

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

OSNOVE PRORAČUNA I DJELOVANJA NA DRVENE KONSTRUKCIJE



Obrada: doc. dr. sc. Mario Jeleč, mag. ing. aedif.

Osijek, 2025.

Kombinacije djelovanja za granično stanje nosivosti

1) Osnovna kombinacija djelovanja

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

2) Kombinacije djelovanja za izvanredne proračunske situacije

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ ili } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

3) Kombinacije djelovanja za potresne proračunske situacije

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kombinacije djelovanja za granično stanje uporabljivosti

1) Karakteristična kombinacija za nepovratna granična stanja

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

2) Česta kombinacija za povratna granična stanja

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

3) Nazovistalna kombinacija za dugotrajne učinke i izgled konstrukcije

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

gdje je:

$\gamma_{G,j}$	parcijalni koeficijent za stalno djelovanje j
$G_{k,j}$	karakteristična vrijednost stalnog djelovanja j
γ_P	parcijalni koeficijent za djelovanja prednapinjanja
P	reprezentativna vrijednost djelovanja zbog prednapinjanja
$\gamma_{Q,i}$	parcijalni koeficijent za promjenjiva djelovanja i
$Q_{k,1}$	karakteristična vrijednost prevladavajućeg promjenjivog djelovanja 1
ψ_0	faktor za kombinacijsku vrijednost promjenjivog djelovanja
ψ_1	faktor za čestu vrijednost promjenjivog djelovanja
ψ_2	faktor za nazovistalnu vrijednost promjenjivog djelovanja
A_d	proračunska vrijednost izvanrednog djelovanja
A_{Ed}	proračunska vrijednost potresnog djelovanja

Tablica 1 – Preporučene vrijednosti parcijalnih faktora sigurnosti γ za djelovanje.

Granična stanja	Stalna djelovanja γ_G	Promjenjiva djelovanja γ_Q
Granično stanje nosivosti		
- nepovoljno djelovanje	1,35	1,5
- povoljno djelovanje	1,0	0,0
Granično stanje uporabljivosti	1,0	1,0

Tablica 2 – Preporučene vrijednosti faktora ψ za zgrade.

Djelovanje	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Uporabna opterećenja u zgradama (EN 1991-1-1)			
Kategorija A: kuće, stambene zgrade	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: uredi	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: područja za skupove	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišta	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometna područja za težinu vozila ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometna područja, $30 \text{ kN} \leq \text{težina vozila} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: krovovi	0,0	0,0	0,0
Opterećenja snijegom u zgradama (EN 1991-1-3)*			
- Finska, Island, Norveška, Švedska	0,7	0,5	0,2
- ostale zemlje članice CEN-a za objekte na visini $H > 1000 \text{ m.n.m.}$	0,7	0,5	0,2
- ostale zemlje članice CEN-a za objekte na visini $H \leq 1000 \text{ m.n.m.}$	0,5	0,2	0,0
Opterećenja vjetrom na zgrade (EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0,0
Temperatura (osim požara) u zgradama (EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0,0
Napomena: Vrijednosti ψ mogu se odrediti u nacionalnom dodatku			
* za države koje nisu navedene vidjeti odgovarajuće mjesne uvjete			

Tablica 3 (N)* – Parcijalni koeficijenti γ_M za svojstva materijala i otpornosti.

Osnovne kombinacije	γ_M
Cjelovito drvo (puno drvo – PD)	1,3
Lijepljeno lamelirano drvo (LLD)	1,25
Lijepljena furnirska građa, furnirske ploče, OSB	1,3
Ploče iverice, ploče vlaknatice (tvrde, srednje, meke)	1,3
Spojevi	1,3
Utisnute ježaste metalne spojne ploče	1,25
Izvanredne kombinacije	1,0

Tablica 4 (N)(HR) – Parcijalni koeficijenti γ_M za svojstva materijala i otpornosti.**

Osnovne kombinacije	γ_M
Drvo i materijali (proizvodi) na osnovi drva	1,3
Čelik u spojevima	
- Štapasta spajala u provjeri nosivosti na savijanje	1,1
- Za dijelove izložene vlačnom naprezanju i posmiku	1,25
- Provjere nosivosti na utisnute, ježaste, metalne spojne ploče	1,25
Izvanredne kombinacije	1,0

*(N) vrijednosti mogu biti definirane nacionalnim dodacima drugih država

** (N)(HR) vrijednost definirane Hrvatskim nacionalnim dodatkom

Tablica 5 – Razredi trajanja opterećenja.

Razredi trajanja opterećenja	Trajanje opterećenja
Stalno	Više od 10 godina
Dugotrajno	6 mjeseci – 10 godina
Sredjetrajno	1 tjedan – 6 mjeseci
Kratkotrajno	Manje od jednog tjedna
Trenutno	-

Tablica 6 (N) – Primjeri razvrstavanja opterećenja prema trajanju.

Razredi trajanja opterećenja	Primjer opterećenja
Stalno	Vlastita težina
Dugotrajno	Skladište
Sredjetrajno	Uporabno opterećenje, snijeg
Kratkotrajno	Snijeg, vjetar
Trenutno	Vjetar, izvanredno djelovanje

Tablica 7 (N)(HR) – Primjeri razvrstavanja opterećenja u razrede trajanja opterećenja.

Opterećenja	Trajanje
Gustoće i površinska opterećenja	Stalno
Vertikalna uporabna djelovanja na stropove, krovove, stube i balkone	
- A Krovne ploštine, stambene ploštine i prostorije za boravak	Srednje
- B Uredske prostorije, radne prostorije, predvorja	Srednje
- C Prostor, prostori za okupljanja (osim kategorija A, B, D i E)	Kratko
- D Prodajni prostori	Srednje
- E Tvornice i radionice, staje, skladišni prostori, prilazi	Dugo
- F Prometne ploštine, parkirališta za lagana vozila (ukupno opterećenje ≤ 25 kN), pristupne rampe	Kratko
- G Ploštine s teškim pogonom	Srednje
- H Neprohodni krovovi (osim provedbe uobičajenih postupaka održavanja i popravaka)	Kratko
- J Prometne ploštine, parkirališta za lagana vozila (ukupno opterećenje ≤ 30 kN), pristupne rampe	Srednje
- K Krovne površine za prihvat helikoptera	Kratko
- T Stubišta i podesti	Kratko
- Z Prilazi (pristupne ploštine), balkoni i slično	Kratko
Horizontalna uporabna opterećenja	
- Horizontalna uporabna opterećena od osoba na ograde, parapete i ostale konstrukcije koje služe za ograđivanje	Kratko
- Horizontalna opterećenja za postignuće dostatne uzdužne i poprečne krutosti	Odgovara pripadajućem opterećenju
Horizontalna opterećenja za krovne površine i prihvat helikoptera	
- Za horizontalna opterećenja	Kratko
- Za zaštitu od prelaska izvan označenog područja	Trenutno
Opterećenja vjetrom	Kratko
Opterećenja snijegom i ledom	
- Nadmorska visina položaja građevine $H \leq 1000$ m.n.m.	Kratko
- Nadmorska visina položaja građevine $H > 1000$ m.n.m.	Srednje
Opterećenje od udara	Trenutno
Horizontalna opterećenja od kranskih staza i kranova	Kratko

Tablica 8 – Razvrstavanje konstrukcija u razrede uporabe.

Razred uporabe	Opis	Primjer
1	Vlažnost drva pri higroskopnoj ravnoteži ne smije prelaziti 12 % ($\leq 12\%$) za uvjete mikroklimе u kojima se nalazi konstrukcija: 20°C i 65% relativne vlažnosti zraka koja smije biti premašena samo dva tjedna u godini	Grijani prostori
2	Vlažnost drva pri higroskopnoj ravnoteži ne smije prelaziti 20 % ($\leq 20\%$) za uvjete mikroklimе u kojima se nalazi konstrukcija: 20°C i 85% relativne vlažnosti zraka koja smije biti premašena samo dva tjedna u godini	Natkrivene konstrukcije
3	Vlažnost drva pri higroskopnoj ravnoteži veća je od 20 % ($> 20\%$), a uvjeti mikroklimе u kojoj se nalazi konstrukcija su takvi da dovode do povećanja vlažnosti u drvu	Konstrukcije izložene atmosferilijima

Tablica 9 – Vrijednosti faktora izmjene k_{mod} .

Materijal	Norma	Razred uporabe	Stalno	Razred trajanja djelovanja			
				Dugo	Srednje	Kratko	Trenutno
Cjelovito drvo	EN 14081-1	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
Lijepljeno lamelirano drvo	EN 14080	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
Lamelirana furnirska građa	EN 14374 EN 14279	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
Furnirske ploče	EN 636-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	EN 636-2	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB	EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, /4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
Ploče iverice	OSB/3, /4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
	EN 312						
	Tip P4, P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
Ploče vlaknatice, tvrde	Tip P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Tip P6, P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Tip P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Ploče vlaknatice, srednje	EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 ili 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1 ili 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Ploče vlaknatice, srednje (suho)	EN 622-3						
	MBH.LA1 ili 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 ili 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
Ploče vlaknatice, srednje (suho)	MBH.HLS1 ili 2	2	-	-	-	0,45	0,80
	EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
Ploče vlaknatice, srednje (suho)	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Napomena:

- 1) Ako se kombinacija opterećenja sastoji od djelovanja razvrstanih u različite razrede trajanja opterećenja, treba odabrati onu vrijednost k_{mod} koja odgovara djelovanju **najkraćeg trajanja**, npr. za kombinaciju stalnog i kratkotrajnog opterećenja treba odabrati vrijednost k_{mod} koja odgovara kratkotrajnom opterećenju.
- 2) Kod spojeva sastavljenih od dvaju drvenih elemenata s različitim ponašanjem ovisnim o vremenu, određivanje proračunske nosivosti treba provesti sa sljedećim faktorom izmjene
 $k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod},1} k_{\text{mod},2}}$, gdje su $k_{\text{mod},1}$ i $k_{\text{mod},2}$ faktori izmjene za dva drvena elementa.

Tablica 10 – Vrijednosti faktora deformiranja k_{def} .

Materijal	Norma	Razred uporabe		
		1	2	3
Cjelovito drvo	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Lijepljeno lamelirano drvo	EN 14080	0,60	0,80	2,00
Lamelirana furnirska građa	EN 14374 EN 14279	0,60	0,80	2,00
Furnirske ploče	EN 636			
	Tip EN 636-1	0,80	-	-
	Tip EN 636-2	0,80	1,00	-
	Tip EN 636-3	0,80	1,00	2,50
OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Ploče iverice	EN 312			
	Tip P4	2,25	-	-
	Tip P5	2,25	3,0	-
	Tip P6	1,50	-	-
	Tip P7	1,50	2,25	-
Ploče vlaknate, tvrde	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	-	-
	HB.HLA1 ili 2	2,25	3,00	-
Ploče vlaknate, srednje	EN 622-3			
	MBH.LA1 ili 2	3,00	-	-
	MBH.HLS1 ili 2	3,00	4,00	-
Ploče vlaknate, srednje (suho)	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	-	-
	MDF.HLS	2,25	3,00	-

Napomena:

- 1) Kada je spoj sastavljen od drvenih elemenata jednakog ponašanja ovisnog o vremenu, vrijednost k_{def} treba udvostručiti.
- 2) Za drvo koje je ugrađeno na točki zasićenja vlakana ili je blizu nje i za koje je izgledno da će se pod opterećenjem osušiti, vrijednost k_{def} treba uvećati za 1,0.
- 3) Kod spojeva sastavljenih od dvaju drvenih elemenata s različitim ponašanjem ovisnim o vremenu, proračun konačnog deformiranja treba provesti sa sljedećim faktorom deformiranja k_{def}
 $k_{\text{def}} = 2\sqrt{k_{\text{def},1} k_{\text{def},2}}$, gdje su $k_{\text{def},1}$ i $k_{\text{def},2}$ faktori deformiranja za dva drvena elementa.

Tablica 11 – Razredi čvrstoće za meko i tvrdo drvo na osnovu savijanja (HRN EN 338:2016).

Meko drvo (četinari)	Razred	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Čvrstoće u N/mm²													
Savijanje	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Vlak u pravcu vlakana	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Vlak okomito na pravac vlakana	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tlak u pravcu vlakana	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Tlak okomito na pravac vlakana	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
Posmik	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Krutost u kN/mm²													
Srednji modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Karakteristični modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Srednji modul elastičnosti okomito na vlakna	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Srednji modul posmika	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Gustoća u kg/m³													
Karakteristična gustoća	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Srednja gustoća	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520
Tvrdo drvo (listari)	Razred	D18	D24	D27	D30	D35	D40	D45	D50	D55	D60	D65	D70
Čvrstoće u N/mm²													
Savijanje	$f_{m,k}$	18	24	27	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Vlak u pravcu vlakana	$f_{t,0,k}$	11	14	16	18	21	24	27	30	33	36	39	42
Vlak okomito na pravac vlakana	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tlak u pravcu vlakana	$f_{c,0,k}$	18	21	22	24	25	27	29	30	32	33	35	35
Tlak okomito na pravac vlakana	$f_{c,90,k}$	4,8	4,9	5,1	5,3	5,4	5,5	5,8	6,2	6,6	10,5	11,3	12,0
Posmik	$f_{v,k}$	3,5	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	5,0	5,0
Krutost u kN/mm²													
Srednji modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,mean}$	9,5	10,0	10,5	11,0	12,0	13,0	13,5	14,0	15,5	17,0	18,5	20,0
Karakteristični modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,k}$	8,0	8,4	8,8	9,2	10,1	10,9	11,3	11,8	13,0	14,3	15,5	16,8
Srednji modul elastičnosti okomito na vlakna	$E_{m,90,mean}$	0,63	0,67	0,70	0,73	0,80	0,87	0,90	0,93	1,03	1,13	1,23	1,33
Srednji modul posmika	G_{mean}	0,59	0,63	0,66	0,69	0,75	0,81	0,84	0,88	0,97	1,06	1,16	1,25
Gustoća u kg/m³													
Karakteristična gustoća	ρ_k	475	485	510	530	540	550	580	620	660	700	750	800
Srednja gustoća	ρ_{mean}	570	580	610	640	650	660	700	740	790	840	900	960

Tablica 12 – Razredi čvrstoće za lijepljeno lamelirano drvo (HRN EN 14080:2013).



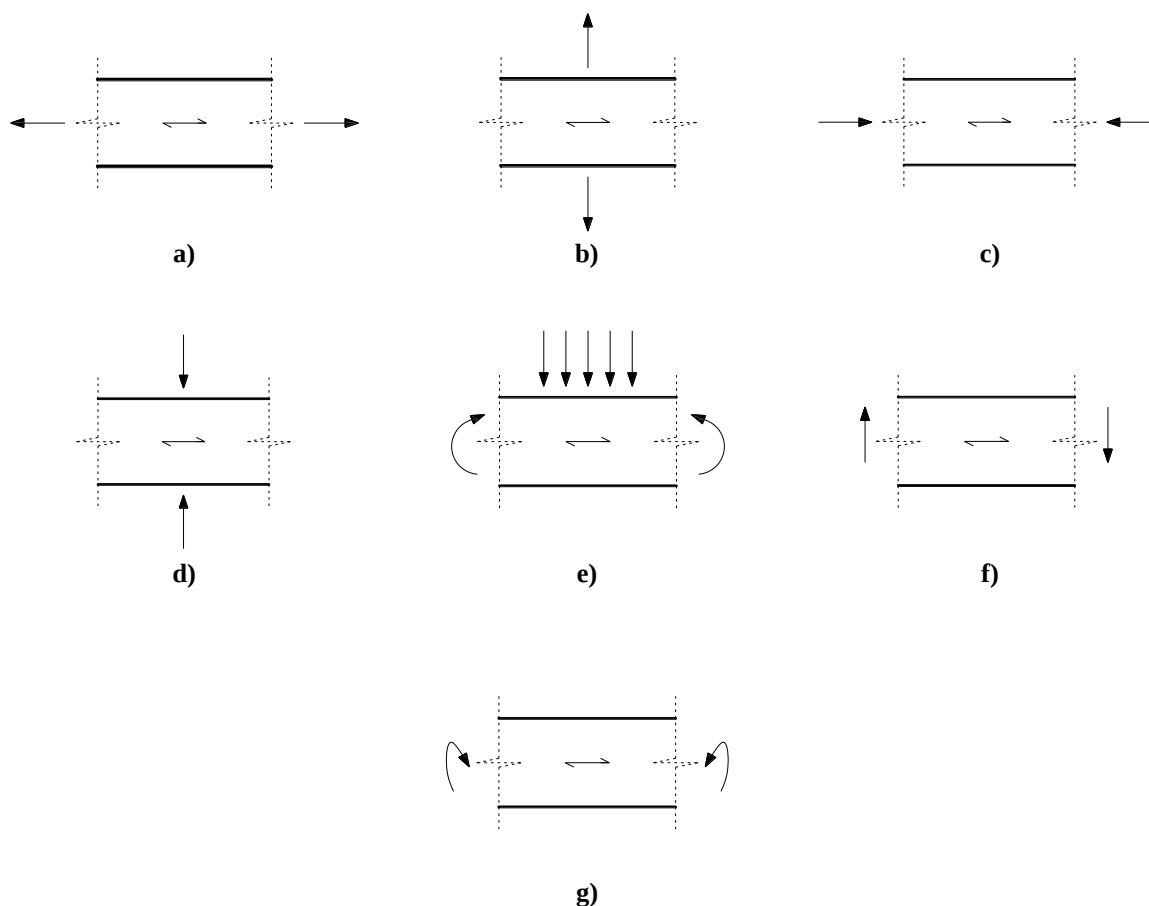
Homogeni presjek	Razred	GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Čvrstoće u N/mm²								
Savijanje	$f_{m,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Vlak u pravcu vlakana	$f_{t,0,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
Vlak okomito na pravac vlakana	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tlak u pravcu vlakana	$f_{c,0,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tlak okomito na pravac vlakana	$f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Posmik	$f_{v,k}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Krutost u kN/mm²								
Srednji modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,mean}$	8,4	10,5	11,5	12,1	12,6	13,6	14,2
Karakteristični modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,k}$	7,0	8,8	9,6	10,1	10,5	11,3	11,8
Srednji modul elastičnosti okomito na vlakna	$E_{m,90,mean}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Srednji modul posmika	G_{mean}	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Gustoća u kg/m³								
Karakteristična gustoća	ρ_k	340	370	385	405	425	430	440
Srednja gustoća	ρ_{mean}	370	410	420	445	460	480	490

Kombinirani presjek	Razred	GL 20c	GL 22c	GL 24c	GL 26c	GL 28c	GL 30c	GL 32c
Čvrstoće u N/mm²								
Savijanje	$f_{m,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Vlak u pravcu vlakana	$f_{t,0,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
Vlak okomito na pravac vlakana	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tlak u pravcu vlakana	$f_{c,0,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
Tlak okomito na pravac vlakana	$f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Posmik	$f_{v,k}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Krutost u kN/mm²								
Srednji modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,mean}$	10,4	10,4	11,0	12,0	12,5	13,0	13,5
Karakteristični modul elastičnosti u pravcu vlakana	$E_{m,0,k}$	8,6	8,6	9,1	10,0	10,4	10,8	11,2
Srednji modul elastičnosti okomito na vlakna	$E_{m,90,mean}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Srednji modul posmika	G_{mean}	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Gustoća u kg/m³								
Karakteristična gustoća	ρ_k	355	355	365	385	390	390	400
Srednja gustoća	ρ_{mean}	390	390	400	420	420	430	440

Osnovna stanja naprezanja kod drvenih konstrukcija

Tablica 13 – Razvrstavanje osnovnih stanja naprezanja u drvenim konstrukcijama.

Stanje naprezanja	Proračunsko naprezanje	Proračunska čvrstoća
a) Vlak u pravcu vlakana	$\sigma_{t,0,d}$	$f_{t,0,d}$
b) Vlak okomito na pravac vlakana	$\sigma_{t,90,d}$	$f_{t,90,d}$
c) Tlak u pravcu vlakana	$\sigma_{c,0,d}$	$f_{c,0,d}$
d) Tlak okomito na pravac vlakana	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$
e) Savijanje	$\sigma_{m,d}$	$f_{m,d}$
f) Posmik	$\tau_{v,d}$	$f_{v,d}$
g) Torzija	$\tau_{tor,d}$	$f_{v,d}$



Slika 1 – Osnovna stanja naprezanja u drvenim konstrukcijama.

Proračunska vrijednost svojstva materijala

Proračunska vrijednost svojstva čvrstoće X_d proračunava se prema:

$$X_d = k_{\text{mod}} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (1)$$

gdje je:

- X_k karakteristična vrijednost svojstva čvrstoće,
 γ_M parcijalni koeficijent za svojstvo materijala,
 k_{mod} faktor izmjene kojim se uzima u obzir učinak trajanja opterećenja i sadržaja vlage.

Proračunska vrijednost svojstva krutosti E_d ili G_d proračunava se prema:

$$E_d = \frac{E_{\text{mean}}}{\gamma_M} \quad (2)$$

$$G_d = \frac{G_{\text{mean}}}{\gamma_M} \quad (3)$$

gdje je:

- E_{mean} srednja vrijednost modula elastičnosti,
 G_{mean} srednja vrijednost modula posmika.