

FASZERKEZETEK MÉRETEZÉSE

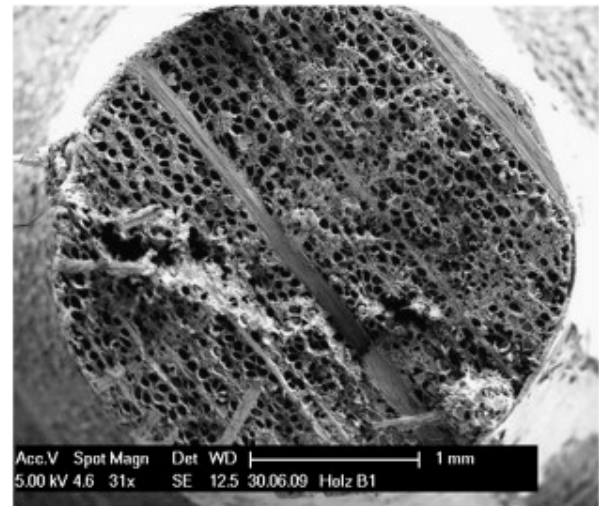
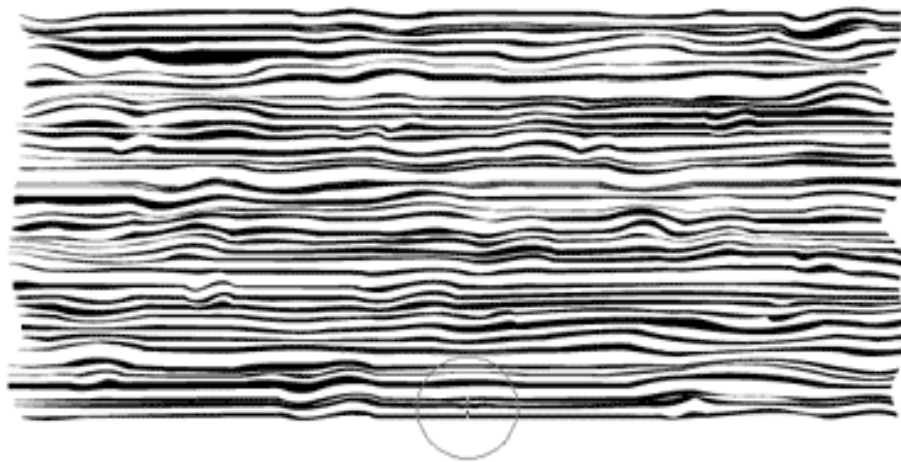
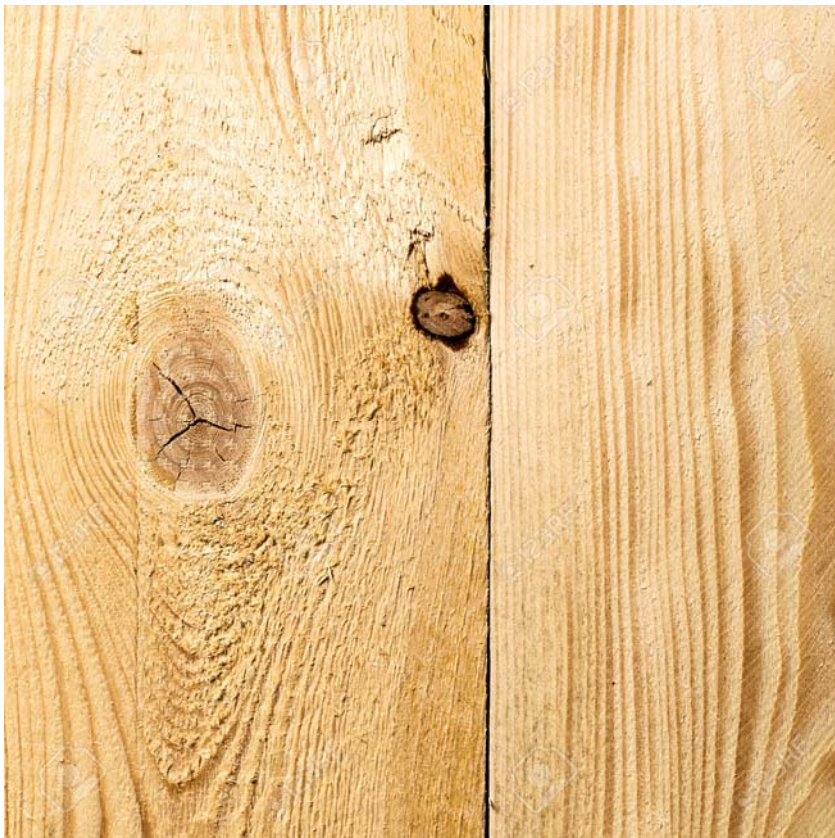
Faszerkezetek mechanikai jellemzői

Méretezés az Eurocode-5 alapján

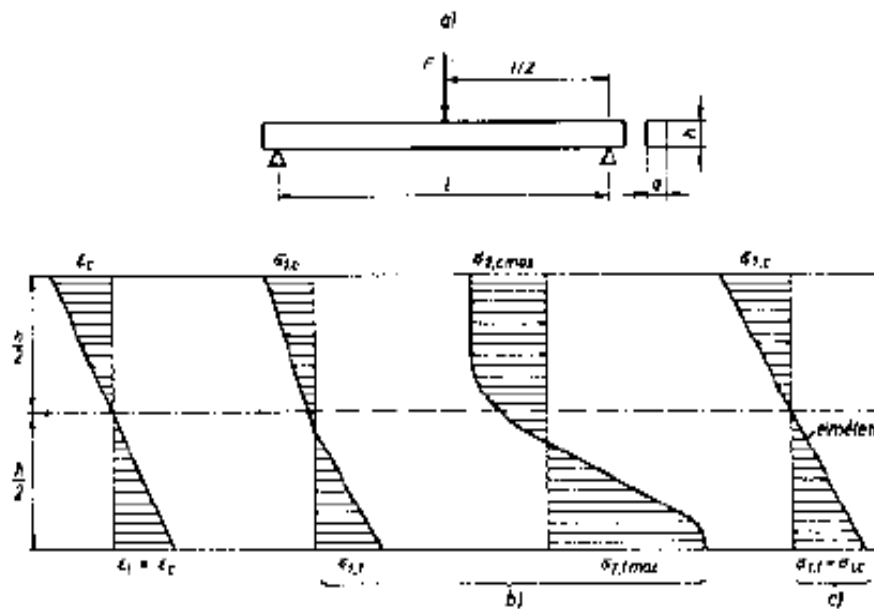
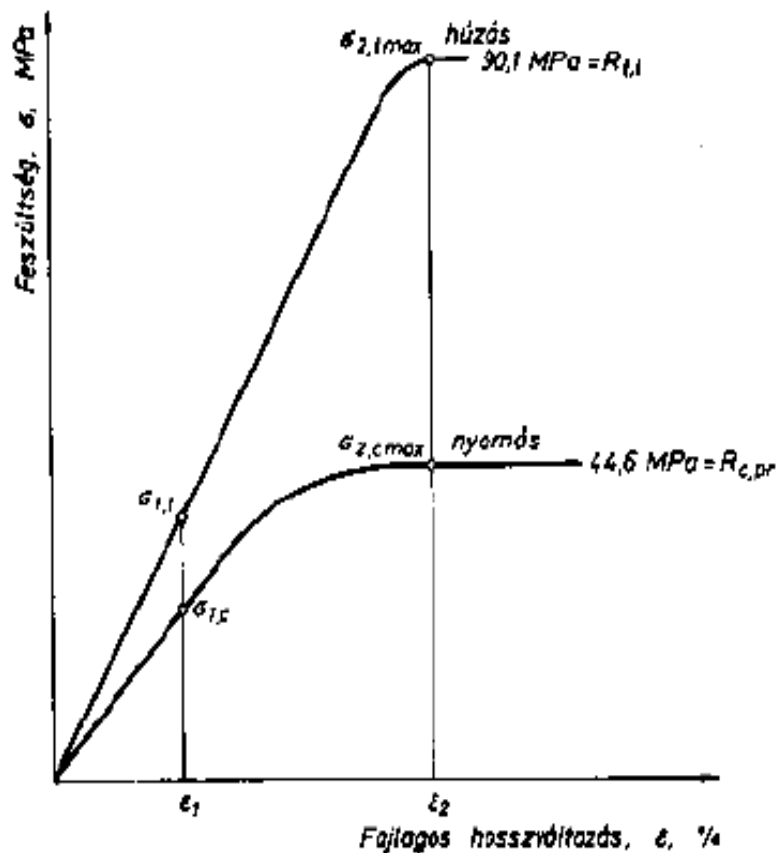
2. előadás

A fa mechanikai viselkedése

- A mechanikai jellemzők nagy variabilitást mutatnak
- A mechanikai jellemzők különböző terhelési irányokban eltérőek
- A szilárdsági és duktilitási jellemzők eltérőek húzásra és nyomásra
- A tönkremenetel módja függ a terhelt elem méretétől (mérethatás)
- Tartós terhelés hatására a szilárdság csökken

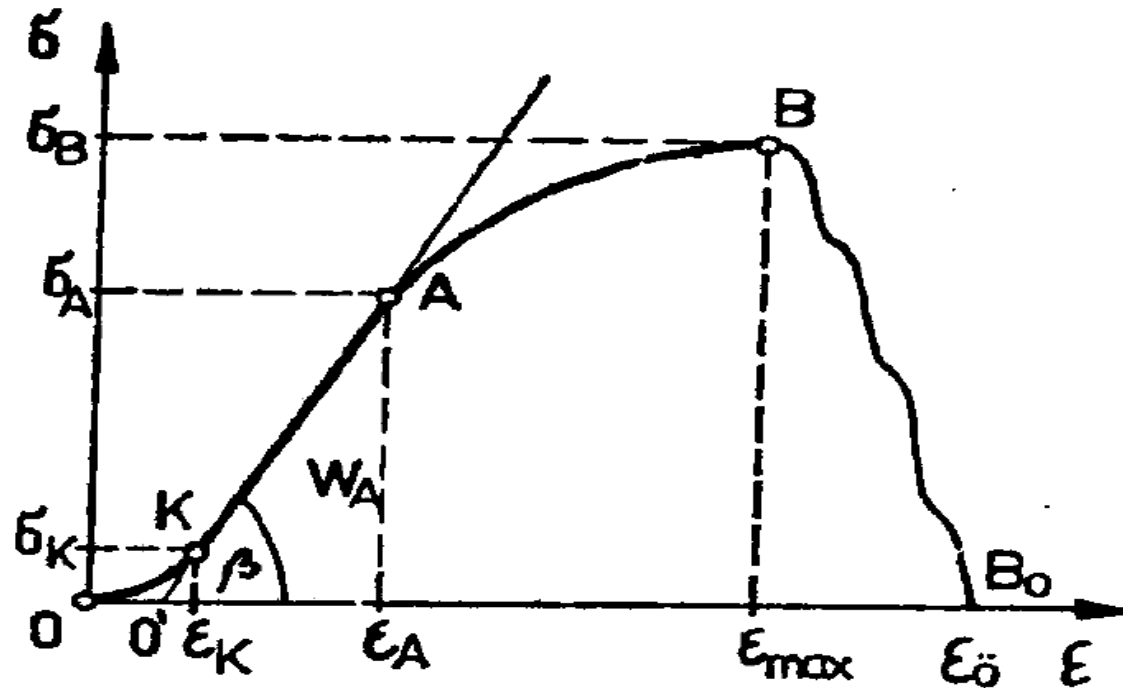


A fa húzási és nyomási feszültség-alakváltozás diagramja



Faanyagok statikus rugalmasságának jellemzése (jelleggörbe).

A természetes faanyagnak - bizonyos határig - rugalmas tulajdonságai vannak.



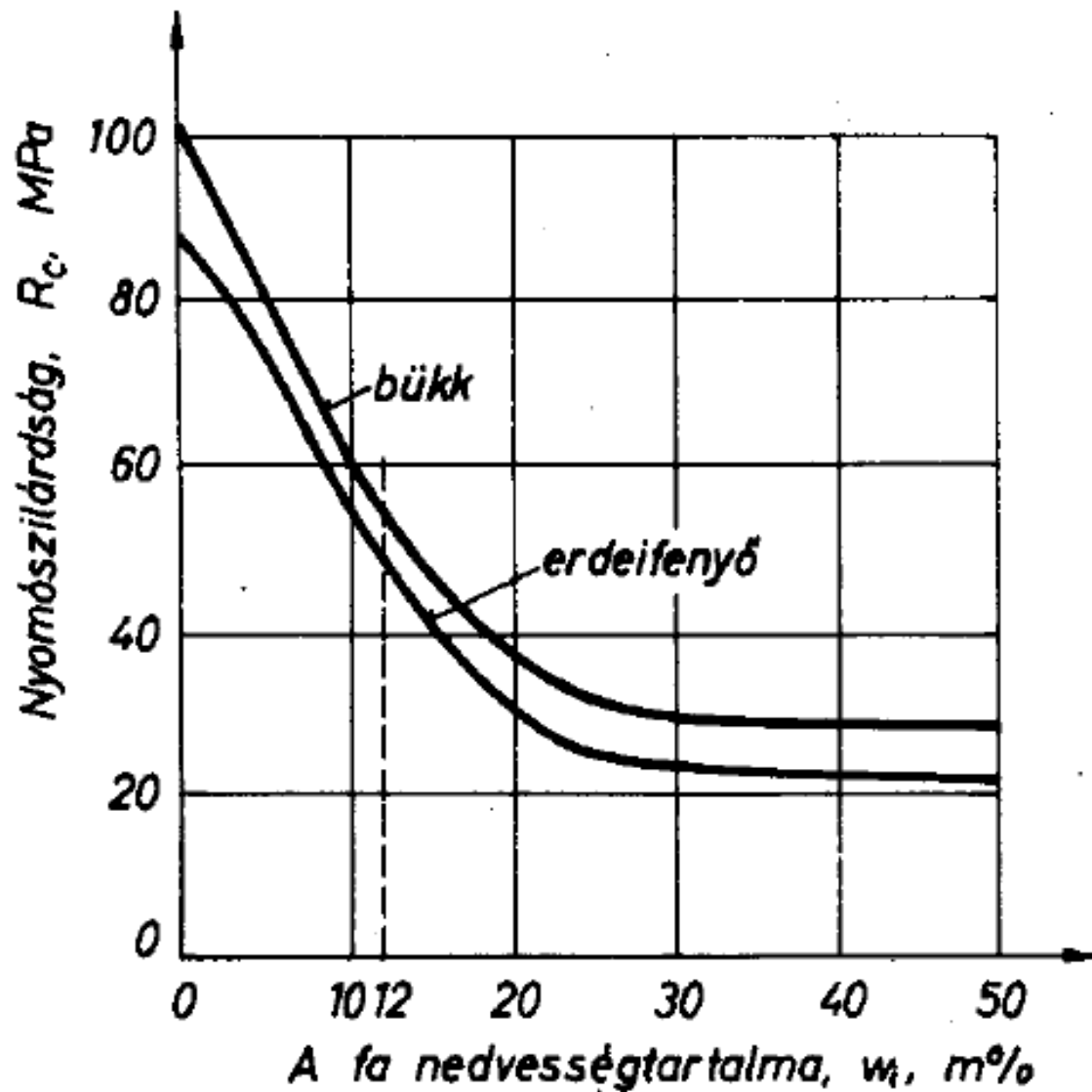
$O-K$: a kezdeti, nemlineáris jellegű görbületi szakasz

$K-A$: lineárisan rugalmas szakasz, amely az A arányossági határig tart

$A-B$: a feszültség és alakváltozás közötti képlékeny szakasz görbe vonalú

$B-B_0$: a törést követő szakasz

Nedvességtartalom hatása a fa szilárdságára



Felhasználási osztályok a nedvességtartalom alapján

A fa tartószerkezeteket a következő felhasználási osztályokba kell besorolni:

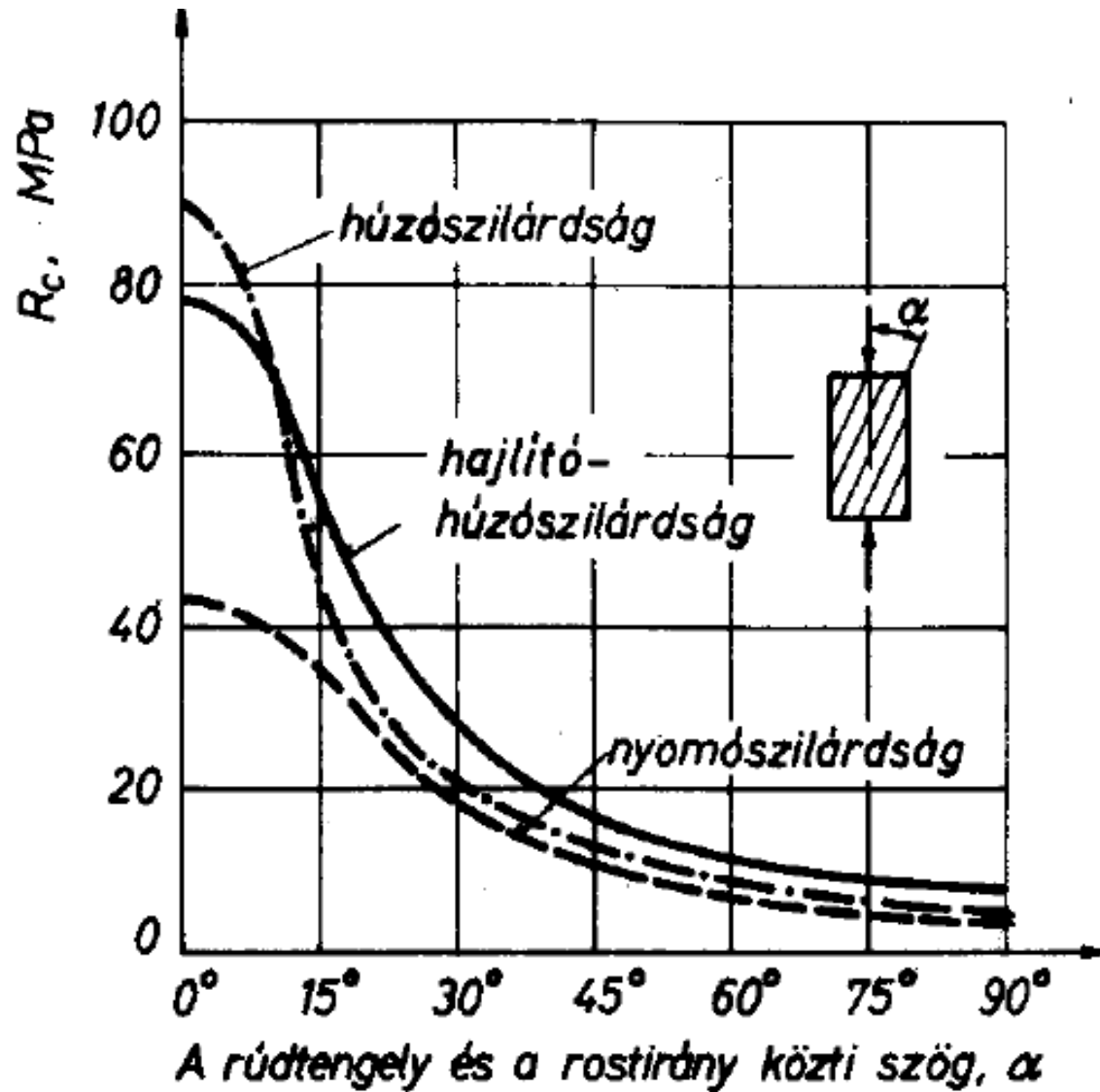
1. Felhasználási osztály: Jellemzője a faanyag azon nedvességtartalma, amely 20°C-on akkor alakul ki, ha a környező levegő relatív páratartalma évenként csak néhány hétig haladja meg a 65%-os értéket. (Ekkor a fenyők átlagos egyensúlyi nedvességtartalma nem haladja meg az $\omega=12\%$ -ot.)

2. Felhasználási osztály: Jellemzője a faanyag azon nedvességtartalma, amely 20°C-on akkor alakul ki, ha a környező levegő relatív páratartalma évenként csak néhány hétig haladja meg a 85%-os értéket. (Ekkor a fenyők átlagos egyensúlyi nedvességtartalma nem haladja meg az $\omega=20\%$ -ot.)

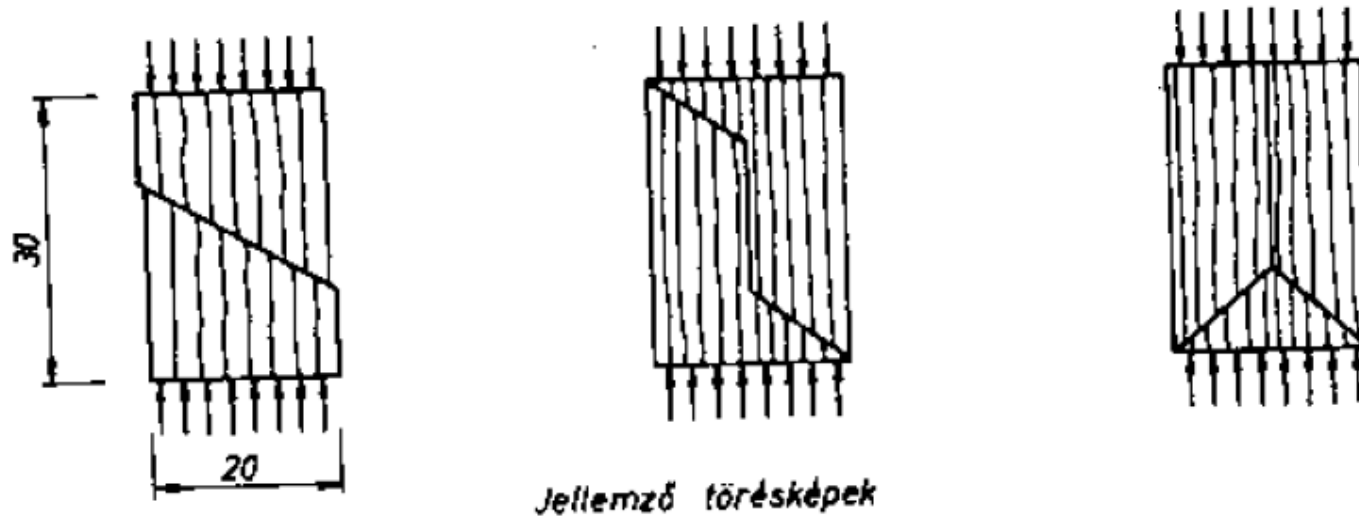
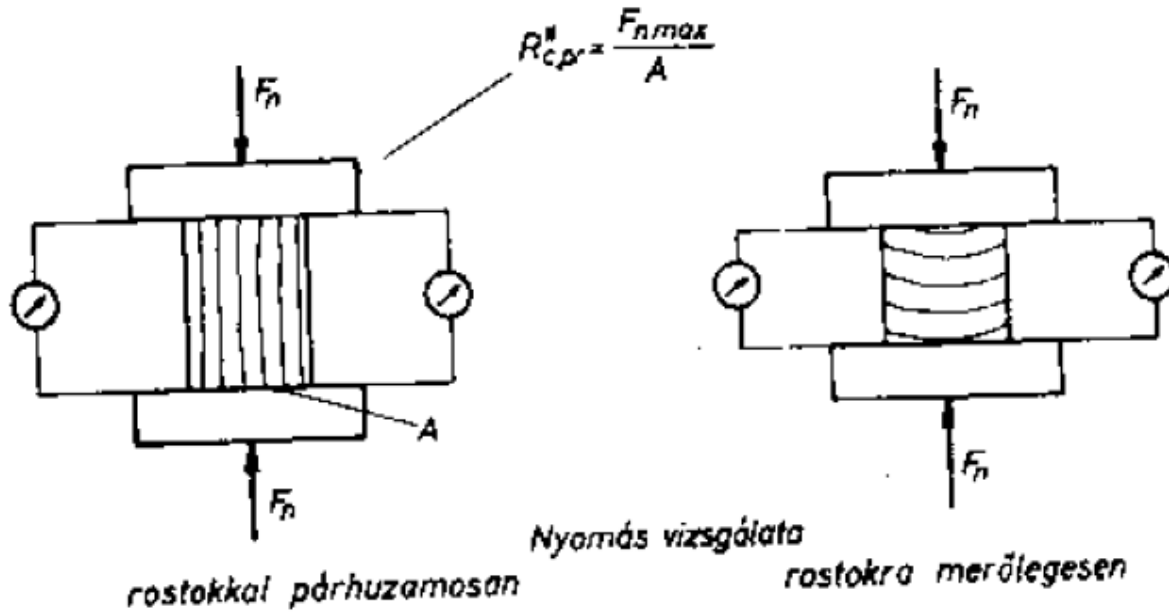
3. Felhasználási osztály: A környezeti hatások nagyobb nedvességtartalmat eredményeznek, mint a 2. felhasználási osztály esetén. (Ekkor a fenyők átlagos egyensúlyi nedvességtartalma nagyobb, mint $\omega=20\%$.) Csak kivételes esetekben soroljuk a fedett tartószerkezeteket a 3. osztályba.



Rostirány hatása a fa szilárdságára (fenyő)




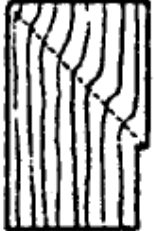






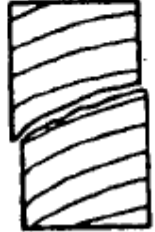
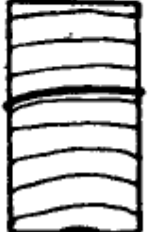
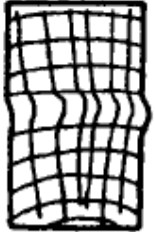
Nyomási vizsgálat









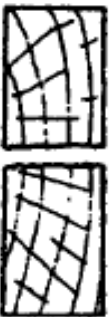

A fa jellemző törésképei

A törésképet befolyásolja: - fafaj - igénybevétel - feszültség és a rostirány viszonya - terhelés sebessége

Törésképek tiszta nyomó-igénybevételkor

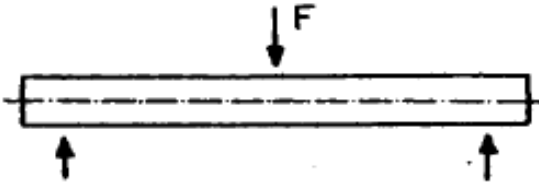





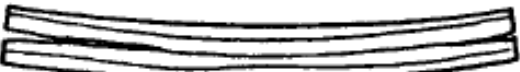
<p>Rostirányú nyomás</p>		<p>a) Egysíkú elnyíródás</p> 	<p>b) Kétsíkú elnyíródás</p> 	<p>c) Ék alakú repedés</p> 	<p>d) Egysíkú zúzódás</p> 	<p>e) Hasadás</p> 	<p>f) Hasadás nyíródással</p> 
<p>Rostokra merőleges nyomás</p>		<p>a) Elnyíródás a korai pásztában</p> 	<p>b) A korai pászta megropanása</p> 	<p>c) Az évgyűrűk kipúposodása</p> 			

Törésképek centrikus húzó-igénybevételkor

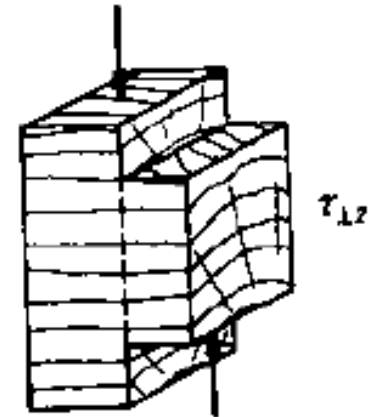
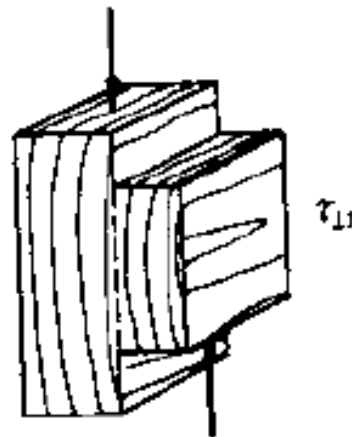
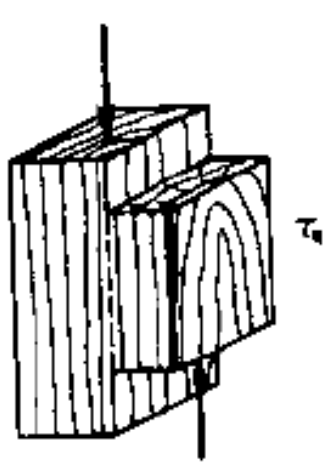
<p>Rostirányú húzás</p> 	<p>a)</p>  <p>Rideg szakadás</p>	<p>b)</p>  <p>Szálkás szakadás</p>	<p>c)</p>  <p>Egysíkú elnyíródás</p>	<p>d)</p>  <p>Szakadás elnyíródással</p>
<p>Rostokra merőleges húzás</p>	<p>a)</p>  <p>Szakadás a korai pásztában</p>	<p>b)</p>  <p>Szakadás a bélsugarak mentén</p>	<p>c)</p>  <p>Szakadás a korai pászta elnyíródásával</p>	

Hajlító vizsgálat

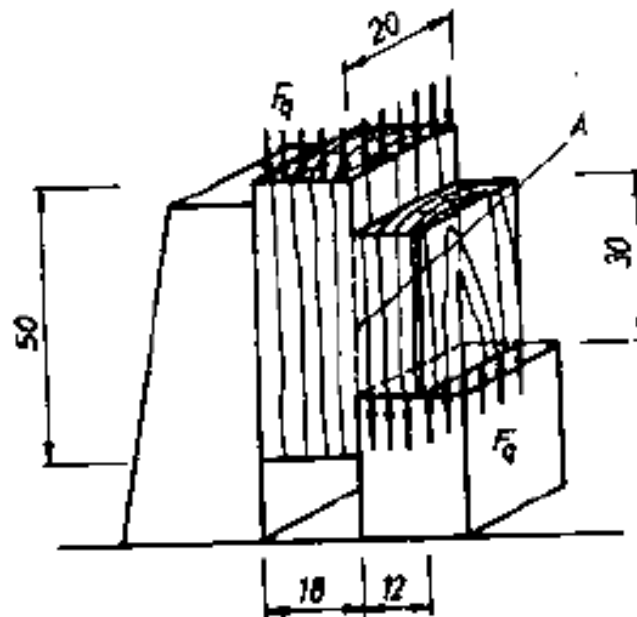
Töréseképek rostirányú összetett hajlításkor

<p>A törés jellege</p>		
<p>Húzott övből kiinduló törés</p>	<p>a)  Húzott öv egyszerű szakadása</p> <p>c)  Harántrostszakadás</p>	<p>b)  Szálkás szakadás</p> <p>d)  Rideg szakadás</p>
<p>Nyomás, ill. nyírás okozta tönkremenetel</p>	<p>a)  Nyomott övből kiinduló függőleges törés</p>	<p>b)  Nyírófeszültségből származó vízszintes törés</p>

Nyírási vizsgálat



A nyírási esetek

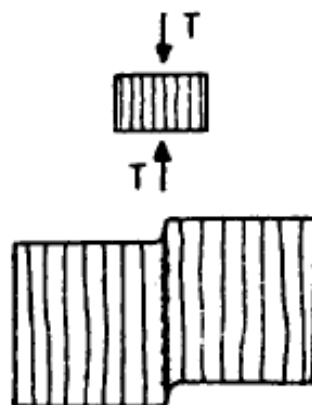


A nyírási vizsgálata

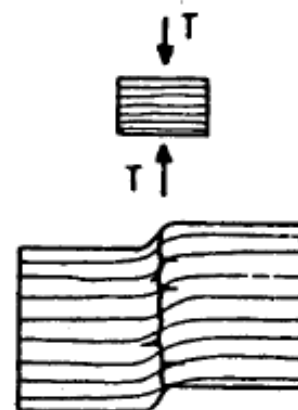
$$R_q = \frac{F_{qmax}}{A}$$

Törésképek nyírásakor és csavarásakor

Nyírás



Rostirányú elnyiródás



Rostokra merőleges elnyiródás

Csavarás



Rostokra merőleges síkban ható csavarónyomaték okozta elcsavaródás

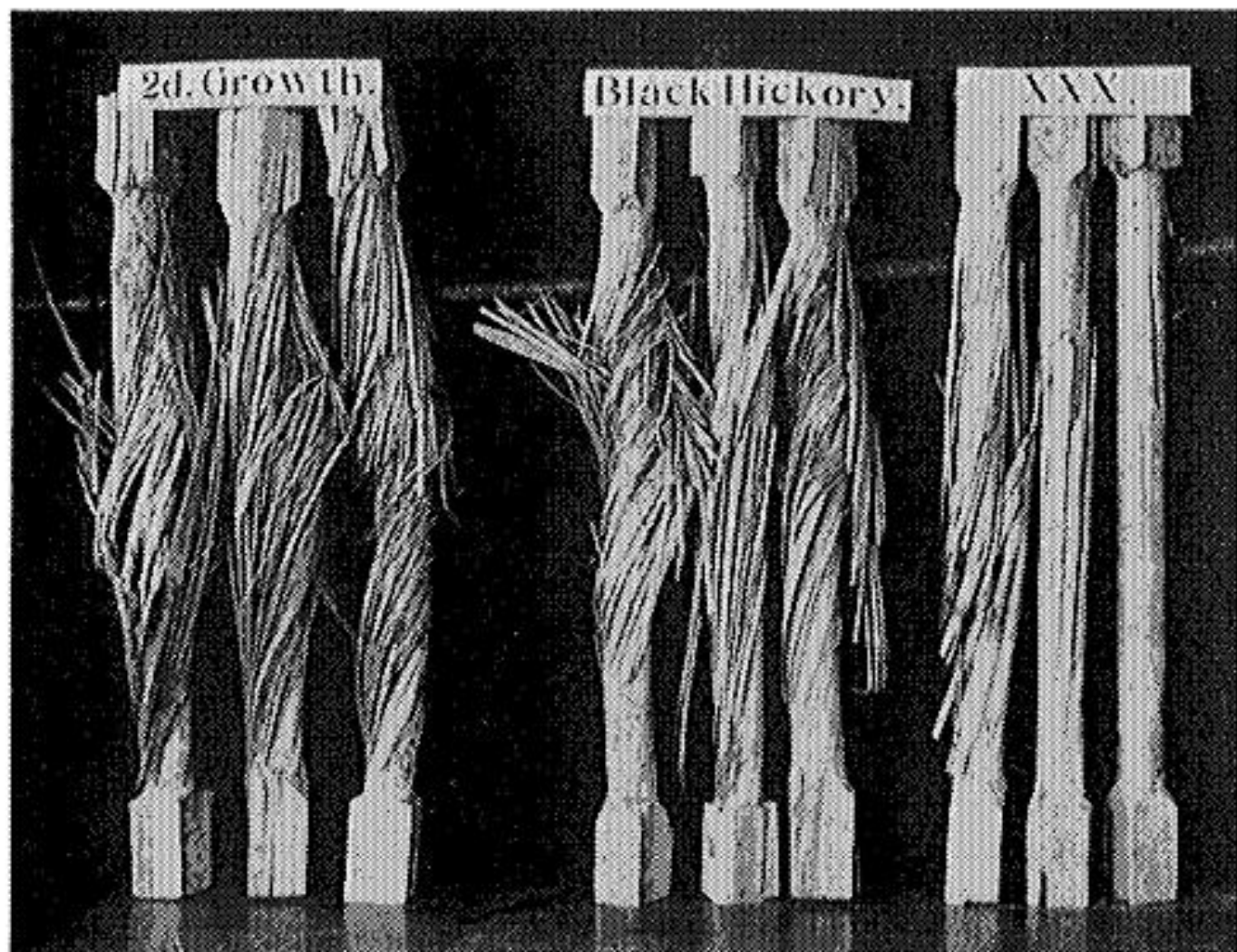


Photo by U. S. Forest Service.

Anyagjellemzők jelölése az EC szerint

testsűrűség:	ρ_{fa}
rugalmassági modulus a <i>szá liránnyal párhuzamosan</i> :	$E_{0,05}$
rugalmassági modulus a <i>szá lirányra merőlegesen</i> :	$E_{90,05}$
nyírási modulus:	G_{05}
szilárdsági jellemzők:	
<i>hajlítószilárdság:</i>	$f_{m,k}$
<i>nyomószilárdság rostokkal párhuzamosan:</i>	$f_{c,0,k}$
<i>nyomó szilárdság rostokra merőlegesen:</i>	$f_{c,90,k}$
<i>húzó szilárdság rostokkal párhuzamosan:</i>	$f_{t,0,k}$
<i>húzószilárdság rostokra merőlegesen:</i>	$f_{t,90,k}$

- faanyagú teherviselő szerkezetek:

 biztonsági tényező:

$$\gamma_{fa} = 1,3$$

		Tülevelű- és nyárfafélék									Lombhullató fajták					
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D60	D50	D40	D35	D30	D70
Szilárdsági értékek (N/mm²)																
Hajlítás	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	60	50	40	35	30	70
Száliránnyal párhuzamos húzás	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	36	30	24	21	18	42
Szálirányra merőleges húzás	$f_{t,90,k}$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9
Száliránnyal párhuzamos nyomás	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26	32	29	26	25	23	34
Szálirányra merőleges nyomás	$f_{c,90,k}$	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.7	6	6.3	10.5	9.7	8.8	8.4	8	13.5
Nyírás	$f_{v,k}$	1.7	1.8	2	2.4	2.5	2.8	3	3.4	3.8	5.3	4.6	3.8	3.4	3	6
Merevségi értékek (kN/mm²)																
Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus átlagértéke	$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14	17	14	11	10	10	20
Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke	$E_{0,05}$	4.7	5.4	6	6.7	7.4	8	8	8.7	9.4	14.3	11.8	9.4	8.7	8	16.8
Szálirányra merőleges rugalmassági modulus átlagértéke	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.3	0.33	0.37	0.4	0.4	0.43	0.47	1.13	0.93	0.75	0.69	0.64	1.33
Nyírási modulus átlagértéke	G_{mean}	0.44	0.5	0.56	0.63	0.69	0.75	0.75	0.81	0.88	1.06	0.88	0.7	0.65	0.6	1.25
Sűrűség (kg/m³)																
Sűrűség	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420	700	650	590	560	530	900
Átlagos sűrűség	ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500	840	780	700	670	640	1080

A faanyag szilárdsági jellemzőinek számítása az EC5 szerinti módosító tényezőkkel:

Környezettől függő módosító tényező:

(nedvességtartalom, teher tartóssága)

k_{mod}

Anyag / Teher típusa	Nedvességtartalom T = 20 °C esetén (Service class)		
	1. osztály u < 65%	2. osztály u < 85%	3. osztály u < 85%
Tömör és rétegelt-ragasztott faszerkezet, furnérlemez			
Állandó	0,60	0,60	0,50
Hosszantartó	0,70	0,70	0,55
Közepes ideig tartó	0,80	0,80	0,60
Rövid ideig tartó	0,90	0,90	0,70
Pillanatnyi	1,10	1,10	0,90

Mérettől függő módosító tényező:

$$k_h = \min \begin{cases} (150/h)^{0,2} \\ 1,3 \end{cases}$$

h –elem magassága

A faanyag tervezési szilárdsága:

(rosttal párhuzamosan)

nyomásra

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{fa}} k_{mod}$$

hajlításra

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_{fa}} k_{mod} (\cdot k_h)$$

Teheridőtartamok osztályai

A teheridőtartam osztálya	A karakterisztikus hatás időtartamának összegzett nagyságrendje	Példa a terhelésre
Állandó	10 évnél hosszabb idő	Önsúly
Hosszú időtartamú	6 hónap – 10 év	Raktárak hasznos terhei
Közepes időtartamú	1 hét – 6 hónap	Egyéb hasznos terhek
Rövid időtartamú	1 hétnél rövidebb	Hó- és szélteher
Pillanatnyi		Hó- és szélteher, földrengés, rendkívüli hatások

k_{mod} módosító tényező

Faanyag	Felhasználási osztály	A teheridőtartam osztályai				
		állandó	hosszú időtartamú	közepes időtartamú	rövid időtartamú	pillanatnyi
Természetes faanyag, rétegelt-ragasztott fa, LVL termékek, és rétegelt lemezek	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Az építőfák átlagos szilárdsági értékei az MSZ 15025/1-72 szerint

Faanyagok minőségi osztályozása, szilárdságuk szerint, nedvességtartalmuktól függően, N/cm² (MSZ 15025/1-72)

Fanem	Szilárdsági kategória	σ_{\min} , ha a nedvességtartalom, %			
		15	20	25	30
Tülevelű puhafa	I.	3500	3200	3000	2700
	II.	3100	2800	2600	2400
Lombos puhafa	I.	2900	2600	2400	2200
	II.	2400	2200	2000	1900
Keményfa	I.	4400	4000	3700	3400
	II.	3800	3400	3100	2900

Faanyagokra megengedett feszültségek, rostokkal párhuzamosan (MSZ 15025/1-72)

Fanem	Szilárdsági kategória	Normálfeszültségek			Betét-nyírásból, τ_{pH}
		hajlításból és nyomásból, σ_{nH}	húzásból, σ_{bH}	palástnyomásból, σ_{pH}	
Tülevelű puhafa	I.	1600	1350	1600	160
	II.	1400	1150	1400	140
Lombos puhafa	I.	1300	1100	1300	130
	II.	1100	900	1100	110
Keményfa	I.	2000	1650	2000	200
	II.	1700	1400	1700	170

Határállapotok vizsgálata az EC szerint I.

1. Száliránnyal párhuzamos húzás

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

2. Szálirányra merőleges húzás

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d}$$

fűrészelt fára

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} (V_0 / V)^{0,2}$$

rétegelt, ragasztott fára

ahol V - az egyenletesen nyomott tartó térfogata [m^3]
 V_0 - az un. referencia térfogat ($= 0,01 \text{ m}^3$)

Határállapotok vizsgálata az EC szerint II.

3. Száliránnyal párhuzamos nyomás

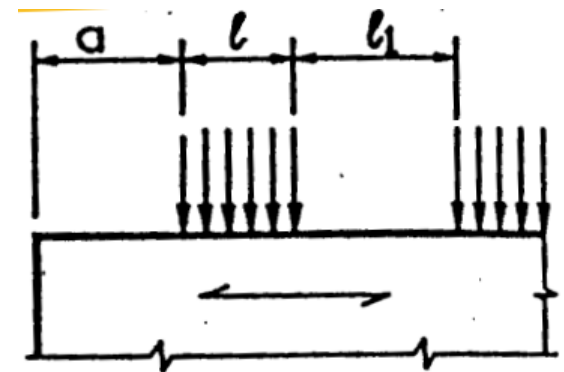
$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

Kiegészítő vizsgálat: Ellenőrizni kell a stabilitásvesztés lehetőségét is (l. később)

4. Száliránnyal szöget bezáró nyomás

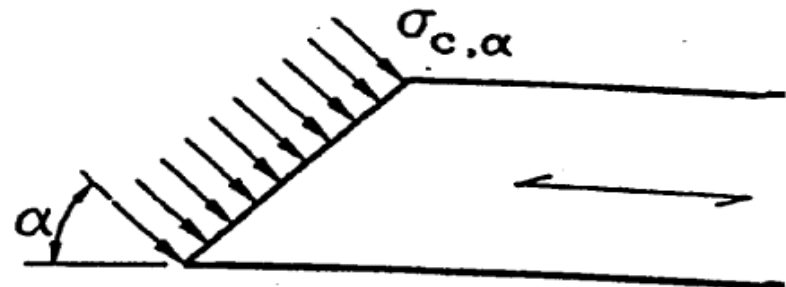
$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d}$$

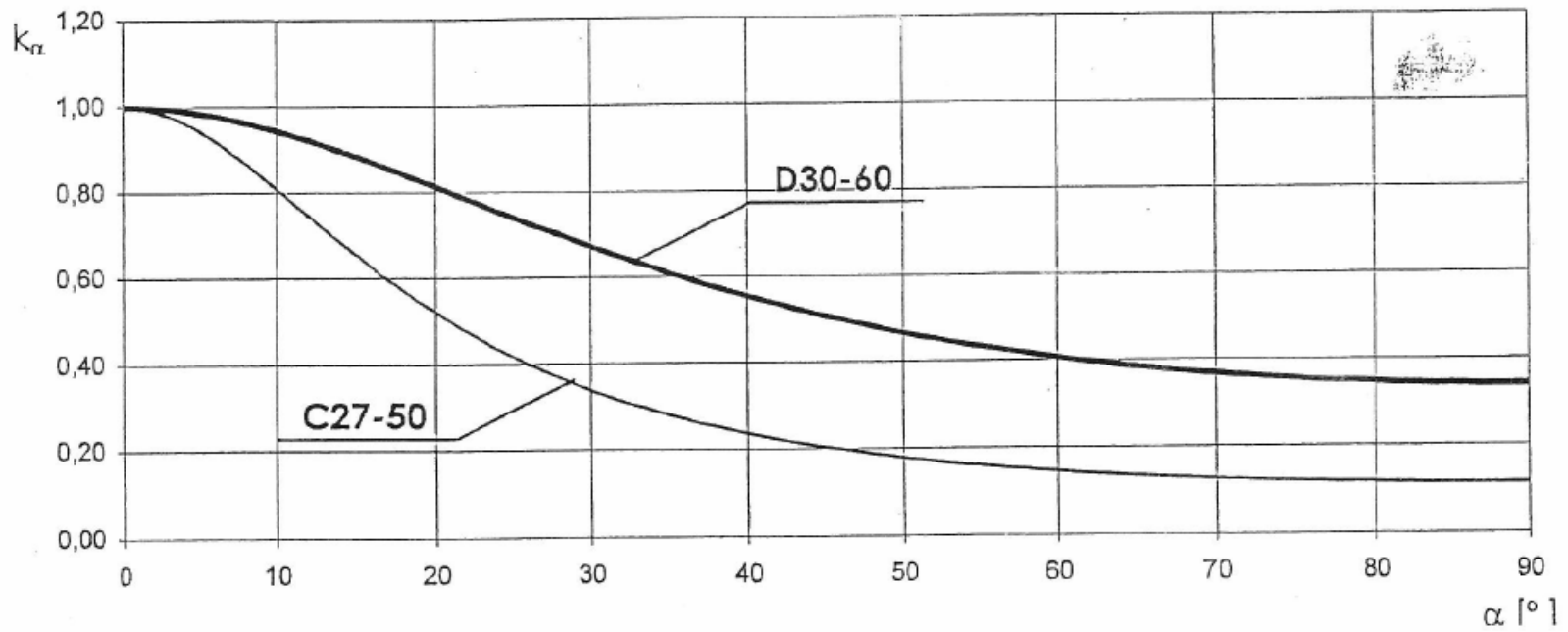
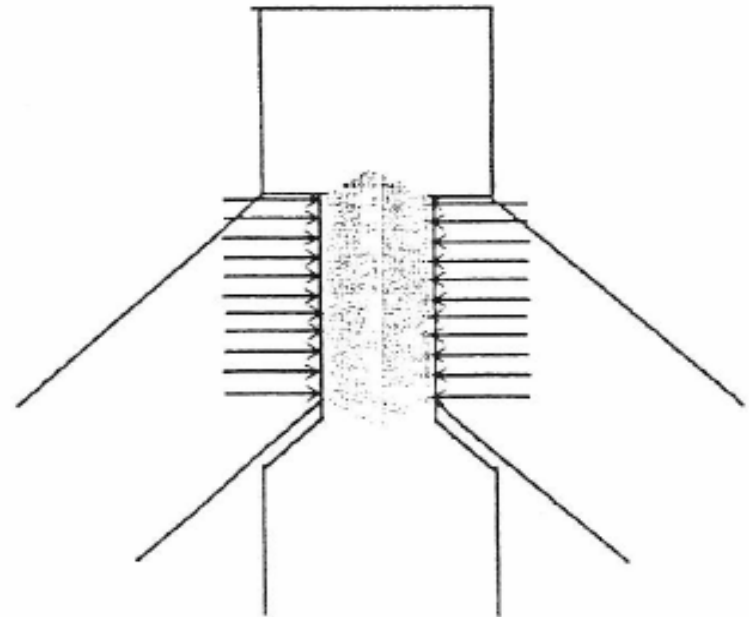
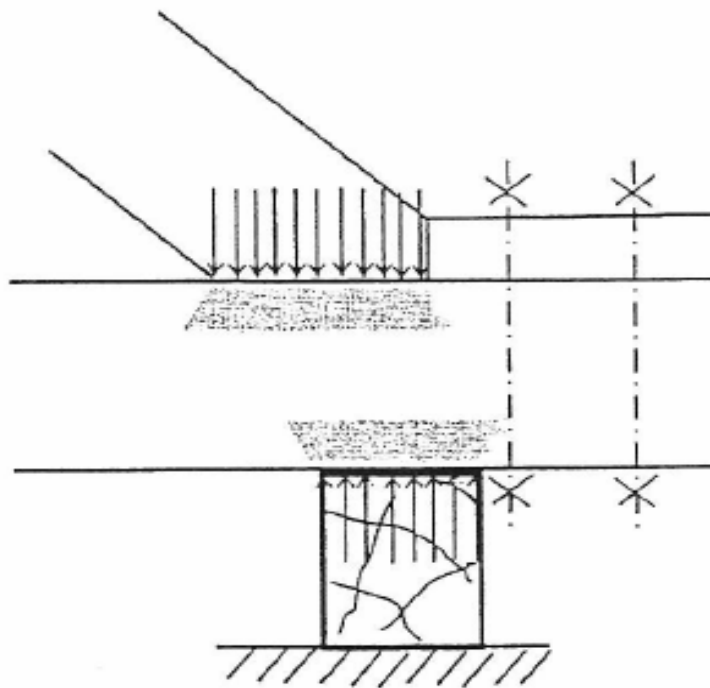
$k_{c,90}$	$l_l \leq 150 \text{ mm}$	$l_l > 150 \text{ mm}$	
		$a \geq 100 \text{ mm}$	$a < 100 \text{ mm}$
$l \geq 150 \text{ mm}$	1	1	1
$150 \text{ mm} > l > 15 \text{ mm}$	1	$1 + (150 - l)/170$	$1 + a(150 - l)/17000$
$15 \text{ mm} > l$	1	1,8	$1 + a/125$



A tervezési szilárdságára teljesülnie kell:

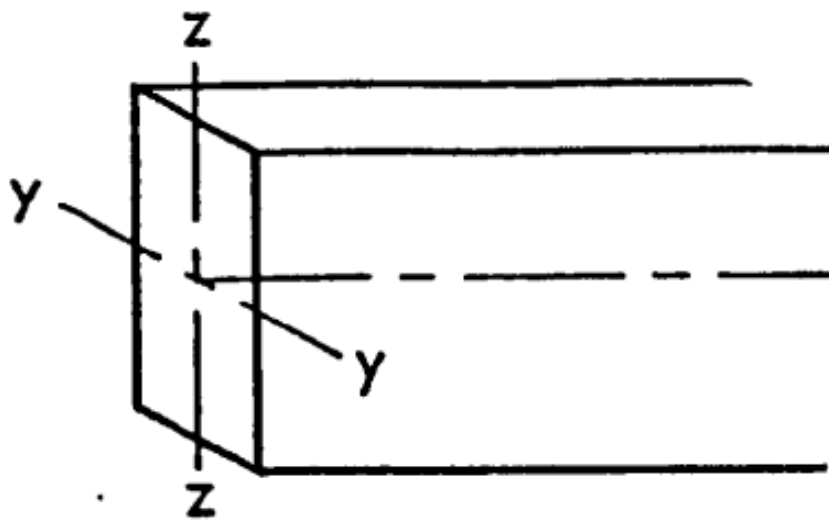
$$\sigma_{c,a,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$





Határállapotok vizsgálata az EC szerint III.

5. (Ferde) Hajlítás



$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

ahol

$f_{m,y,d}$ ill. $f_{m,z,d}$

$k_m=0,7$

$k_m=1,0$

- a tervezési szilárdságok y, ill. z irányban

- derékszögű k_m . esetén

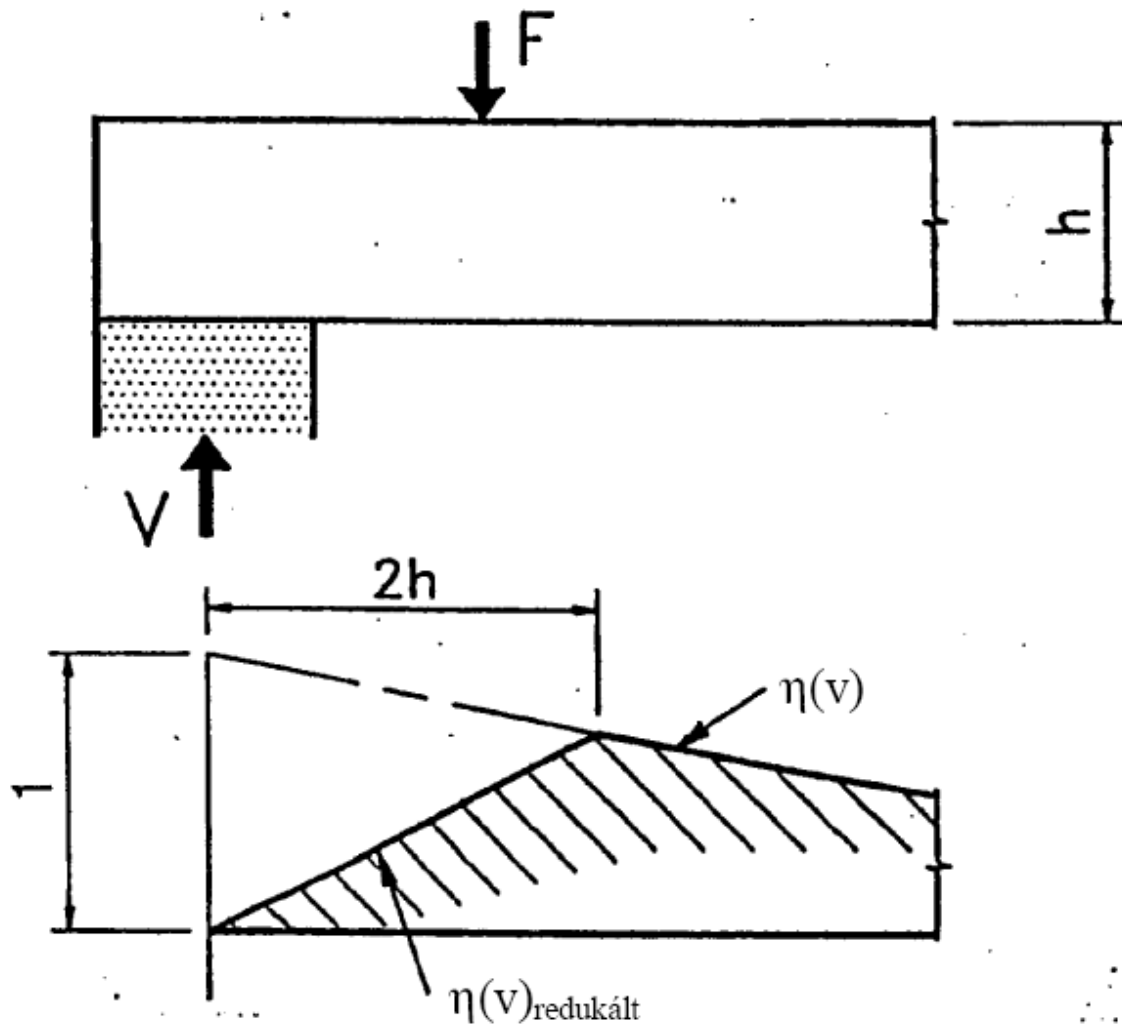
- minden más k_m . esetén

6. Nyírás

Határállapotok vizsgálata az EC szerint IV.

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

a) A feltámaszkodás közelében redukálni lehet a nyíróerőt:



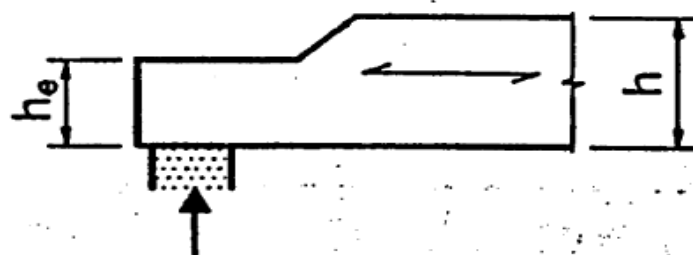
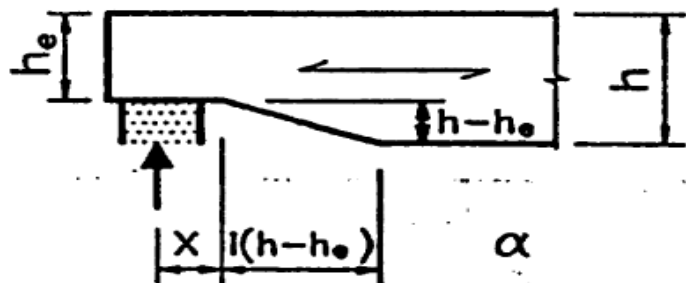
b) A kiékelés hatásának figyelembe vétele: $\tau_d = 1,5V / bh_e \leq k_v f_{v,d}$, ahol

$$k_v = \min. \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{array} \right.$$

$k_v=1$, ha a kiékelés a terheletlen tartómagasság mentén van

a fentiekben:

- $k_n=5$ fűrészelt fa
- $k_n=6,5$ RR fa esetén
- h a tartó magassága
- x a kiékelés távolsága a tartóvégtől
- α = h_e/h
- i a kiékelés szögének tangense



Határállapotok vizsgálata az EC szerint V.

8. Együttes hajlítás és tengelyirányú húzás

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

9. Együttes hajlítás és tengelyirányú nyomás

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Határállapotok vizsgálata az EC szerint VI.

10. Oszlopok

a) Tengelyirányban ható erő esetén:

A 9. pontban leírt követelményeket (együttes hajlítás és tengelyirányú nyomás) teljesíteni kell, továbbá teljesülniük kell és még az un. relatív karcsúságra vonatkozó követelményeknek is:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \leq 0,5 \quad , \quad \lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} \leq 0,5 \quad ,$$

ahol:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} \quad \lambda_y = \frac{l_0}{i_{y,sz}} \quad i_{y,sz} = \sqrt{\frac{I_{y,sz}}{A_{sz}}}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2}$$

mindkét irányú relatív karcsúságra teljesülnie kell, hogy kisebb mint 0,5!

b) Minden egyéb esetben (pl. oldalirányú erő) teljesülnie kell a következőknek:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2)$$

ahol: $\beta_c=0,2$ ill. $0,1$ fűrészelt ill. RR fa esetén,
 σ_m az oldalirányú erőkől származó hajlítófeszültség

Megjegyzés: $k_{c,z}$ és k_z képletei indexcserével kaphatók.

Határállapotok vizsgálata az EC szerint VII.

11. Gerendák karcsúságának ellenőrzése (kifordulásvizsgálat)

A relatív karcsúságra vonatkozó követelmény:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}}$$

ahol $\sigma_{m,crit}$ a klasszikus stabilitáselmélet segítségével és $(EI)_{0,05}$ -tel számított kritikus feszültség.

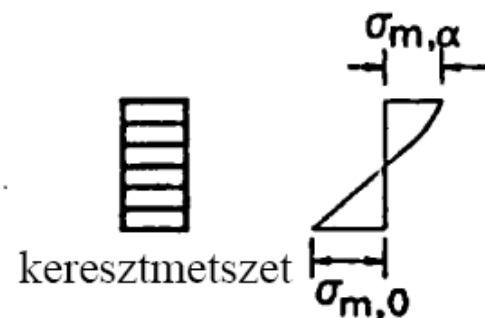
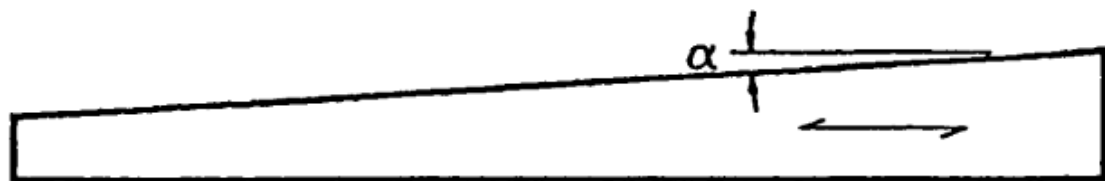
Teljesülnie kell továbbá a feszültségek tekintetében az alábbi feltételnek is:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$$

ahol k_{crit} az oldalirányú kihajlást figyelembe vevő redukáló tényező

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

12. Változó magasságú gerenda feszültségeinek ellenőrzése



A szélsőszál feszültségek meghatározása (ha α kisebb mint 10°):

$$\sigma_{m,0,d} = \left(1 + 4 \tan^2 \alpha\right) \frac{6M_d}{bh^2}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \left(1 - 4 \tan^2 \alpha\right) \frac{6M_d}{bh^2}$$

A szélsőszál-feszültségek ellenőrzése

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq f_{m,\alpha,d} \quad \text{és} \quad \sigma_{m,0,d} \leq f_{m,d} \quad ,$$

ahol:

a) húzófeszültségek esetében:

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

b) nyomófeszültségek esetén:

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

Kapcsolatok méretezése az EC szerint I.

A Johansen-egyenletek egyszer nyírt kapcsolatokra

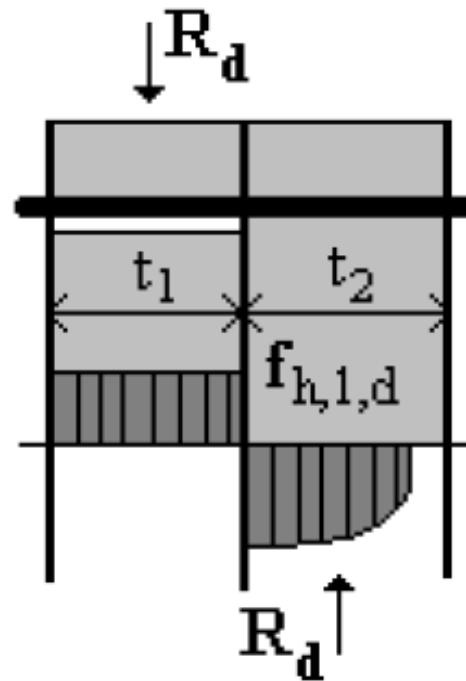
A különböző tönkremeneteli módok mindegyikét meg kell vizsgálni:

"a" jelű törési mechanizmus: Tönkremenetel az "1" jelű elemben:

$$R_d = f_{h,1,d} t_1 d$$

$f_{h,1,d}$ – beágyazási feszültség az 1. sz. elemben

d – kapcsolóelem átmérője

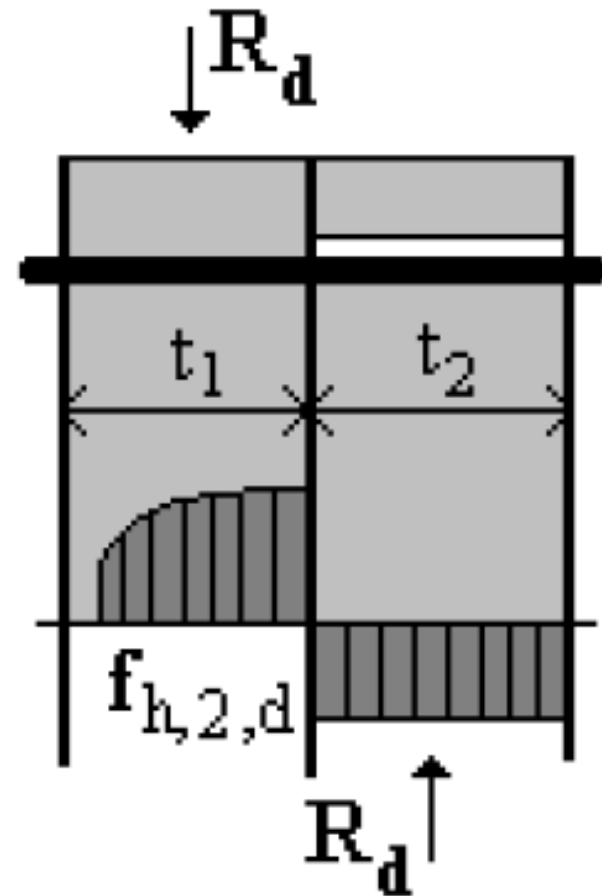
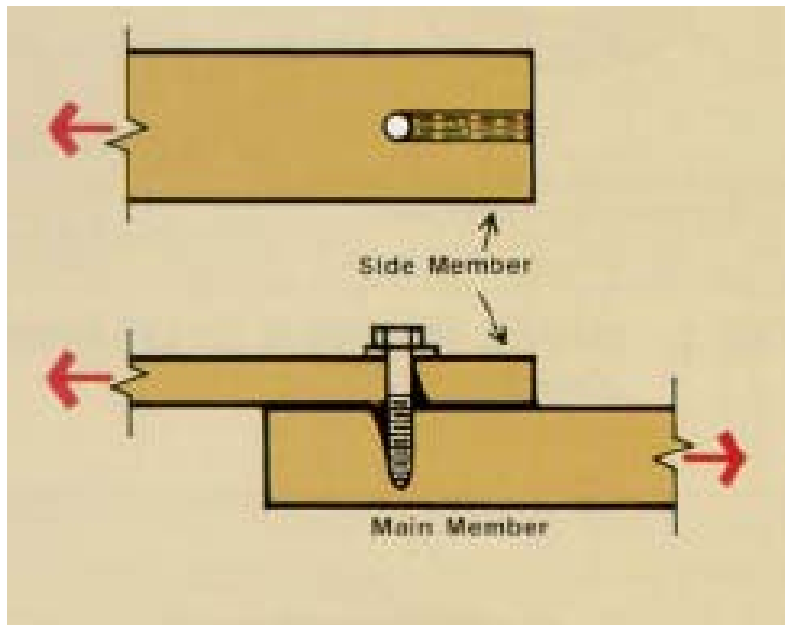


"b" jelű törési mechanizmus: Tönkremenetel az "2" jelű elemben:

$$R_d = f_{h,2,d} t_2 d$$

$$R_d = \beta f_{h,1,d} t_1 d$$

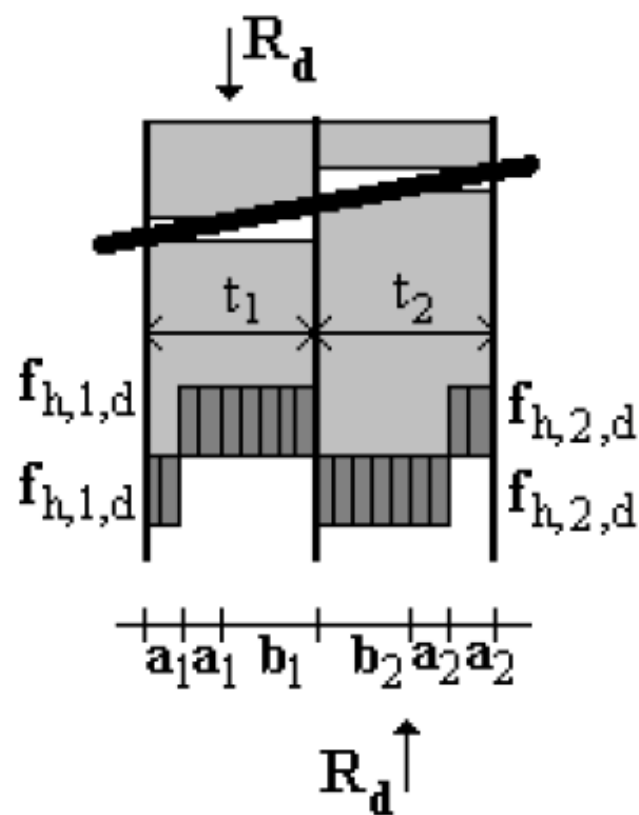
$f_{h,2,d}$ – beágyazási feszültség a 2. sz. elemben



"c" jelű törési mechanizmus:

$$R_d = f_{h,1,d}db_1 = f_{h,2,d}db_2 = \beta f_{h,1,d}db_2$$

$$b_1 = \beta b_2$$



$$R_d = \frac{f_{h,1,d}dt_1}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$$

"d" jelű törési mechanizmus:

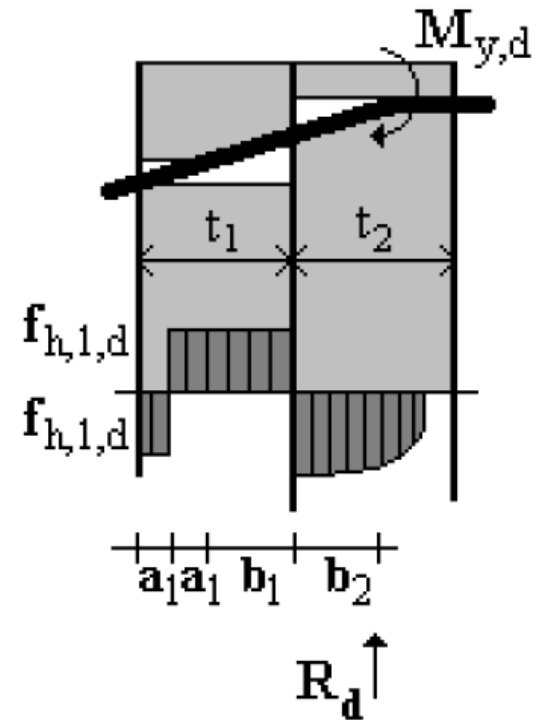
Abból a feltételből, hogy a csapban levő nyírőerő az M_{max} helyén zérus:

$$f_{h,1,d}db_1 = f_{h,2,d}db_2 = \beta f_{h,1,d}db_2$$

$$b_1 = \beta b_2$$

$$M_{y,d} = -f_{h,2,d}d \frac{b_2^2}{2} + f_{h,1,d}d (b_1 + a_1) \cdot$$

$$\cdot \left(b_2 + \frac{b_1 + a_1}{2} \right) - f_{h,1,d}da_1 \left(b_1 + b_2 + \frac{3a_1}{2} \right)$$

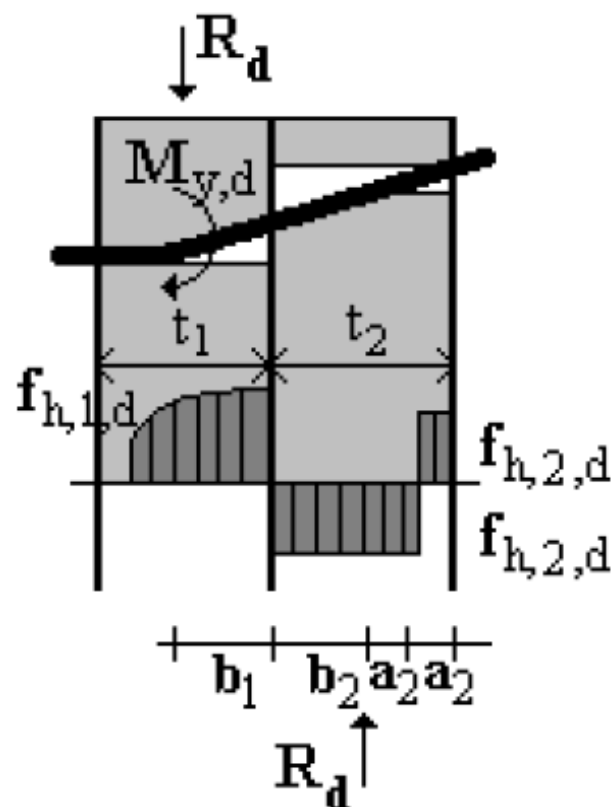


$$R_d = \frac{f_{h,1,d}dt_1}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d}dt_1^2}} - \beta \right]$$

"e" jelű törési mechanizmusra: Az előbbivel analóg módon:

$$b_1 = \beta b_2$$

$$M_{y,d} = f_{h,1,d} d \cdot \left[\frac{-b_1^2}{2} + \beta b_2 \left(b_1 + \frac{b_2}{2} \right) + \beta a_2 \left(b_1 + t_2 - \frac{3a_2}{2} \right) - \beta a_2 \left(b_1 + t_2 - \frac{a_2}{2} \right) \right]$$



$$R_d = \frac{f_{h,1,d} dt_2}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,d}}{f_{h,1,d} dt_2^2}} - \beta \right]$$

"f" jelű törési mechanizmusra:

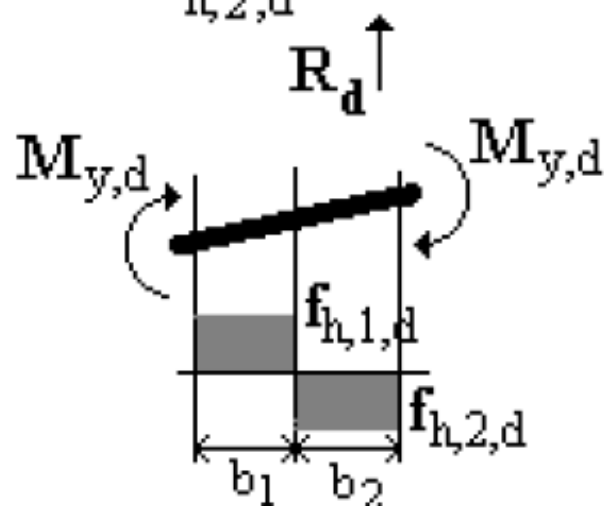
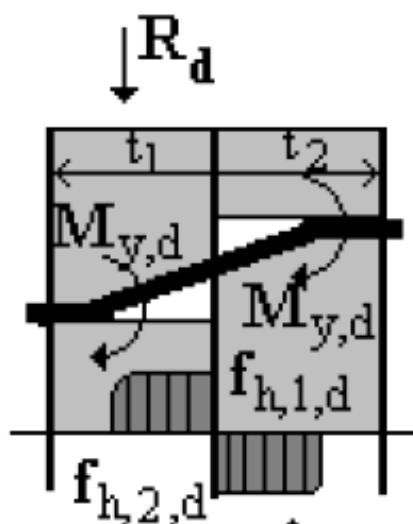
$$M_{y,d} + M_{y,d} = f_{h,1,d} d b_1 \left(b_2 + \frac{b_1}{2} \right) - \beta f_{h,1,d} d \frac{b_2^2}{2}$$

$$b_2 = \frac{b_1}{\beta}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{2 M_{y,d}}{f_{h,1,d} d}} \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}}$$

$$R_d = f_{h,1,d} d b_1$$

$$R_d = \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d}$$



Kapcsolatok méretezése

(CSAPOS-TÍPUSÚ KAPCSOLATOK OLDALIRÁNYÚ TEHERBÍRÁSA)

Egyszer nyírt kapcsolatok

A teherbírás tervezési értéke egy "csapra" (csavar, szeg), nyírási síkonként:
(fa-fa, fa-panel típusú kapcsolatokban)

$$R_d = \min. \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,d} t_1 d \\ f_{h,1,d} t_2 d \beta \\ \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_2^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,d} f_{h,1,d} d} \end{array} \right.$$

a)

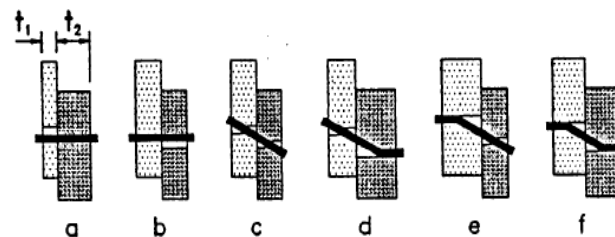
b)

c)

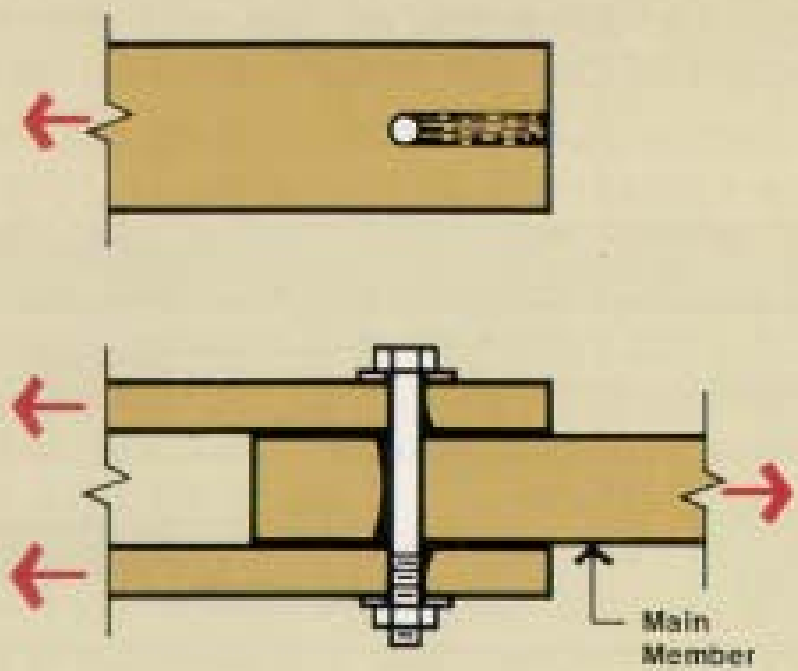
d)

e)

f)



Egyszer nyírt kapcsolatok tönkremeneteli esetei (a-f)

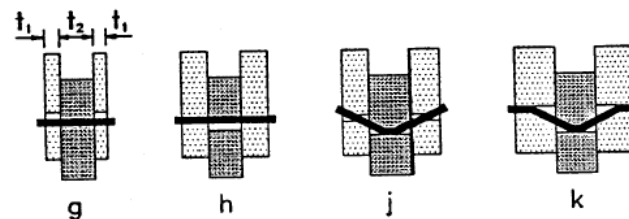


Note: Dark Patches Indicate the Bolt to Timber Bearing Pressure

Kétszer nyírt kapcsolatok

A teherbírás tervezési értéke egy "csapra" (csavar, szeg), nyírási síkonként:
(fa-fa, fa-panel típusú kapcsolatokban)

$$R_d = \min. \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,d} t_1 d \quad \text{g)} \\ 0.5 f_{h,1,d} t_2 d \beta \quad \text{h)} \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \beta (1 + \beta) + \frac{4 \beta (2 + \beta) M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - \beta \right] \quad \text{j)} \\ 1,1 \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d} \quad \text{k)} \end{array} \right.$$



Kétszer nyírt kapcsolatok tönkremeneteli módozatai (g-k)

- | | |
|----------------------------|---|
| t_1 és t_2 | - az "1" ill. "2" jelű faanyag szerkezeti vastagsága vagy szegezés esetén a behatolási mélység, |
| $f_{h,1,d}$ és $f_{h,2,d}$ | - a beágyazási feszültség értéke t_1 -ben ill. t_2 -ben |
| β | - $f_{h,2,d}/f_{h,1,d}$ |
| d | - a csap átmérője |
| $M_{y,d}$ | - egy csap folyását okozó hajlítónyomaték |

Felhasznált Irodalom:

1. Dr. Széll László: Magasépítéstan I. és II. Tankönyvkiadó, Budapest
2. Dr. Gábor László: Épületszerkezettan III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
3. BMEEOHS-AT19 jelű oktatási segédlet, BME.
4. Faszervezetek előadás (Dr. Józsa Zsuzsa)
5. Faszervezetek tervezése az Eurocode 5 előírásai alapján
– oktatási segédlet, Budapest, 2001. (Dr. Bódi István)
6. Torokgerendás fa fedélszék számítása az Eurocode szerint
- oktatási segédlet, Budapest, 2007. (Koris Kálmán, Erdődi László)