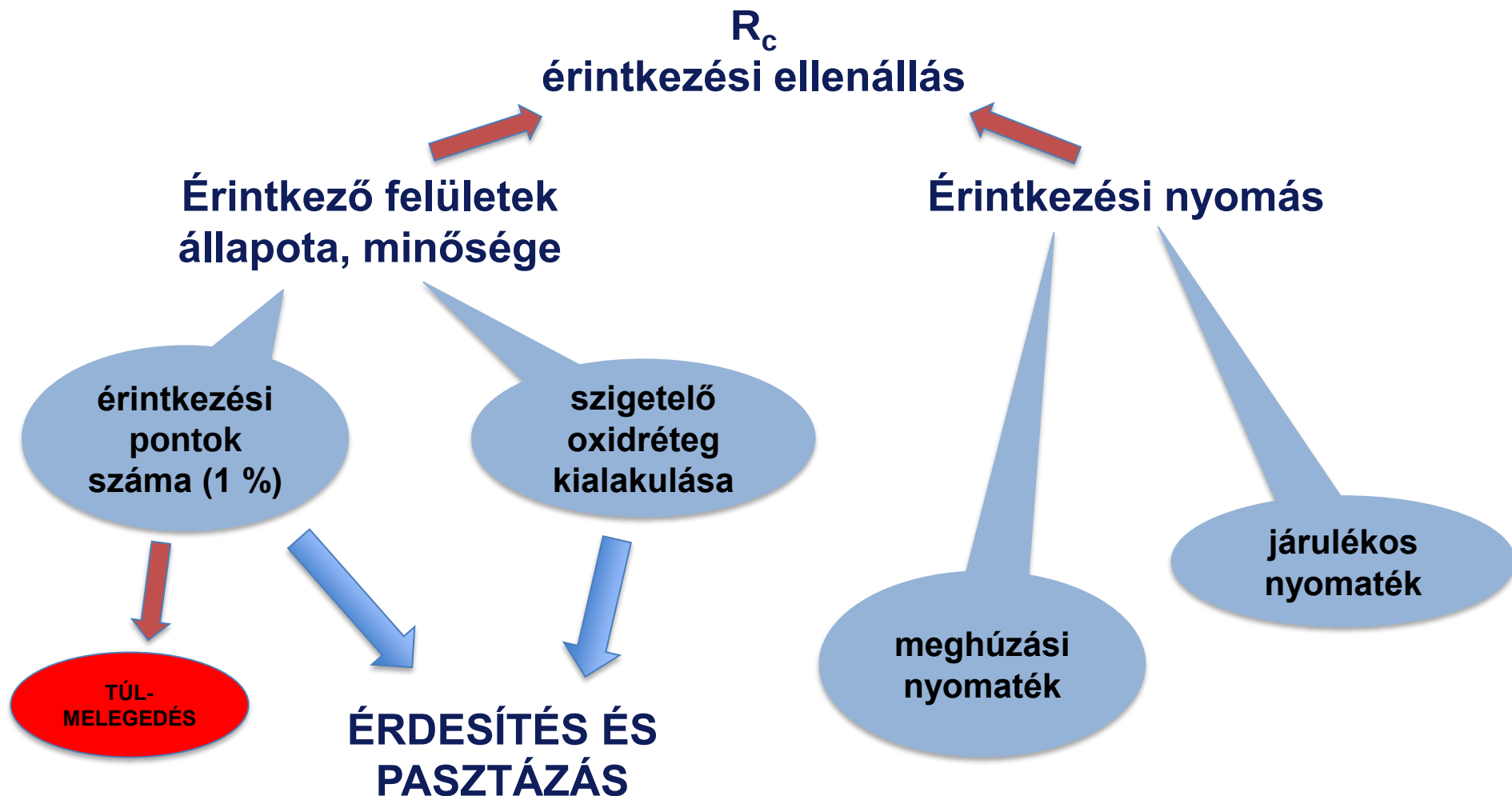


R_{j_ini} -15 %

$\Delta R_j (T)$ -(25...35) %

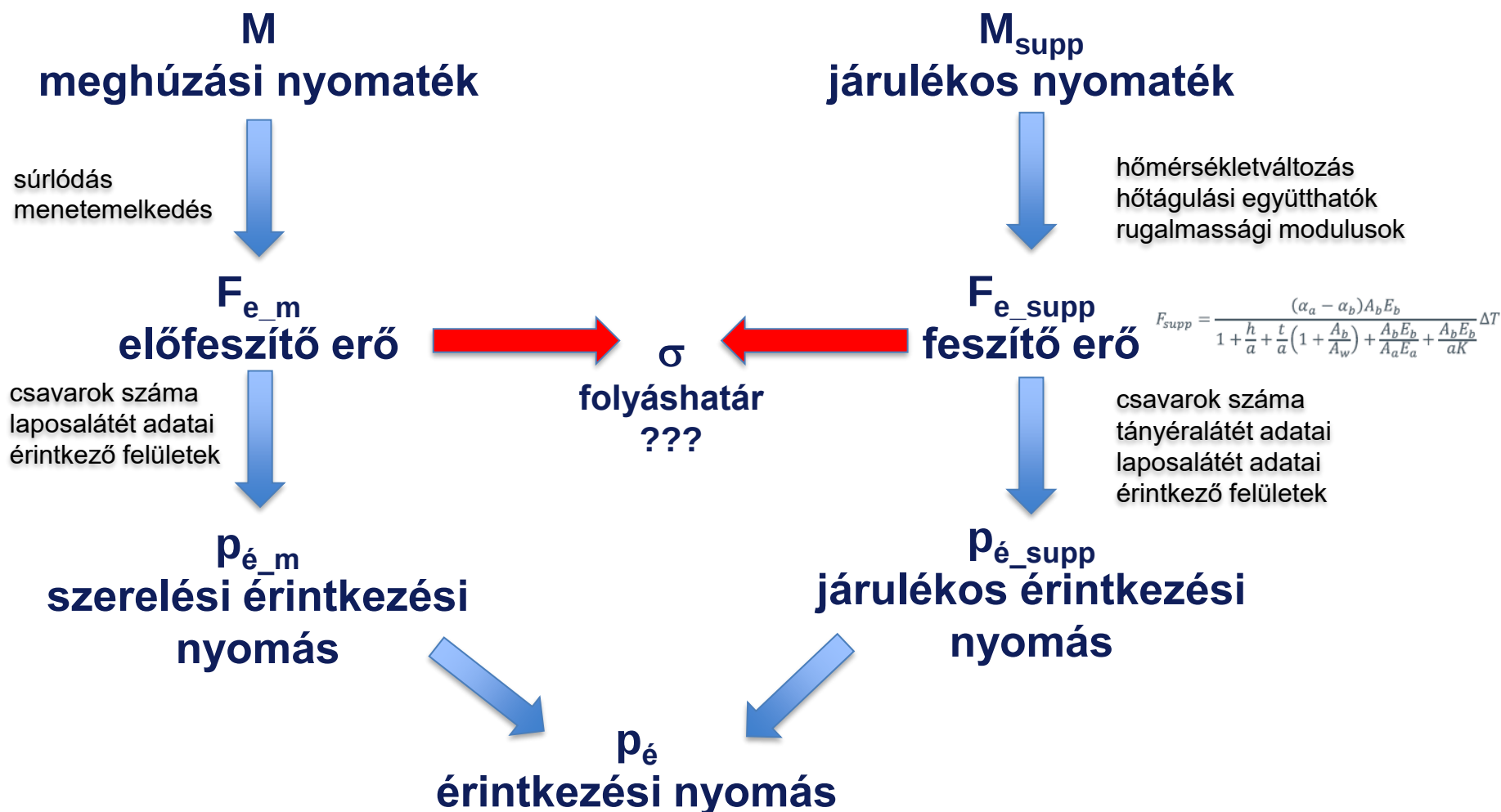
Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / **Érintkezési ellenállás**



Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / Érintkezési ellenállás / **Érintkezési nyomás**



Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / Érintkezési ellenállás / **Érintkezési nyomás**

Fajlagos
érintkezési
ellenállás
(1900 mm²)



R_c
érintkezési ellenállás
a teljes felületre

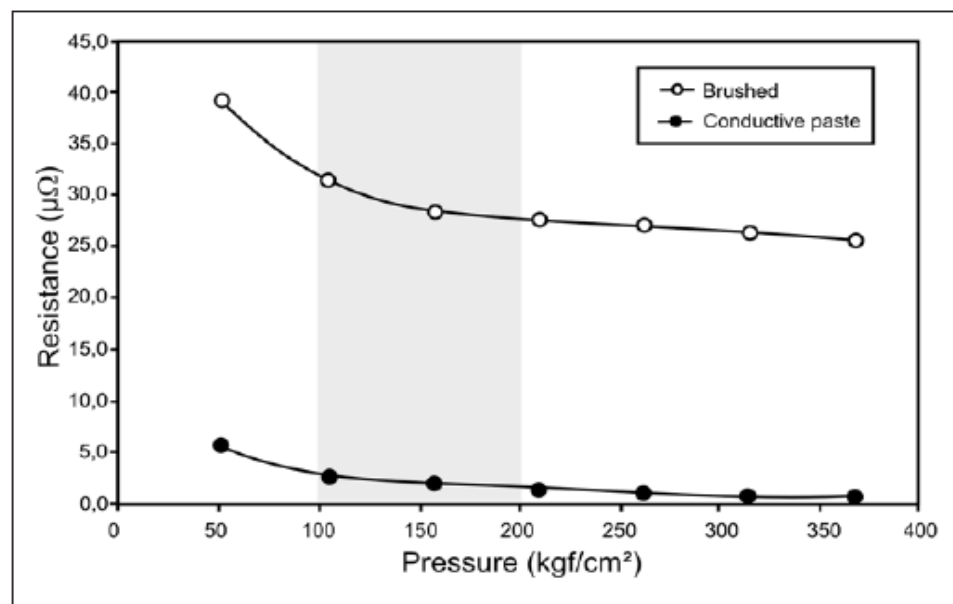


Figure 3 - Resistance of the Al/Al joint as a function of pressure, for the joints with simply brushed surfaces, and for the joints brushed and filled with graphite paste and the conductive paste. Dark area represents the usual range of pressures at the joint in industry.

p_e
érintkezési nyomás



Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / Érintkezési ellenállás / **Érintkezési nyomás**



a)



b)

**Nem homogén
nyomáeloszlás**



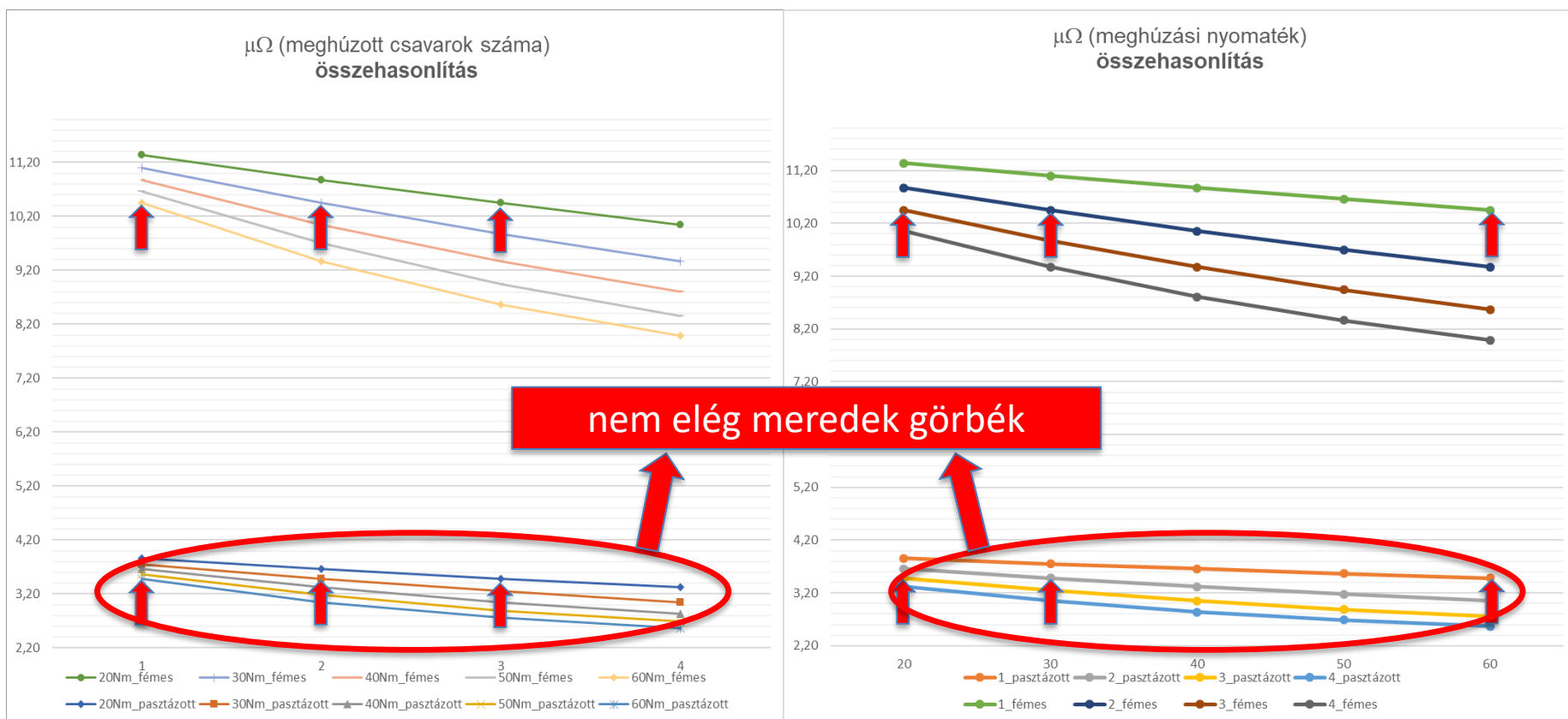
**Szélesebb sínek
felhasználása**

Akár 30-40 % érintkezési ellenálláscsökkenés*

Csavaros síncsatlakozások

Átmeneti ellenállás / Számított értékek

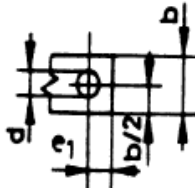
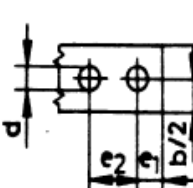
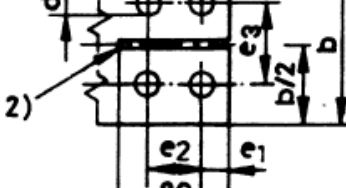
fémes és pasztázott kötés összehasonlítása



Csavaros síncsatlakozások

Kialakítás / Furatelrendezés

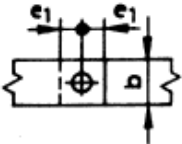
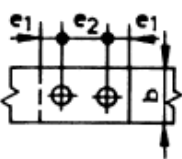
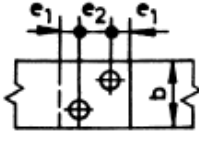
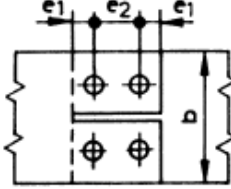
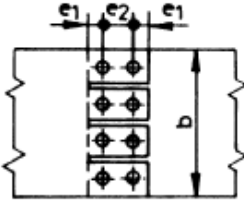
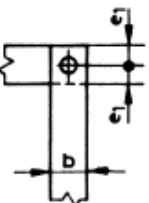
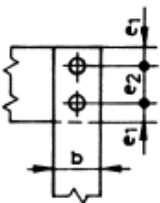
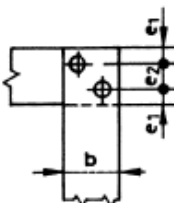
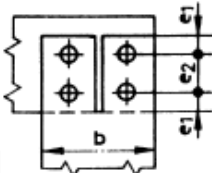
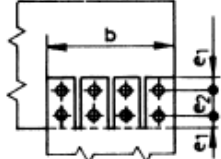
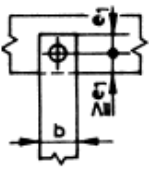
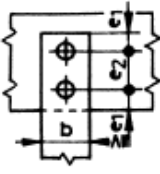
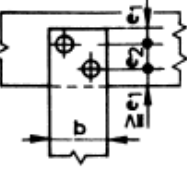
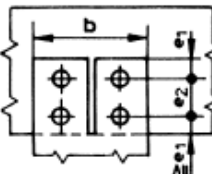
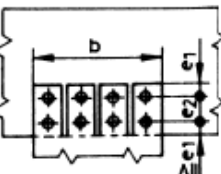
(MSZ 14550-5 Csavaros sínkötések furatelrendezése)

A sín névleges szélessége	A furatok elrendezésének ^{1/} betűjele és méretei																
	A		B			C				D				F			
																	
b	d	e_1	d	e_1	e_2	$d^{3/}$	e_1	e_2	e_3	$d^{3/}$	e_1	e_2	e_3	$d^{3/}$	e_1	e_2	e_3
12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	11	12,5	11	12,5	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	11	15	11	15	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	13,5	20	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50 ^{4/}	13,5	25	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	(13,5	20	40) ^{4/}	13,5	17	26	26	-	-	-	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	20	40	40	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	20	40	50	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	20	40	60	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	20	40	40
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	20	40	50

Csavaros síncsatlakozások

Kialakítás / **Csatlakozási módok**

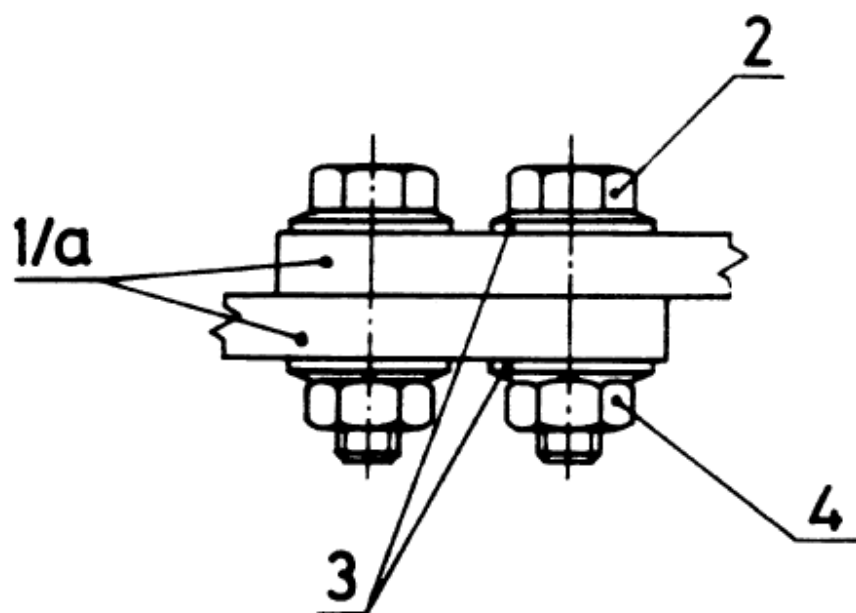
(MSZ 14550-5 Csavaros sínkötések furatelrendezése)

A furatok elrendezésének a betűjele ^{1/}	A	B	C	D	F
Hosszirányú csatlakozások					
Derékszögű csatlakozások					
T-csatlakozások					

Csavaros síncsatlakozások

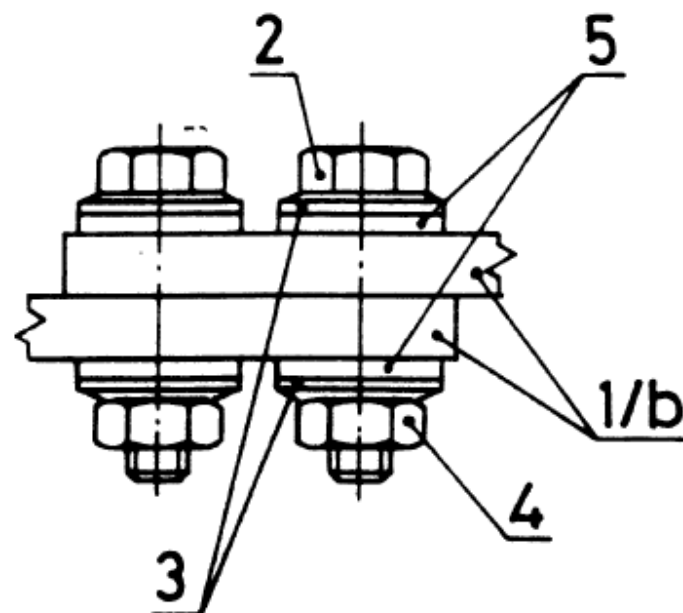
Kialakítás / Csavarcsoport

(MSZ 14550-5 Csavaros sínkötések furatelrendezése)



1/a rézsín - rézsín
rézsín - alumíniumsín

1/b alumíniumsín - alumíniumsín



2 csavar
3 rugózó elem
4 anya

5 acél alátét

Csavaros síncsatlakozások

Kialakítás / Anyagjellemzők

			SÍNEK		CSAVAR / ANYA		
			Cu E 99,10	Al 99,6	high tensile st. 8.8	stainless st. 316 (A4/1.4436)	stainless st. 304 (A2/1.4301)
sűrűség	d	(kg/m ³)	8 910,0	2 700,0	7 900,0	7 900,0	7 900,0
fajlagos ellenállás	r ₂₀	(nΩm)	17,2	28,3	140-250	750,00	730,00
ellenállás hőfoktényezője	b ₂₀	(10 ⁻³ /°C)	3,9	4,1	5,6	5,6	5,6
fajhő	c ₂₀	(J/kg°C)	385,0	921,0	500,0	500,0	500,0
hővezetési tényező	l ₂₀	(W/m°C)	397,0	230,0	58,0	14,5-15,8	15,0
olvadási hőmérséklet	θ _{olv}	(°C)	1 083,0	660,0	1 500,0	1 500,0	1 500,0
lineáris hőtágulási együttható	a ₂₀	(10 ⁻⁶ /°C)	16,5	23,0	11,1	15,8	15,8
rugalmassági modulus	E	GPa (kN/mm ²)	116-130	70	210,0	200,0	200,0
folyáshatár	S _{0,2}	MPa (N/mm ²)	240-340	70-90	640,0	450,0	450,0
szakítószilárdság	S _B	MPa (N/mm ²)	340-400	90-130	800,0	550-700	550-750
oxidáció			lassú folyamat, félvezető réteg	nagyon gyors (~μs), szigetelő réteg			

Csavaros síncsatlakozások

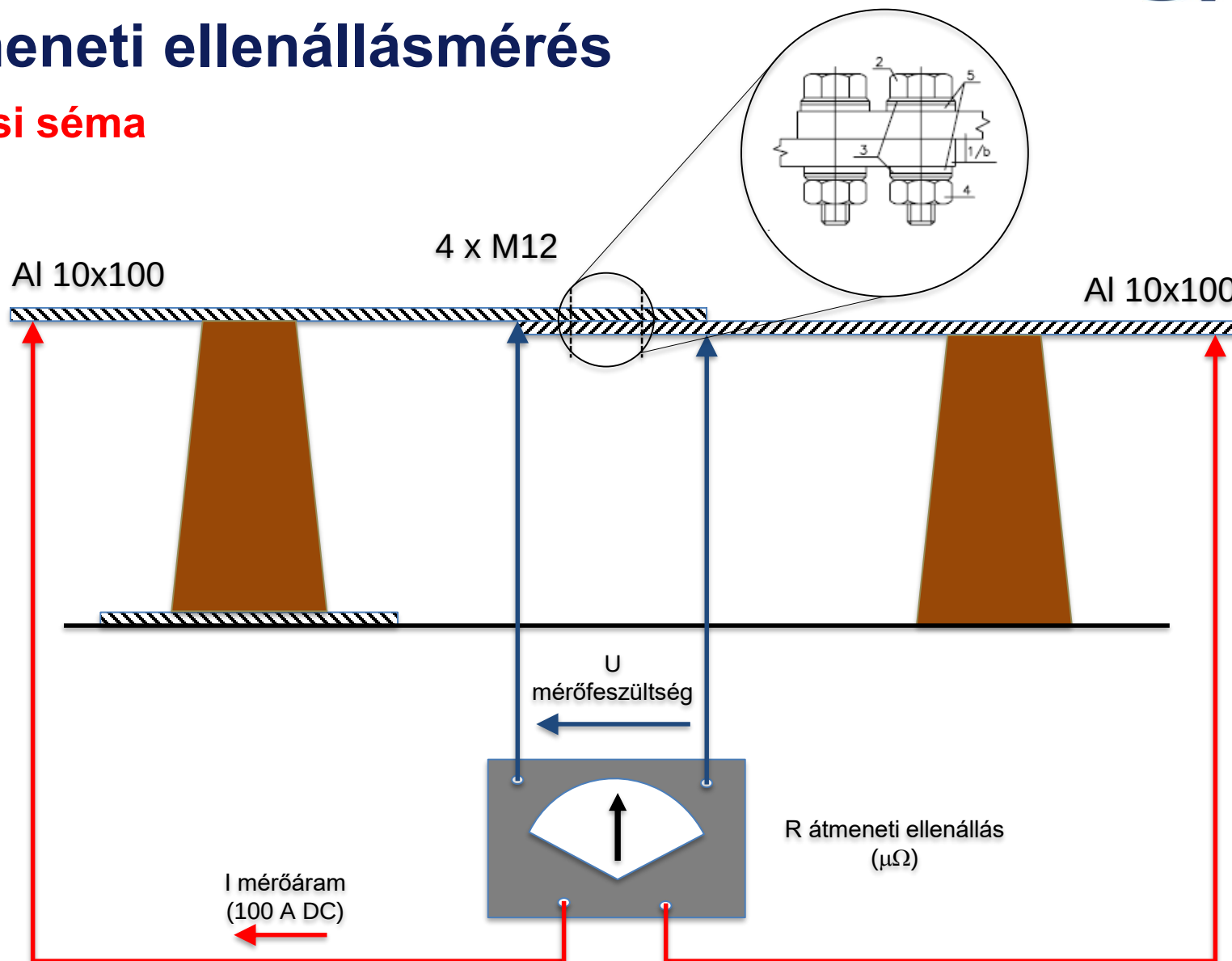
Kialakítás / Ajánlott értékek

(MSZ 14550-5 Csavaros sínkötések furatelrendezése)

Alkalmazási terület		Belsőter	Belsőter és szabadter	
Csavar	szilárdsági csoport	legalább 8.8 ^{1/}	legalább 8.8 ^{1/}	rozsdá- és saválló acél
	felületvédelem	Fe/Cd 5 C ^{2/} Fe/Cd 12 C ^{2/} Fe/Zn 5 C ^{3/} Fe/Zn 12 C ^{3/}	th ^{4/}	-
Anya	szilárdsági csoport	legalább 8 ^{5/}	legalább 8 ^{5/}	rozsdá- és saválló acél
	felületvédelem	Fe/Cd 5 C ^{2/} Fe/Cd 12 C ^{2/} Fe/Zn 5 C ^{3/} Fe/Zn 12 C ^{3/}	th ^{4/}	-
Rugózó elem		pl. feszítő alátét ^{6/} korrózióvédelemmel	pl. feszítő alátét ^{6/} korrózióvédelemmel, M 12 menet és alumínium sín esetén acél alátétekkel	
Kenőanyag a meneteknél és a fejek felfekvő területén		olaj vagy zsír	MoS ₂ -alapú kenőanyag	
Névleges meghúzási nyomaték, Nm, ha a menet	M4 M5 M6	1,5 2,5 4,5	2 3 5,5	
	M8 M10 M12	10 20 40	15 30 60	

Átmeneti ellenállásmérés

Mérési séma



Átmeneti ellenállásmérés

Mérés kialakítása



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési változatok

FELÜLET

oxidált
fémtisztá
fémtisztá és hasított

MEGHÚZOTT CSAVAROK SZÁMA

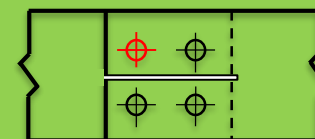
1 – 2 – 3 – 4

MEGHÚZÁSI NYOMATÉK (Nm)

20 – 30 – 40 – 50 - 60

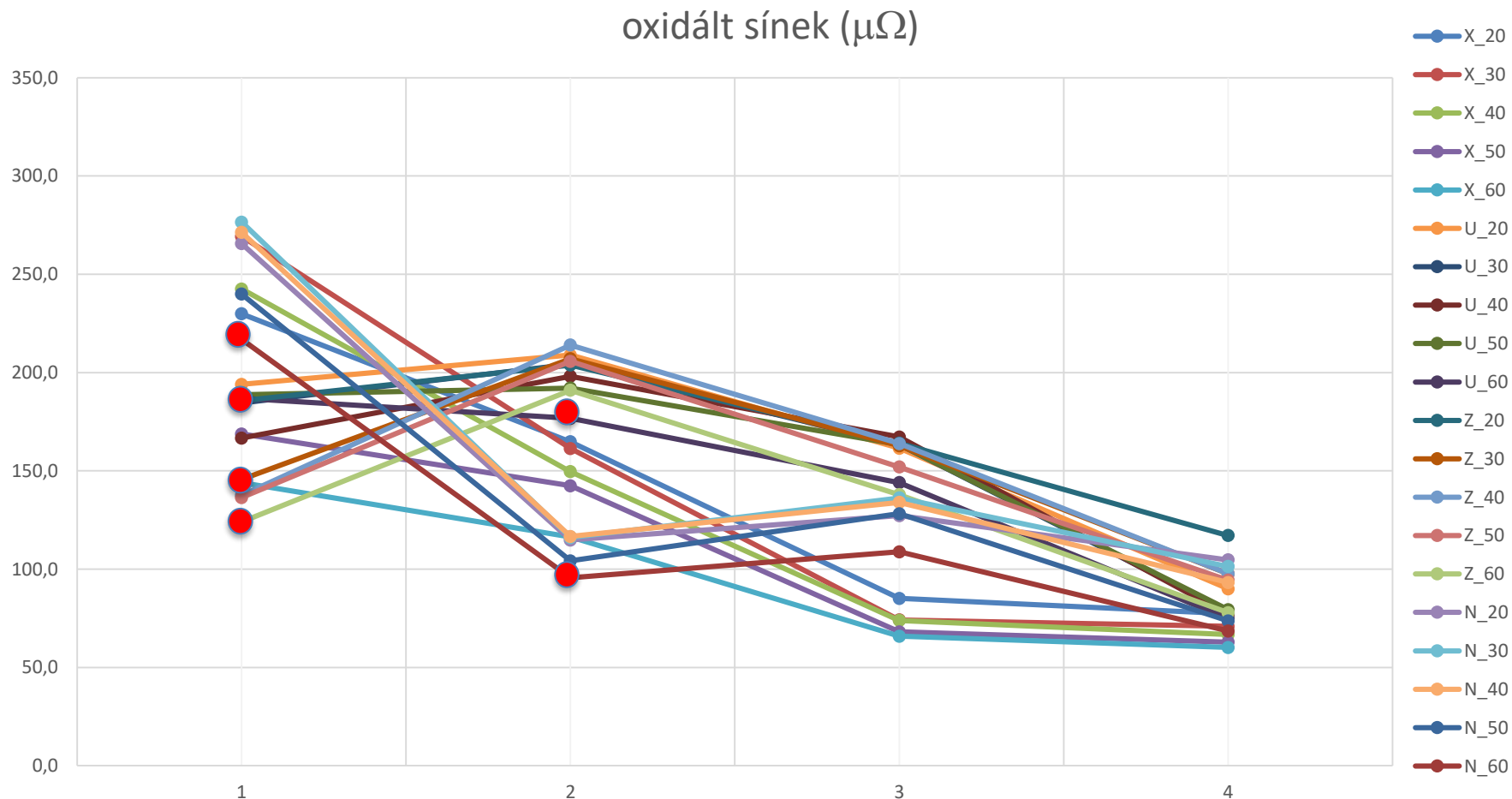
MEGHÚZÁS SORRENDJE

И – Z – U – X



Átmeneti ellenállásmérés

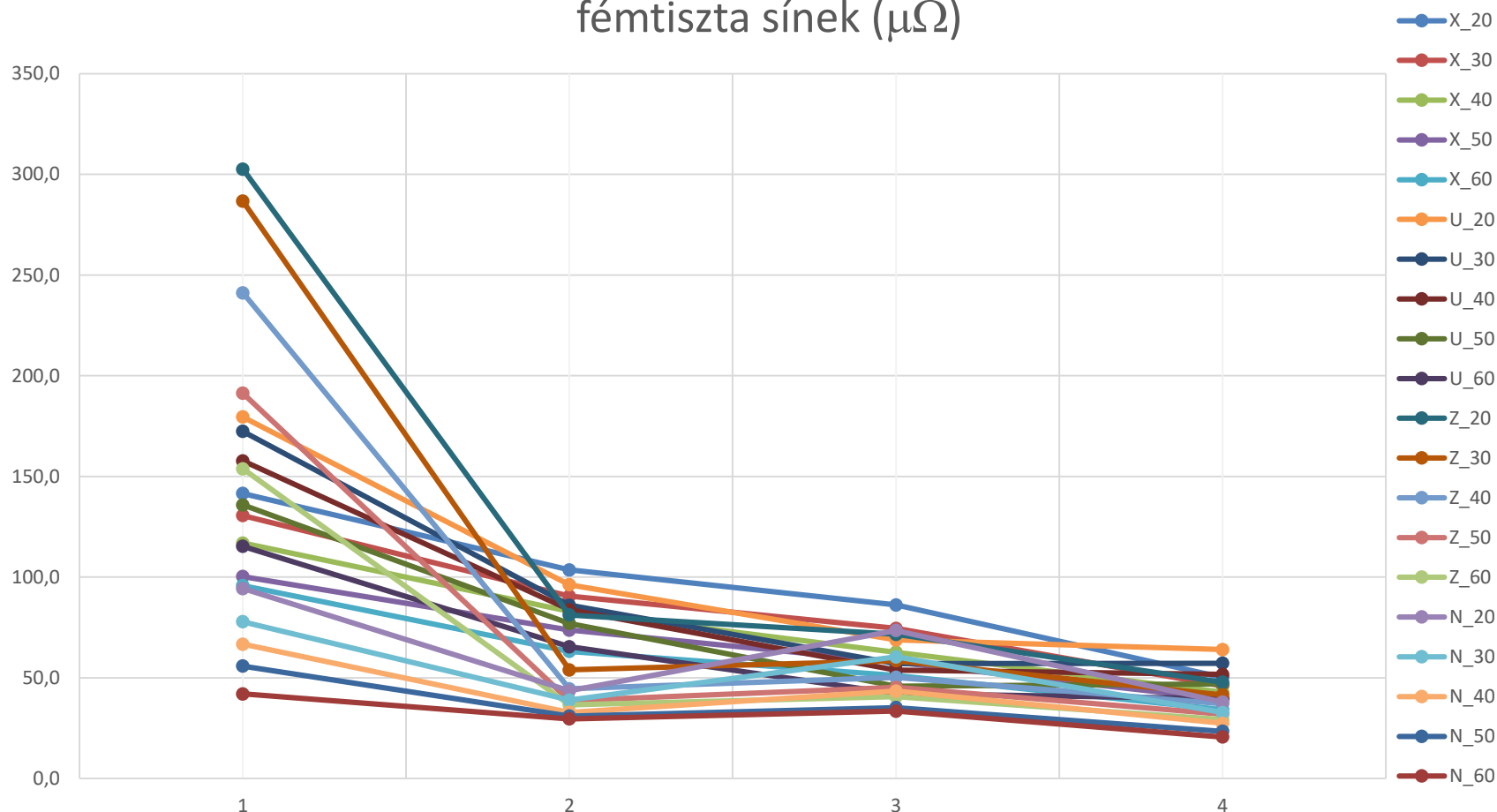
Mérési eredmények / **Függés a meghúzott csavarok számától**



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Függés a meghúzott csavarok számától**

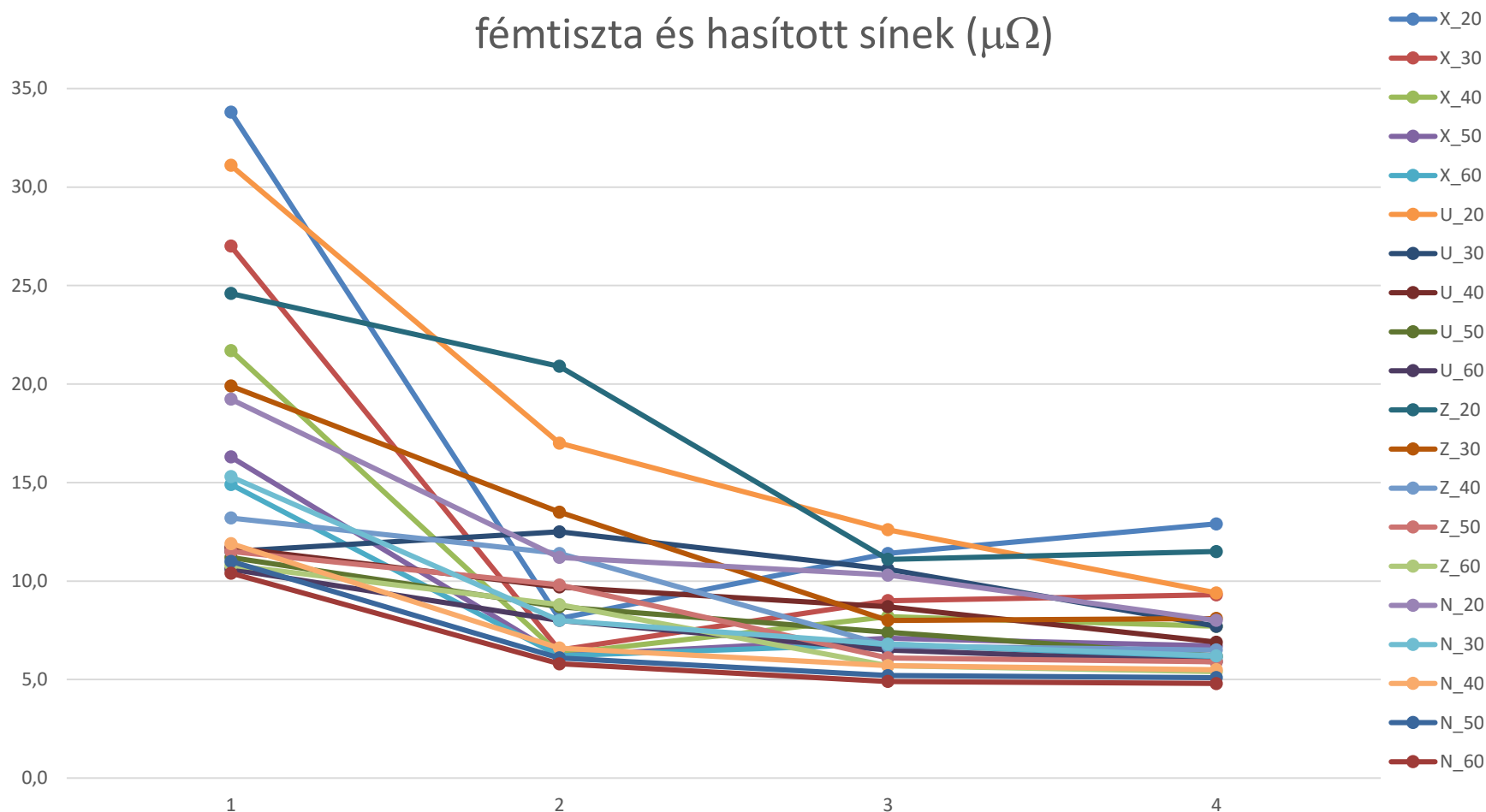
fém tiszta sínek ($\mu\Omega$)



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Függés a meghúzott csavarok számától**

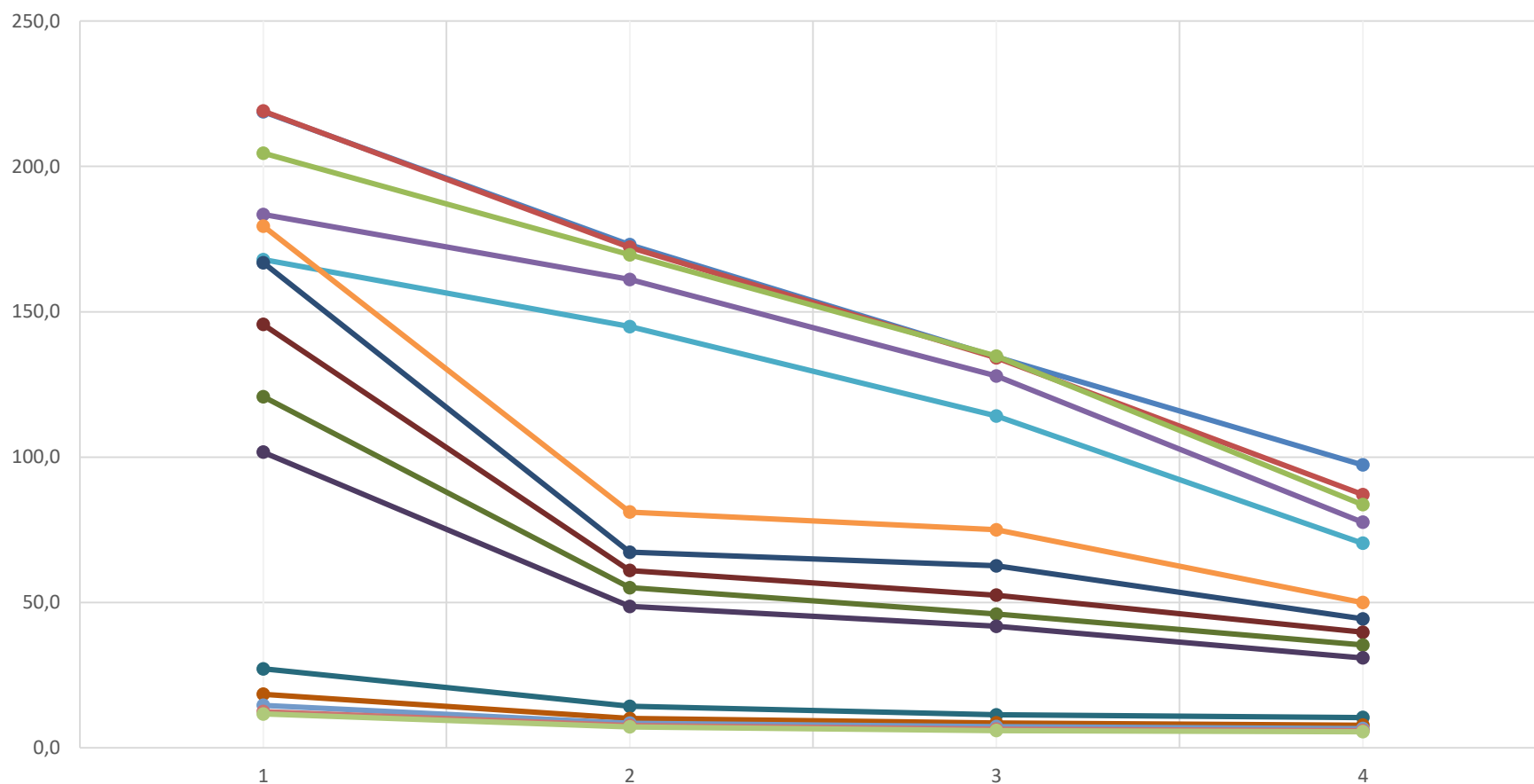
fém-tiszta és hasított sínek ($\mu\Omega$)



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Függés a meghúzott csavarok számától**

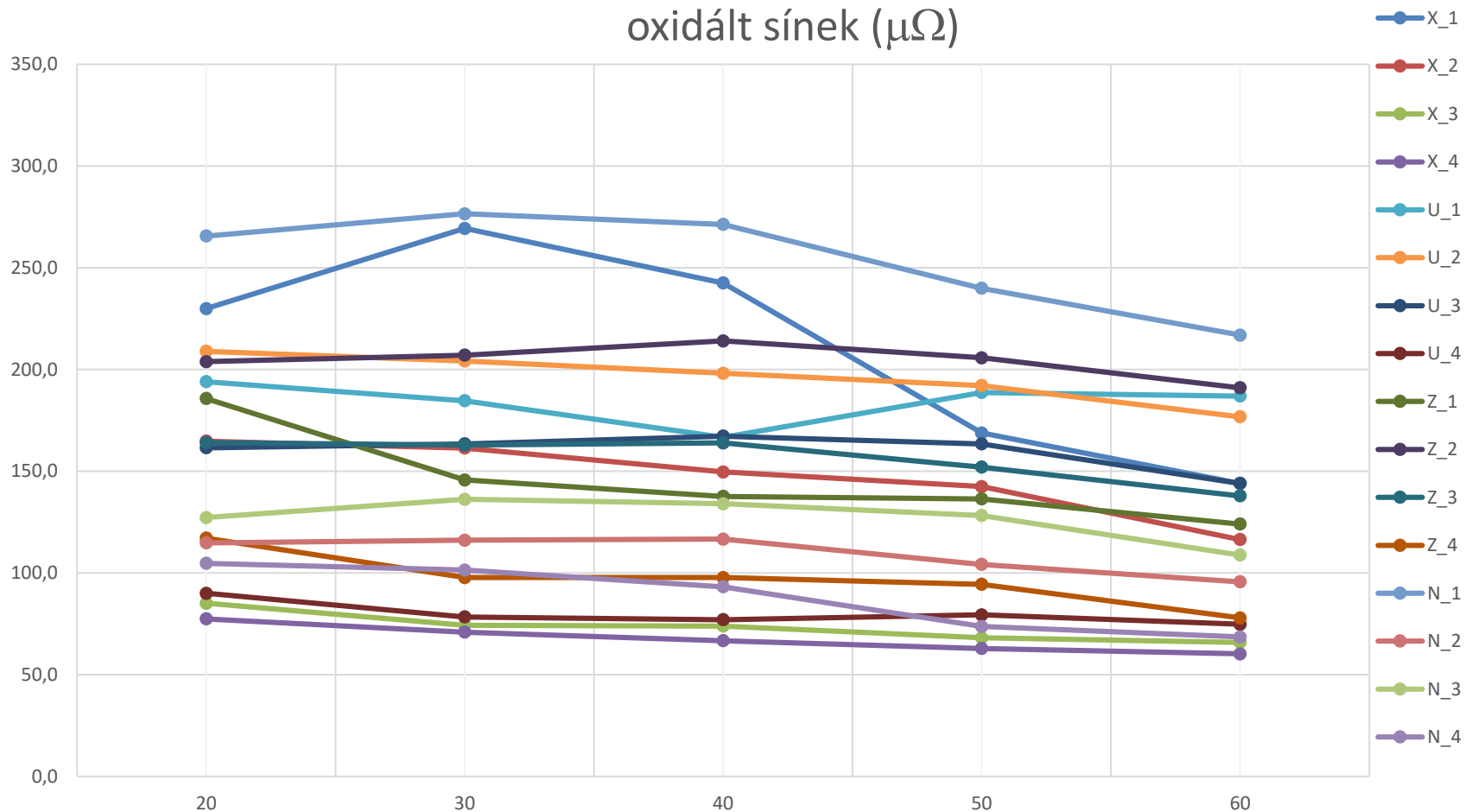
átlagolt (sorrendtől függetlenül)



Átmeneti ellenállásmérés

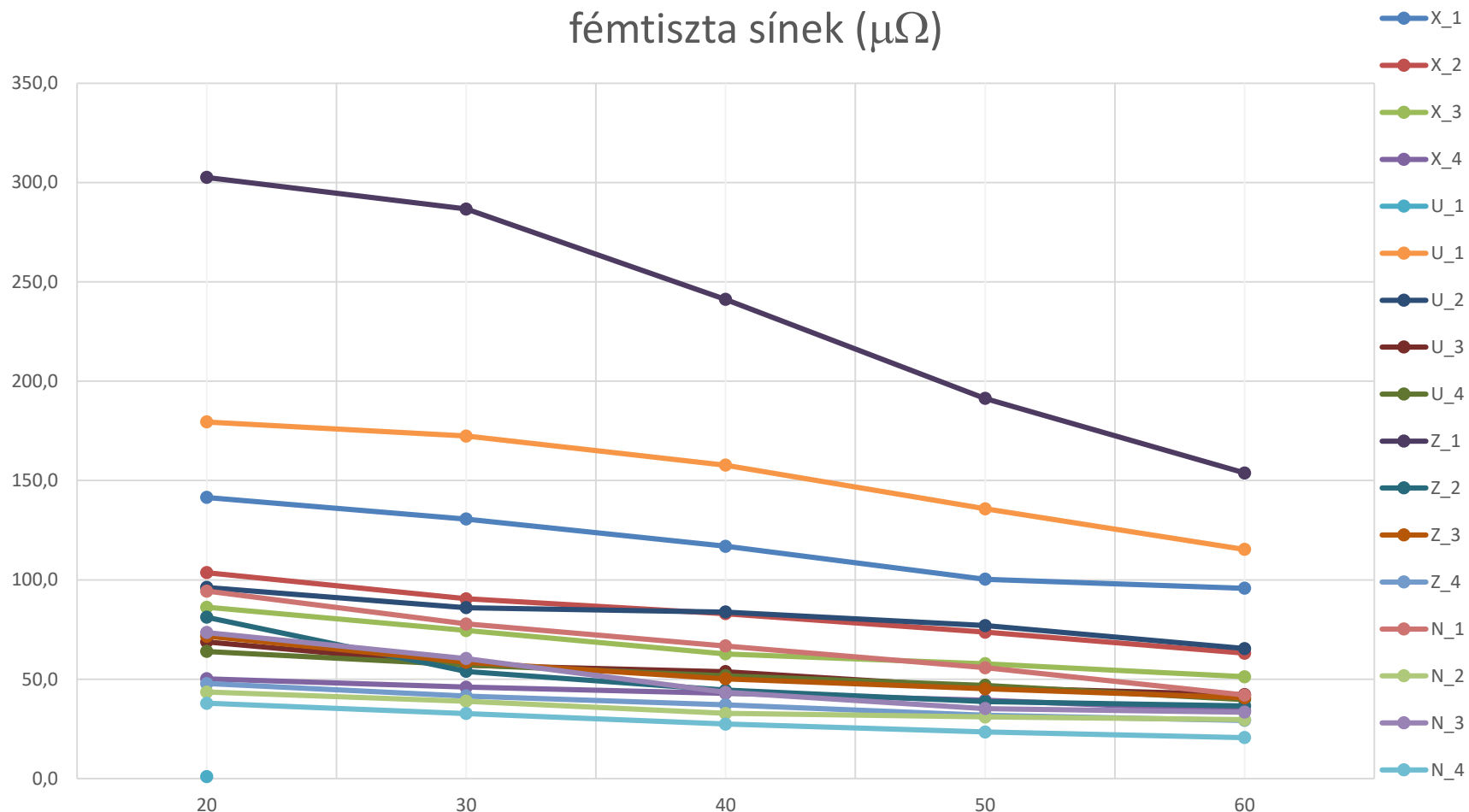
Mérési eredmények / Nyomatékfüggés

oxidált sínek ($\mu\Omega$)



Átmeneti ellenállásmérés

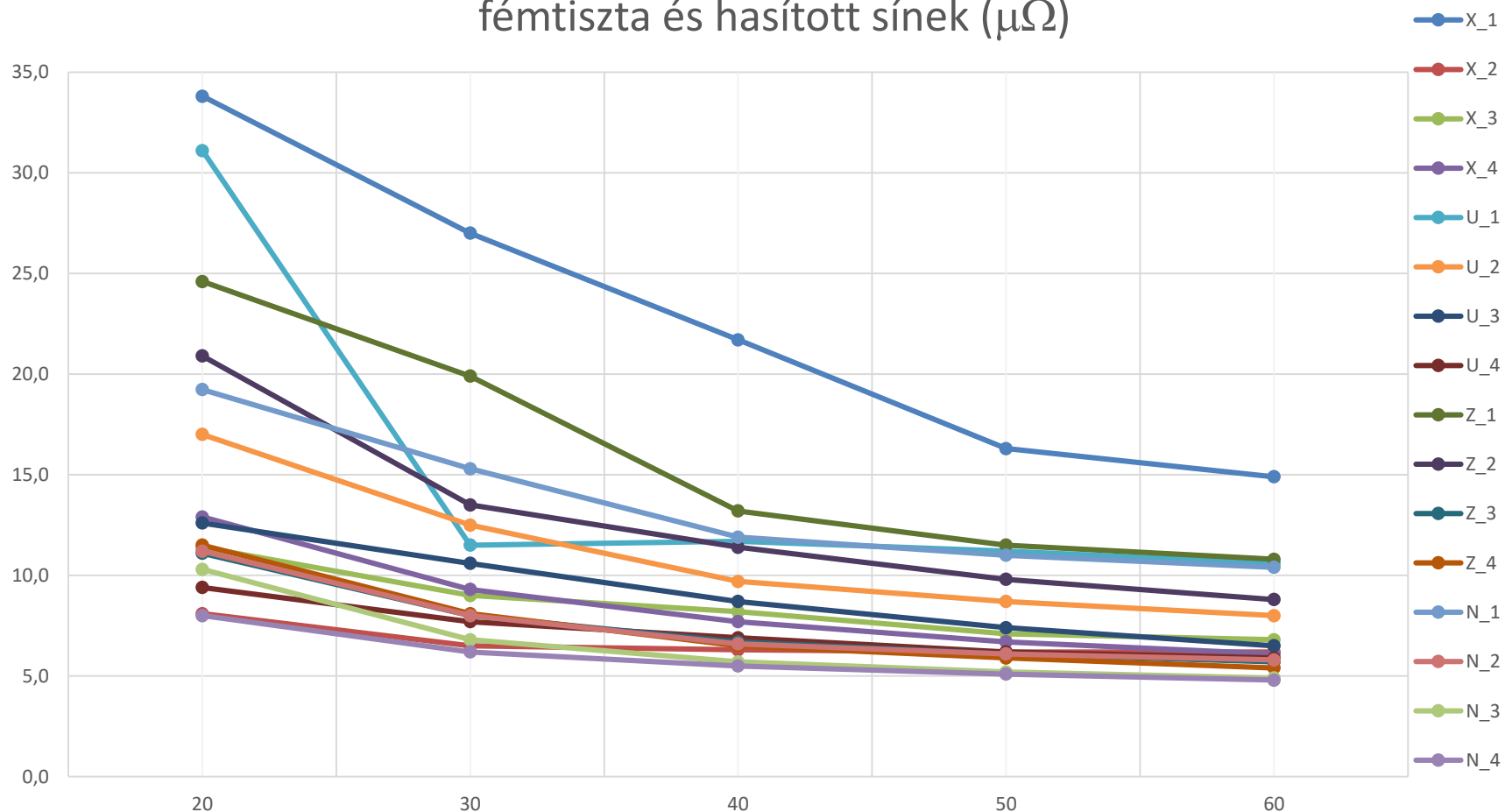
Mérési eredmények / Nyomatékfüggés



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / Nyomatékfüggés

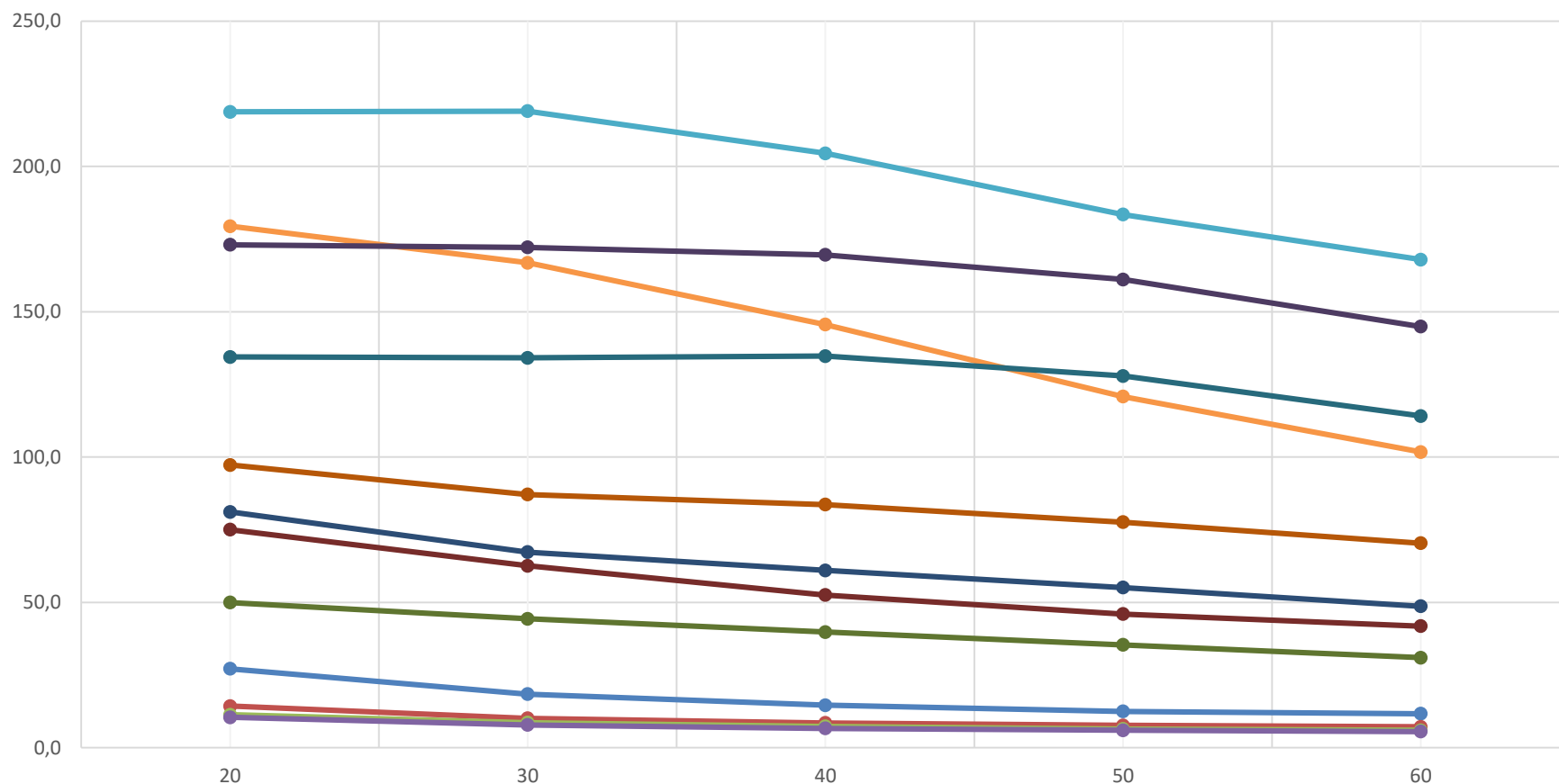
fém-tiszta és hasított sínek ($\mu\Omega$)



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / Nyomatékfüggés

átlagolt (sorrendtől függetlenül)



Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Értékelés**

R_c
érintkezési ellenállás

Érintkező felületek
állapota, minősége

Érintkezési nyomás

deformálódás

oxidréteg
állapota

felületi
egyenetlenségek

meghúzási
nyomaték

meghúzott
csavarok
száma

melegedés

nyomás-
eloszlás

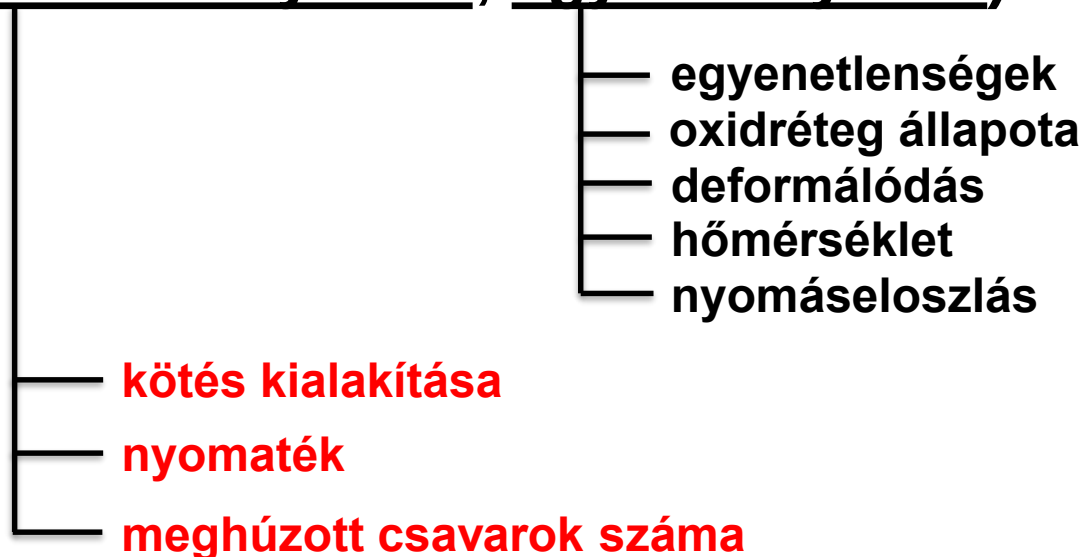
Statisztikus (nem reprodukálható) **mérési sorozat**

Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Értékelés**

A mérés célja: $R_j \longrightarrow$ szerelés megfelelősége

$R_c = f(\text{szerelési tényezők ; egyéb tényezők})$



a mérés
csak durva
hibák
kimutatására
alkalmas

Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Értékelés**

Átmeneti ellenállásmérés **használható:**

Nem látható
(burkolt) árampálya
durva hibáinak
kimutatására

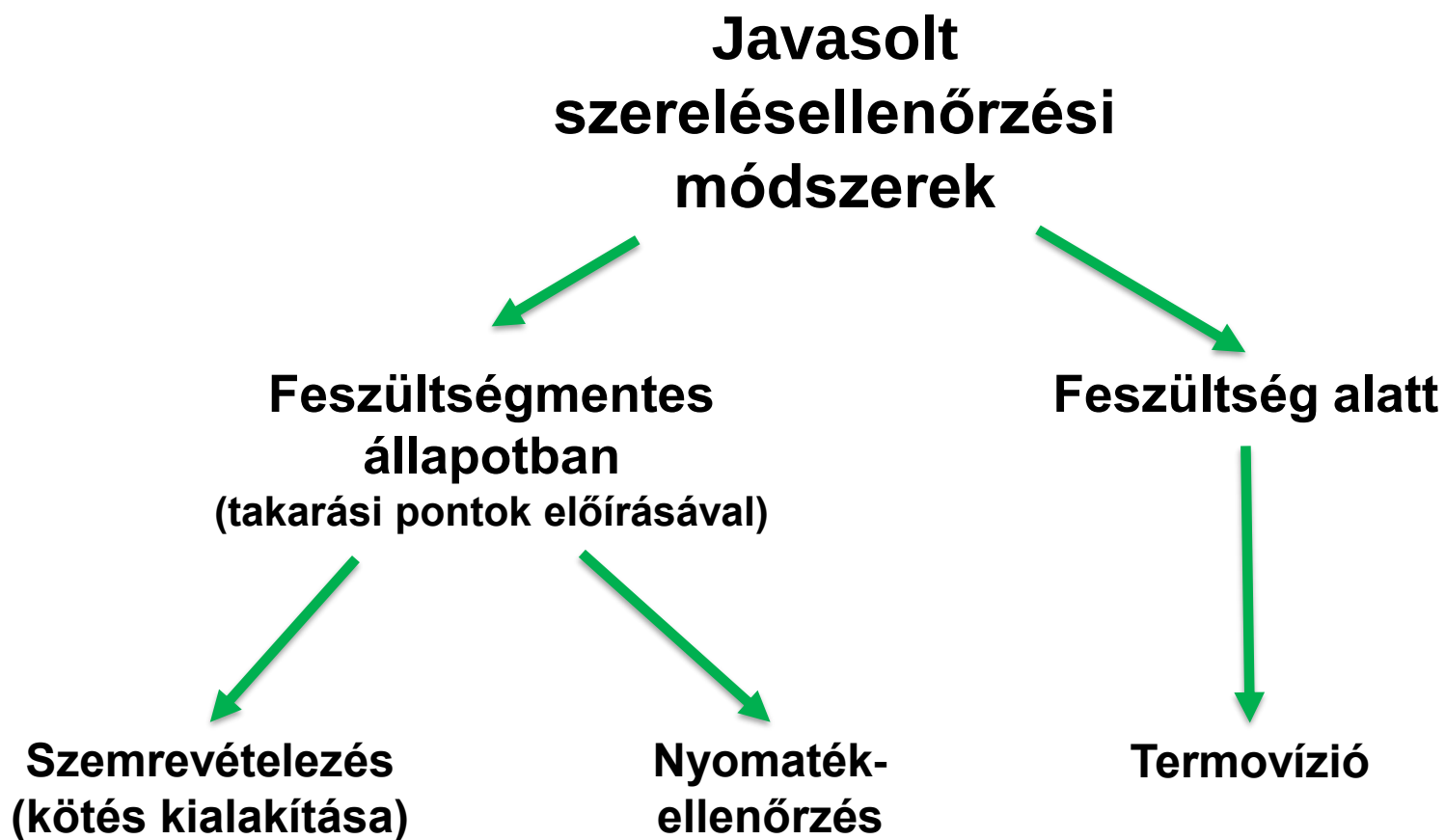
Háromfázisú
rendszerek
fázisvezetőinek
összehasonlítására

Referenciaérték
(ujjlenyomat)
felvételére

MINŐSÍTÉS ???

Átmeneti ellenállásmérés

Mérési eredmények / **Értékelés**



Irodalom

- [1] 191/2009. (IX.15.) Korm. rendelet az építőipari kivitelezésről
- [2] 8/2001. (III.30.) GM rendelettel kiadott Villamosmű Műszaki-Biztonsági Szabályzat
- [3] MSZ-09-00.0280:1989
Erőművi, transzformátor- és kapcsolóállomási új villamos berendezések minőségi vizsgálatainak és üzembe helyezésének műszaki követelményei
- [4] MSZ 14550-5:1984
Erősáramú vezetékek megengedett terhelése. Csavaros sínkötések furatelrendezése
- [5] Copper for Busbars – Guidance for Design and Installation
Copper Development Association Publication Nr. 22 – Revised May 2014
- [6] Improvement of metallic joint electrical conductivity using a novel conductive paste produced from recycled residues
p. 213-216. jun. 2006