

Fafizika

5. előadás

Elektromos tulajdonságok

Prof. Dr. Molnár Sándor
NYME, FMK,
Faanyagtudományi Intézet

Gyakorlati szerepe

- A faipari gyakorlatban a legáltalánosabb felhasználást a fanedvesség mérése jelenti.
- Faszervezetek, táblás parketták gazdaságos gyártását teszi lehetővé a nagyfrekvenciás erőterben való ragasztás.
- Elektromos fűtőkészülékeket használnak az egyes préslapokban, csigapréseknél, élfurnérozó készülékekben.
- A piezoelektromos jelenséget pedig a mikroszerkezeti kutatás hasznosítja.
- Környezetbarát, takarékos lakkfelviteli mód az elektrosztatikus térben való lakkszórás.

Fajlagos ellenállás és vezetőképesség

- A faanyag egyenárammal szembeni viselkedését a fajlagos ellenállás (ρ) és a fajlagos vezetőképesség (c) jellemzik.
- A fajlagos vezetőképesség két típusa:
 - a) egyenáramú fajlagos vezetőképesség és
 - b) eltolódási fajlagos vezetőképesség.
- A fajlagos vezetőképesség az anyagban jelentkező áramsűrűséggel jól definiálható, a gyakorlat mégis inkább ennek reciprokát, a fajlagos ellenállóképességet használja.
- A fontosabb összefüggések a következők:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

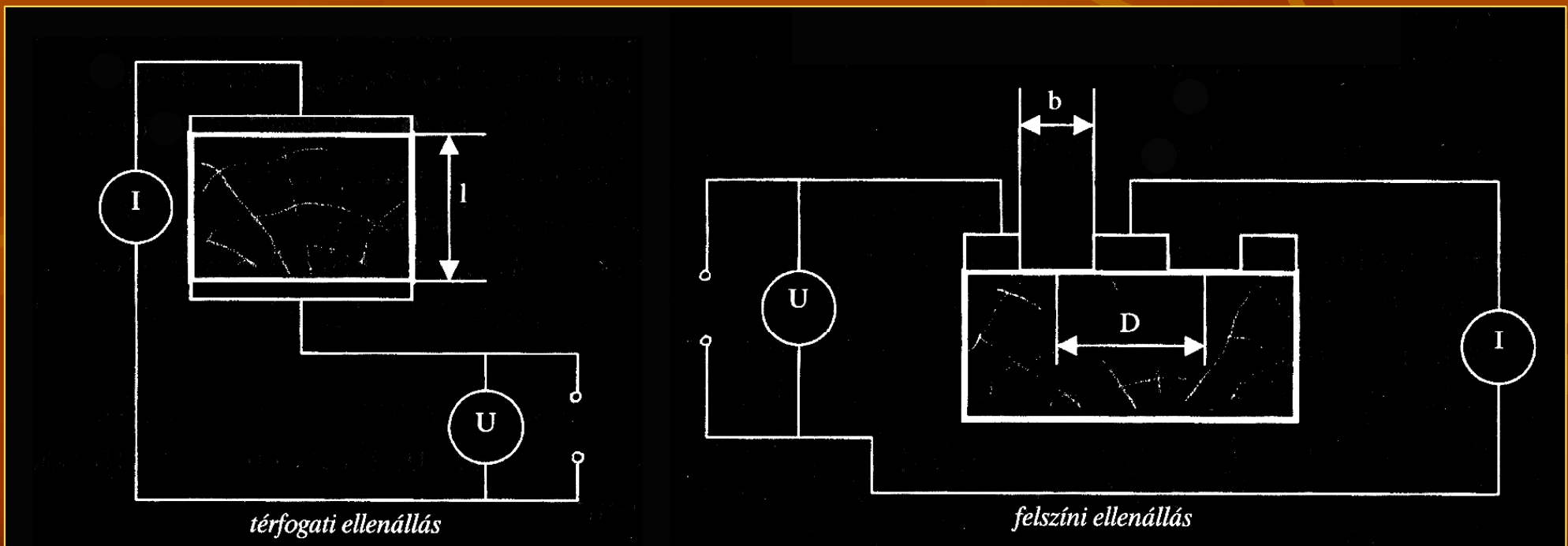
$$X = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{A} = \frac{I}{U} \cdot \frac{l}{A}$$

Fajlagos ellenállás és vezetőképesség

- A felületi fajlagos ellenállás (ρ_s) kifejezi, hogy a fatest felszínén 1 cm² felület két szemközti oldala között milyen az ellenállás:

$$\rho_s = \frac{R \cdot \pi \cdot D}{b}$$

- A sajátos felület fizikai hatások eredményeként a rostokkal párhuzamosan $\rho_s/\rho = 10 \div 60$; a rostokra merőlegesen $\rho_s/\rho = 3 \div 7$.



A fajlagos ellenállást befolyásoló tényezők

- A fajlagos ellenállás függ:
 - a fafaj,
 - nedvességtartalom,
 - anizotrópia,
 - hőmérséklet,
 - frekvencia,
 - szöveti és kémiai szerkezet,
 - faanyag sűrűsége,
 - védőkezelése,
 - a mérő elektródákra gyakorolt nyomás értékeitől, változásaitól.
- Az abszolút száraz faanyagnak fafajától függően 10^{15} - 10^{17} ohm cm a fajlagos ellenállása.
- A nedvességtartalom befolyásolja a fajlagos ellenállást.

Néhány fafaj fajlagos elektromos ellenállása (ρ) és felszíni ellenállása (ρ_s) a rostirány (\parallel , \perp) függvényében

Fafaj	u, %	ρ (ohm cm)		ρ_s (ohm)	
		\parallel	\perp	\parallel	\perp
Nyír	0,0	$5,1 \cdot 10^{16}$	-	-	-
	8,0	-	$8,6 \cdot 10^{11}$	-	$2,8 \cdot 10^{12}$
	8,2	$4,2 \cdot 10^{10}$	-	$4,0 \cdot 10^{11}$	-
	20,0	$10 \cdot 10^8$	-	-	-
Bükk	8,3	-	$1,4 \cdot 10^{10}$	-	$7,9 \cdot 10^{10}$
	9,2	$1,7 \cdot 10^9$	-	$9,4 \cdot 10^{10}$	-
Tölgy	7,9	-	$1,3 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$5,5 \cdot 10^{10}$
Juhar	0	$3,3 \cdot 10^{17}$	$6,6 \cdot 10^{17}$	-	-
Erdeifenyő	7,5	-	$1,3 \cdot 10^{11}$	$2,1 \cdot 10^{11}$	$7,9 \cdot 10^{11}$
Lucfenyő	0	$3,8 \cdot 10^{16}$	$7,6 \cdot 10^{16}$	-	-
	7,8	-	$6,4 \cdot 10^{10}$	$1,0 \cdot 10^{11}$	$4,0 \cdot 10^{11}$
	16,0	$1,0 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^7$	-	-
Duglász fenyő	15,3	$1,1 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^7$	-	-

A faanyag dielektromos tulajdonságai

A faanyag dielektromos állandója

- a dielektromos jellemzőknek elsősorban a váltóáram esetén van gyakorlati jelentősége
- a fontosabb dielektromos jellemzők a dielektromos állandó (ϵ) és a dielektromos veszteségi tényező ($\text{tg } \delta$)
- a faanyag dielektromos állandója megmutatja, hogy hányszorosára nő a kondenzátor kapacitása, ha a lemezei között nem vákuum, hanem faanyag van

$$\epsilon = \frac{C}{C_v}$$

A faanyag dielektromos tulajdonságai

A faanyag dielektromos állandója

- a faanyag relatív dielektromos állandója (ϵ_r) kifejezi, hogy hányszor nagyobb a fa dielektromos állandója, mint a vákuumé (ϵ_v)
- a dielektromos állandó a fa atomjainak és molekuláinak külső elektromos mező U feszültségének - vagy „ E ” térerősségnek - hatására fellépő polarizáció mértéke

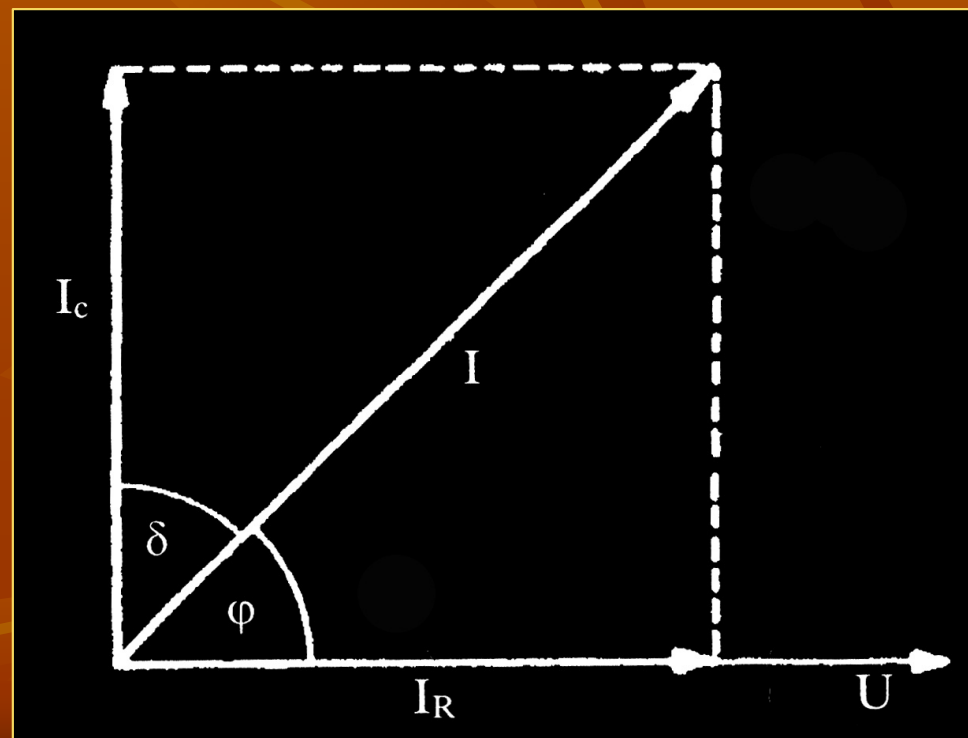
$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_v}$$

Dielektromos veszteségi tényező

- A fa polarizációjakor a külső elektromos mező hatására belső átrendeződés következik be anélkül, hogy a testre többlet töltés került volna.
- A kialakult dipólusos molekulák a feszültség frekvenciájának megfelelően változtatják a polaritásukat, forognak.
- E mozgás pedig hőfejlődést eredményez.
- Ez a hő a külső elektromos erőter energiájának terhére fejlődik.
- A kondenzátor lemezei közé helyezett fa egy veszteséges kondenzátorként modellezhető.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_R}{I_c}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{R_c}{R}$$



- A faanyag felmelegítéséhez szükséges hőmennyiséget és elektromos teljesítményt
- Az elektromos teljesítmény oldaláról meghatározható a hővé alakuló elektromos teljesítmény: $P_r = U \cdot I_r$
- nagyfrekvenciás váltóáramot kell felhasználni, ezért fejezzük ki az ellenállást a frekvencia segítségével

$$R_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot c}$$

$$I_c = U \cdot 2\pi \cdot f \cdot c$$

$$I_R = I_c \cdot \operatorname{tg} \delta = 2 \cdot \pi \cdot U \cdot f \cdot c \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$P_R = U \cdot I_R = 2 \cdot \pi \cdot U^2 \cdot f \cdot c \cdot \operatorname{tg} \delta$$

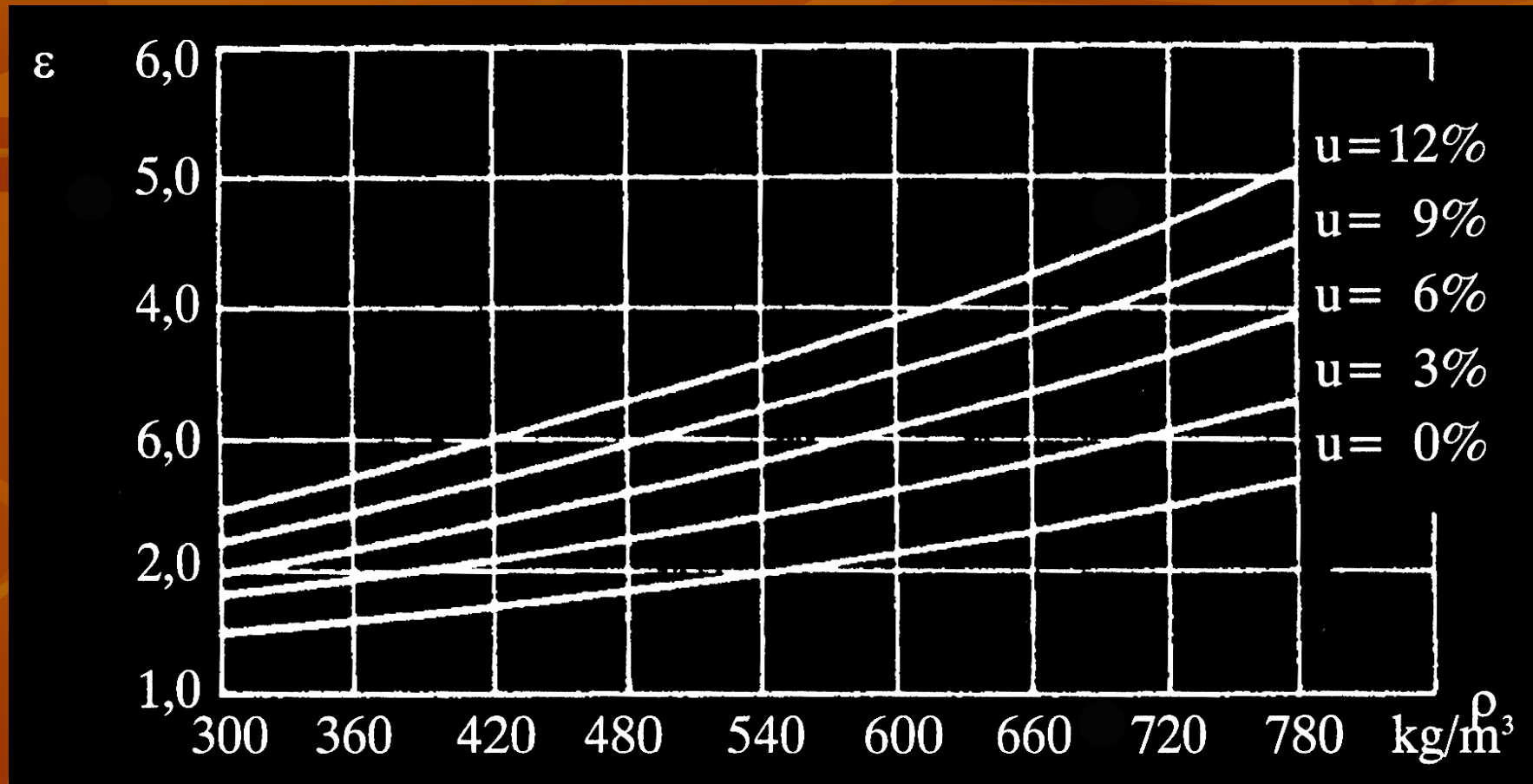
A dielektromos jellemzőket befolyásoló tényezők

- A faanyag dielektromos tulajdonságai kapcsolatban állnak:
 - a fafajjal,
 - a nedvességtartalommal,
 - a sűrűséggel,
 - A hőmérséklettel és
 - A frekvenciaszámmal.

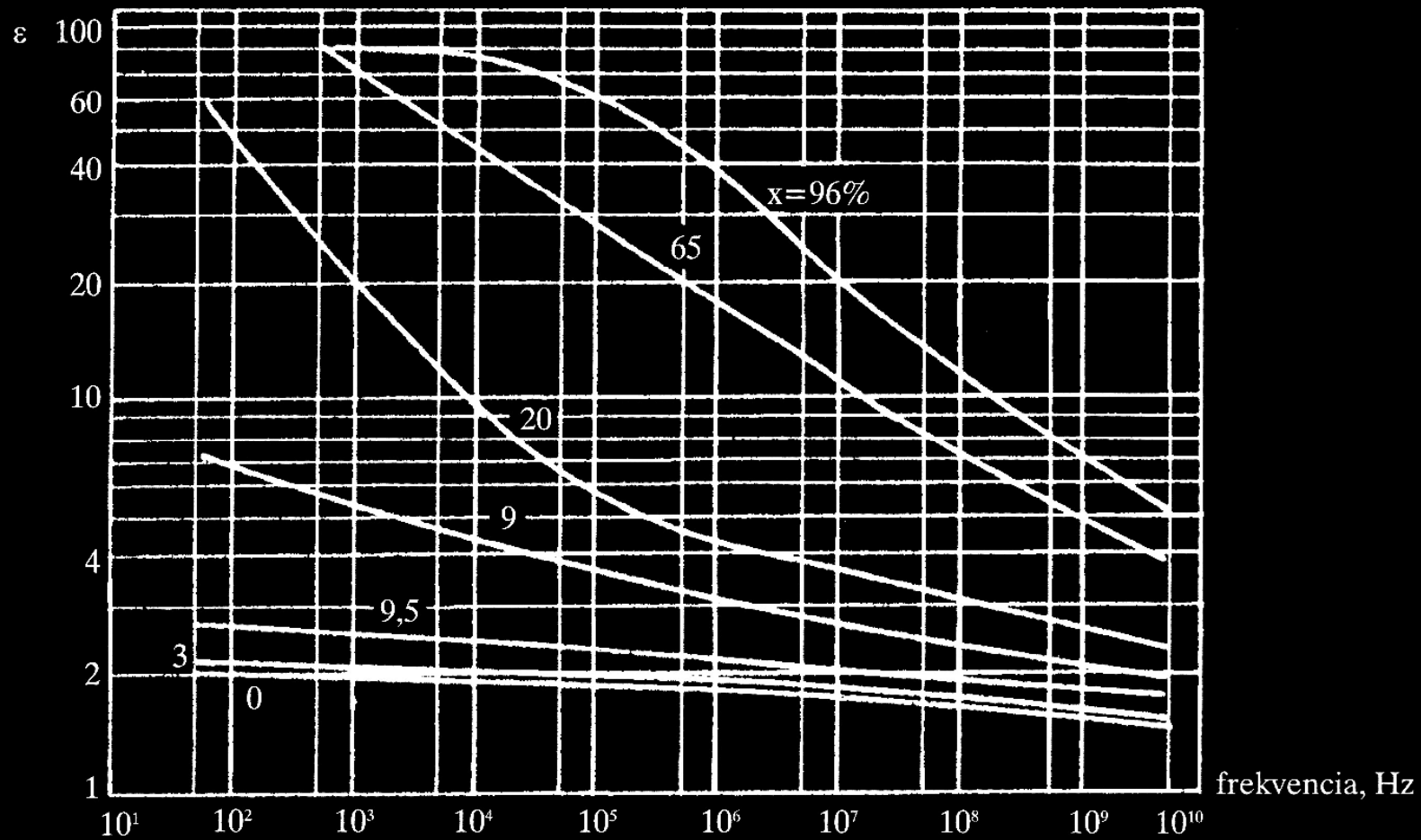
Néhány fafaj dielektromos jellemzői a rostokra merőlegesen különböző nedvességi értékeknél ($f = 5 \text{ MHz}$, $t = 20^\circ\text{C}$)

	Dielektromos állandó			Veszteségi tényező ($\text{tg } \delta$)		
Fafaj	Nedvességtartalom, %			Nedvességtartalom, %		
	0	30	80	0	30	80
Vörösfenyő	1,9	7,5	20,0	0,06	0,25	0,23
Lucfenyő	1,7	3,5	7,0	0,04	0,22	0,18
Nyár	1,9	4,1	9,0	0,04	0,22	0,21
Rezgőnyár	1,7	4,1	10,2	0,05	0,22	0,15
levegő	1,0					
víz	80,6					
üveg	3,5-9,0					

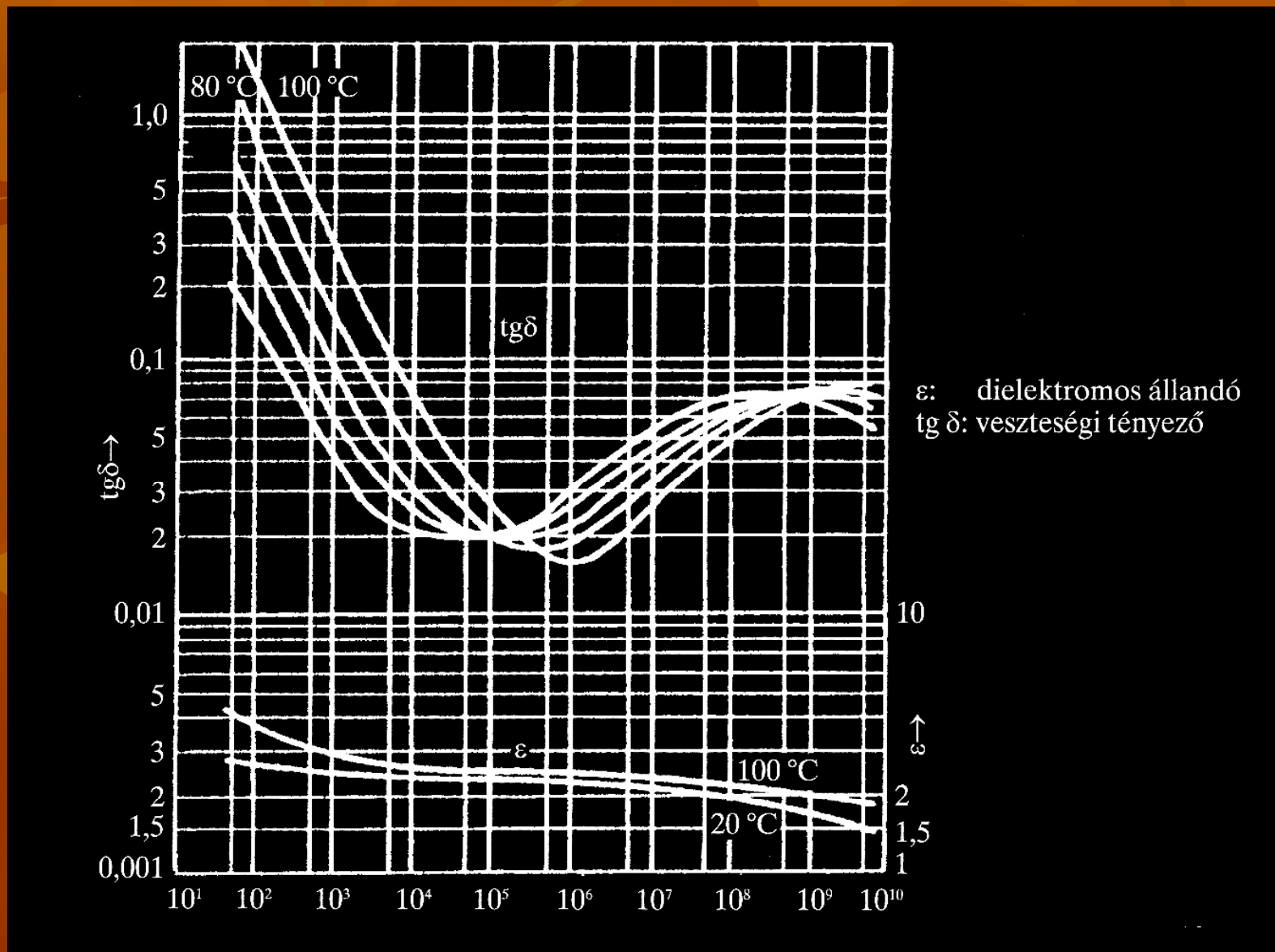
A sűrűség és a dielektromos állandó kapcsolata különböző nedvességtartalomú lucfenyők esetén



A frekvencia és a dielektromos állandó kapcsolata különböző nedvességtartalmú lucfenyők esetén ($t=20^{\circ}\text{C}$)



A dielektromos jellemzők hőmérséklet és a frekvencia függése lucfenyőnél ($u=6,5\%$)



Elektromos (átütési) szilárdság

- értéke egyenlő az átütési feszültség (U_k) és a faanyag vastagság (h) hányadosával

$$E = \frac{U_k}{h}$$

Fafaj		Elektromos szilárdság, kV/mm		
		sugár	húr	rost
Lucfenyő:	$u = 0$	6,0	7,2	1,4
	$u = 33$	1,4	1,3	0,9
Erdeifenyő:	$u = 0$	5,9	7,2	1,45
	$u = 33$	1,4	1,5	0,76
Nyír	$u = 0$	9,1	7,6	1,3
	$u = 33$	1,4	1,2	0,5
Bükk	$u = 9$	4,2	5,2	1,4
Tölgy	$u = 9$	3,9	4,7	1,3
Egyéb anyagok:		100		
transzformátor olaj:		30-40		
üveg:		20		
bakelit:		10		
porcelán:				

Piezoelektromos hatás

- Jellemzésére a dielektromos moduluszt (d) használják.

$$d = \frac{dQ}{dF}$$

- A piezoelektromos modulusz néhány értéke a lucfenyőnél és a bükknél

Fafaj	Nedvesség, %	Piezo modulusz C/N
Lucfenyő	16,3	0,026-0,057
	39,7	0,8-1,35
Bükk	14,2	0,037-0,058
	30,6	1,1-2,3

A faanyag mágnesezhetősége

- A faanyag diamágneses, a csekélyebb mágnesezéses térerőkkel rendelkező pólus irányába mozdul el.
- A mágnesezés szuszceptibilitása (S_m) negatív előjelű.
- $S_m = A$ mágnesezés erőssége/mágnes erőtér erőssége
- A fa mágnesezhetősége csekély: $S_m = -0,2...-0,5 \cdot 10^6$.
- A faanyagnál a diamágnesesség a rostokkal párhuzamosan mutatja a legnagyobb értéket.



Köszönöm a figyelmet!