

DVOKOMPONENTNO EPOKSIDNO LJEPILO

POUZDANO

Njegovu trajnost potvrđuje 30 godina korištenja u stvaranju drvenih konstrukcija.

UČINKOVITO

Dvokomponentno epoksidno ljepilo visokih svojstava. Otpornost spojeva ovisi isključivo o drvenom materijalu zahvaljujući iznimnoj snazi ljepila.

PRAKTIČNO

Uložak za praktičnu i brzu upotrebu, zapremnine 3 i 5 litara za veće spojeve.



KARAKTERISTIKE

FOKUS	strukturna lijepljenja
TIPOLOGIJE	spojevi s rešetkama, spojevi s probušenim ili ispijeskarenim limovima
ASORTIMAN	Pet proizvoda koji udovoljavaju svim zahtjevima postavljanja
PRIMJENA	može se nanositi prskanjem, kistom, nanošenjem ili lopaticom ovisno o viskoznosti

VIDEOZAPIS

Skenirajte kôd QR i pogledajte videozapis na našem kanalu usluge YouTube



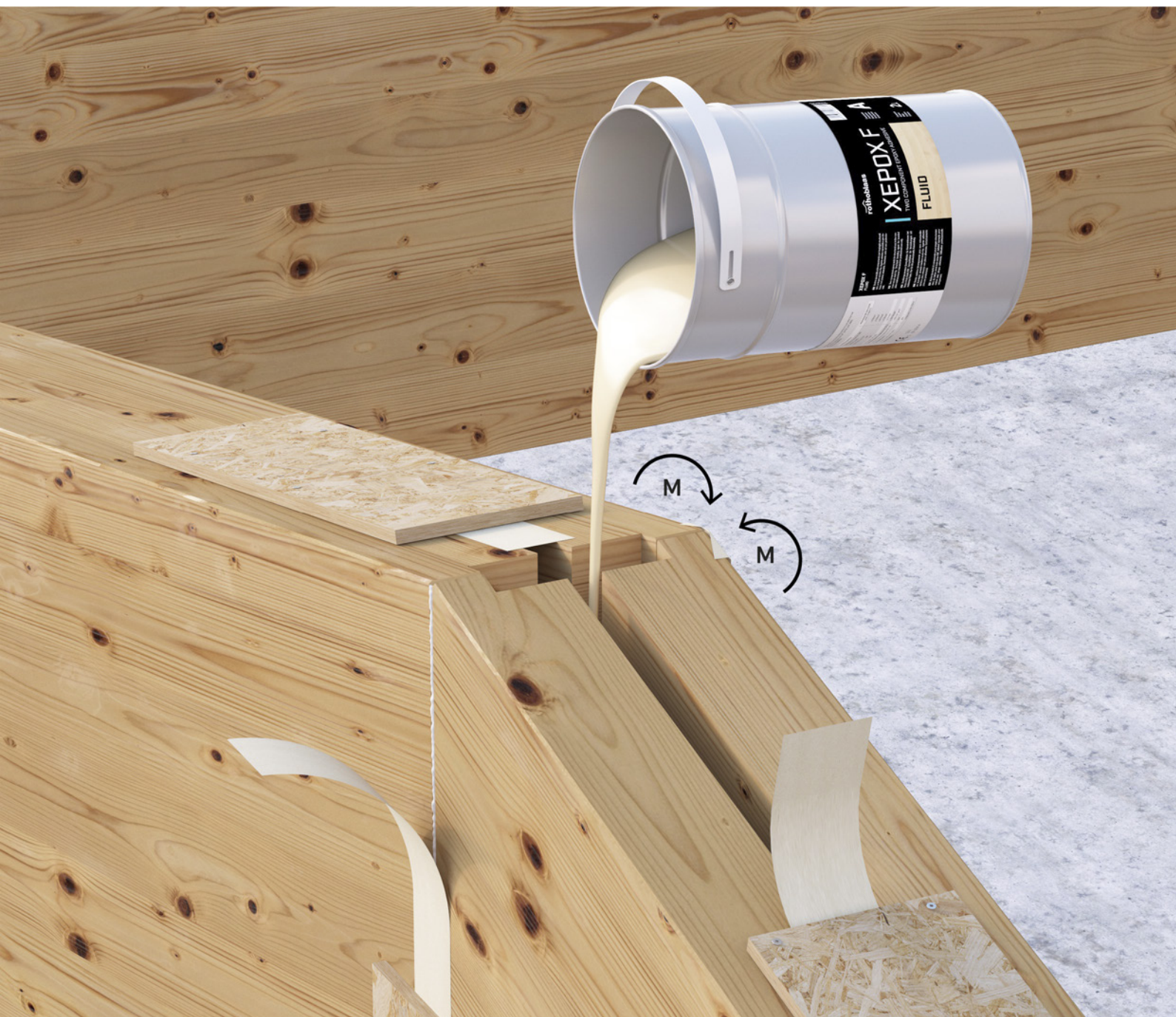
MATERIJAL

Dvokomponentno epoksidno ljepilo.

PODRUČJA PRIMJENE

Spojevi opterećeni na smik, osno djelovanje i zatezni moment mogu se obavljati na

- masivno i lamelirano drvo
- CLT
- beton



STRUKTURALNO

Odličan za čvrste višesmerne spojeve.

STATIČNO UČVRŠĆIVANJE

Može se primjenjivati za rekonstrukciju drvenog materijala u kombinaciji s metalnim šipkama i drugim materijalima.

KODOVI I DIMENZIJE

POSUDE

KOD	opis	sadržaj [ml]	kom.
XEPOXP3000	P – temeljni premaz	A + B = 3000	1
XEPOXL3000	L – tekuće	A + B = 3000	1
XEPOXL5000		A + B = 5000	1
XEPOXF3000	F – fluidno	A + B = 3000	1
XEPOXF5000		A + B = 5000	1
XEPOXG3000	G – gelasto	A + B = 3000	1

ULOŠCI

KOD	opis	sadržaj [ml]	kom.
XEPOXF400	F – fluidno	400	1
XEPOXD400	D – gusto	400	1

DODATNI PROIZVODI - DODATNA OPREMA

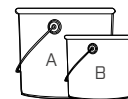
KOD	opis	kom.
MAMDB	pištolj za dvostruke kartuše	1
STINGXP	izljev miješalice	1

PRIMJENE

Temeljni premaz XEPOX P

Dvokomponentno epoksidno ljepilo vrlo niske viskoznosti i povećanog svojstva vlaženja za strukturna ojačanja vrpčama/tkaninom od ugljičnih vlakana ili stakla. Korisno i za zaštitu ispijeskarenih limova SA2,5/SA3 (ISO 8501) i za konstrukciju umetaka FRP (Fiber Reinforced Polymers). Nanosi se valjkom, prskanjem i kistom.

Može se čuvati do 36 mjeseci u izvornom zatvorenom pakiranju pri temperaturama od +5 °C do +30 °C.

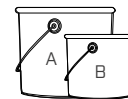


Klasifikacija komponente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasifikacija komponente B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

Tekuće ljepilo XEPOX L

Dvokomponentno epoksidno ljepilo za strukturnu primjenu, vrlo tekuće, primjenjivo za lijepljenje u okomitim, vrlo dubokim rupama i za velike spojeve s nevidljivim umetcima u vrlo širokim glodanim područjima ili s vrlo malim međuprostorima (1 mm ili više), uvijek uz prethodno vrlo pažljivo punjenje fuga.

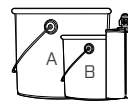
Može se lijepiti i ubrizgavati. Može se čuvati do 36 mjeseci u izvornom zatvorenom pakiranju pri temperaturama od +5 °C do +30 °C.



Klasifikacija komponente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasifikacija komponente B: Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

Fluidno ljepilo XEPOX F

Dvokomponentno epoksidno fluidno ljepilo za strukturne primjene, primjenjivo za ubrizgavanje u rupe i usjeke uz prethodno punjenje fuga. Preporučuje se za učvršćenje savijenih spojnih vijaka u drvo (sustav Turrini-Piazza) na stropovima od drva-cementa, bilo novim gredama bilo starim gredama. Prostor je između metala i drva približno 2 mm ili više. Nanošenje u okomite rupe u usjecima nakon postavljanja metalnih umetaka u obliku lima ili šipki. Može se lijepiti i ubrizgavati primjenom uloška. Može se čuvati do 36 mjeseci u izvornom zatvorenom pakiranju pri temperaturama od +5 °C do 30 °C.



Klasifikacija komponente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasifikacija komponente B: STOT RE 2; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

Gusto ljepilo XEPOX D

Dvokomponentno tiksotropno epoksidno ljepilo (gusto) za strukturne primjene, primjenjivo za ubrizgavanje ponajviše u vodoravne ili okomite rupe u gredama od lameliranog drva, masivnog drva, u zidovima i armiranom betonu.

Može se ubrizgavati uloškom.

Može se čuvati do 36 mjeseci u izvornom zatvorenom pakiranju pri temperaturama od +5 °C do +30 °C.

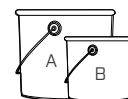


Klasifikacija komponente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasifikacija komponente B: Repr. 1A; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

Gelasto ljepilo XEPOX G

Dvokomponentno epoksidno ljepilo za strukturne primjene, primjenjivo pomoću lopatice također i na okomitim površinama i u oblikovanju velikih ili nepravilnih debljina. Prikladno za velike drvene površine složene uvis i lijepljenje strukturnih pojačanja uz uporabu tkanina sa staklenim ili ugljičnim vlaknima te za čvrste ručke (presvlake) od drva ili metala.

Nanosi se lopaticom. Može se čuvati do 36 mjeseci u izvornom zatvorenom pakiranju pri temperaturama od +5 °C do +30 °C.



Klasifikacija komponente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasifikacija komponente B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Svojstvo	Norme	XEPOX P	XEPOX L	XEPOX F	XEPOX D	XEPOX G
Specifična masa	ASTM D 792-66	≈ 1,10	≈ 1,40	≈ 1,45	≈ 2,00	≈ 1,90
Stehiometrijski omjer u volumenu (A/B) ⁽¹⁾	-	100 : 50 ⁽²⁾	100 : 50	100 : 50	100 : 50	100 : 50
Pot life 23 ± 2° 150 cc	ERL 13-70 [min]	-	50 ÷ 60	50 ÷ 60	50 ÷ 60	60 ÷ 70
Vrijeme obradivosti smjese	ERL 13-70 [min]	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	-
Temperatura primjene (relativna vlažnost od najviše 90 %)	- [°C]	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35	5 ÷ 40	5 ÷ 40
Predložena gustoća	- [mm]	0,1 ÷ 2	1 ÷ 2	2 ÷ 4	2 ÷ 6	1 ÷ 10
Normalna napetost prijanjanja σ	EN 12188 [N/mm ²]	21	27	25	19	23
Otpornost na nagnuto smicanje σ_0 50°	EN 12188 [N/mm ²]	94	70	93	55	102
Otpornost na nagnuto smicanje σ_0 60°	EN 12188 [N/mm ²]	106	88	101	80	109
Otpornost na nagnuto smicanje σ_0 70°	EN 12188 [N/mm ²]	121	103	115	95	116
Otpornost na smicanje-prijanjanje τ	EN 12188 [N/mm ²]	39	27	36	27	37
Jedinično lomno opterećenje pri kompresiji ⁽³⁾	EN 13412 [N/mm ²]	83	88	85	84	94
Srednji modul elastičnosti prilikom kompresije	EN 13412 [N/mm ²]	3438	3098	3937	3824	5764
Koeficijent toplinske ekspanzije (u rasponu od -20 °C/+40 °C)	EN 177 [m/m·°C]	7,0 x 10 ⁻⁵	7,0 x 10 ⁻⁵	6,0 x 10 ⁻⁵	6,0 x 10 ⁻⁵	7,0 x 10 ⁻⁵
Jedinično lomno opterećenje prilikom smicanja ⁽⁴⁾	ASTM D638 [N/mm ²]	40	36	30	28	30
Srednji modul elastičnosti prilikom povlačenja ⁽⁴⁾	ASTM D638 [N/mm ²]	3300	4600	4600	6600	7900
Jedinično lomno opterećenje prilikom savijanja ⁽⁴⁾	ASTM D790 [N/mm ²]	86	64	38	46	46
Srednji modul elastičnosti prilikom savijanja ⁽⁴⁾	ASTM D790 [N/mm ²]	2400	3700	2600	5400	5400
Jedinično lomno opterećenje prilikom smicanja (šilo) ⁽⁴⁾	ASTM D732 [N/mm ²]	28	28	28	19	25
Viskoznost	- [mPa·s]	A = 1100 B = 250	A = 2300 B = 800	A = 14000 B = 11500	A = 300000 B = 300000	A = 450000 B = 13000

NAPOMENE:

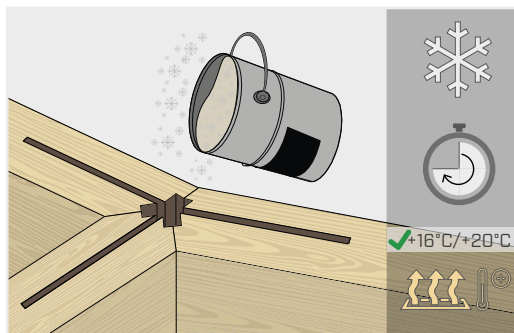
⁽¹⁾ Komponente su pakirane u prethodno određenim dozama koje su spremne za uporabu. Odnos u volumenu (ne u težini).

⁽²⁾ Prikladno je upotrebljavati ne više od jedne litre miješanog proizvoda odjednom. Omjer je između komponenti A:B u težini otprilike 100:44,4.

⁽³⁾ Prosječna vrijednost na kraju ciklusa opterećenja/smanjenja opterećenja.

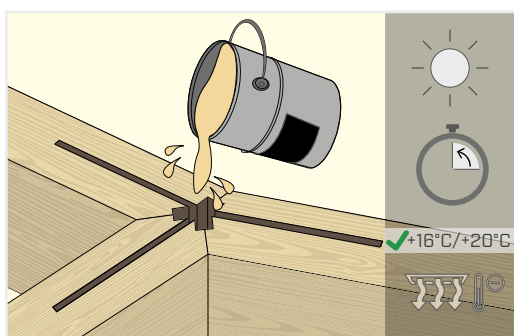
⁽⁴⁾ Ispitne vrijednosti iz istraživačke kampanje „Inovativni spojevi za drvene konstrukcijske elemente“ – Politecnico di Milano.

TEMPERATURA PRIMJENE I ČUVANJA



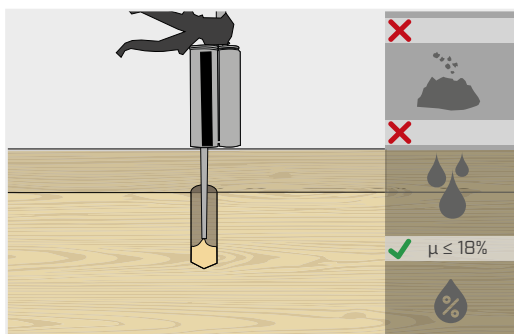
ČUVANJE LJEPILA

Epoksidna ljepila valja čuvati na umjerenj temperaturi (oko +16 °C / +20 °C) bilo zimi kao i ljeti sve do neposrednog trenutka primjene. Pakiranja nemojte čuvati na hladnom jer to povećava viskoznost ljepila i otežava probijanje spremnika i ekstruziju kartuša. Ne ostavljajte pakiranja izložena Suncu jer se zagrijani proizvod u vrlo kratkom vremenu polarizira.



NANOŠENJE LJEPILA

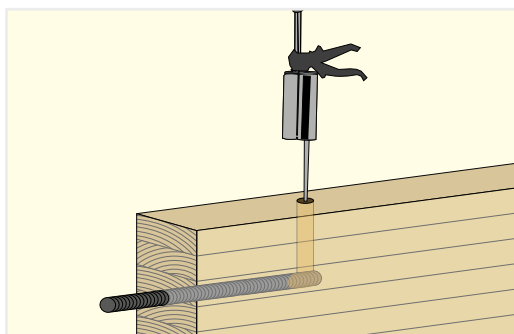
Preporučena je temperatura okoline za primjenu > +10 °C. Kada je temperatura okoline preniska, obavezno se trebaju zagrijati pakiranja barem jedan sat prije uporabe ili se trebaju zagrijati sjedišta za primjenu i metalni umetci prije nanošenja proizvoda. Ako su temperature previsoke i obrnuto, onda se nanošenje mora obaviti kada je vrijeme svježije da bi se izbjegli najtopliji dijelovi dana.



OBRADA RUPA I GLODANIH POVRŠINA

Prije nanošenja ili ubrizgavanja ljepila rupe i udubljenja u drvu moraju se zaštititi od meteorske vode ili povećane atmosferske vlage te očistiti stlačnim zrakom. Ako su dijelovi koje valja premazati smolom mokri ili vrlo vlažni, obavezno ih valja osušiti. Uporaba ljepila XEPOX namijenjena je za prikladno osušeno drvo, s udjelom vlage od drva približno 18 %.

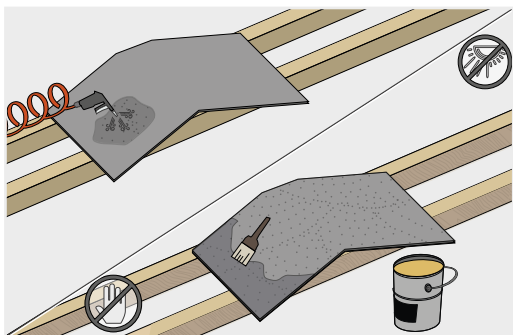
SPOJEVI SA ZALIJEPLJENIM ŠIPKAMA



SMOLA

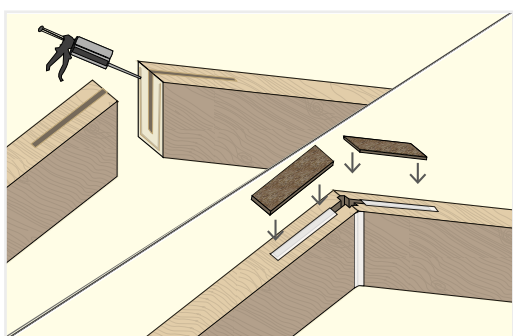
Spojevi sa šipkama pogodni su za istiskivanje dvoosnim ulošcima s obzirom na male količine smole. Za promjenu količine ljepila koje se treba ubrizgati odrežite kraj izljeva. Za lijepljenje dugih šipki preporuča se napraviti rupe za punjenje u pravokutnom smjeru u odnosu na šipku.

TRENUTAČNI SPOJEVI UPORABOM LIMOVA



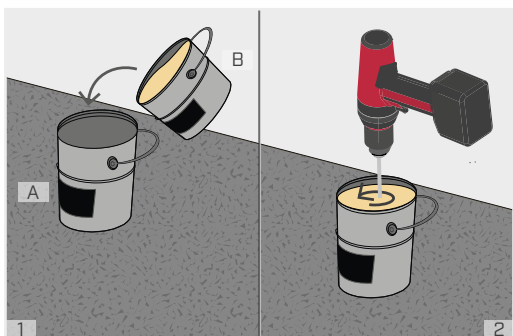
PRIPREMANJE METALNE PODLOGE

Metalni se umetci spojeva trebaju očistiti od prljavštine i masnoća. Glatki se limovi mogu probušiti ili se obraditi pjeskarenjem stupnja SA2,5 / SA3 te zatim zaštititi slojem XEPOX P kako bi se izbjegla njihova oksidacija. Ponajprije u toplim mjesecima metalne površine valja zaštititi od izravnog Sunčeva zračenja.



PRIPREMANJE DRVENE PODLOGE

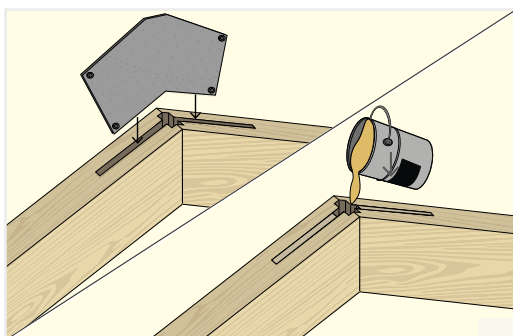
U blizini okomitih rubova nanosite neprekinute ljepljive papirnate trake na približnoj udaljenosti od 2 do 3 mm od ruba. Zatim nanosite neprekidno uže od octenog silikona i pritisnite da se zalijepi za površine koje su zaštićene trakom. Nagibni usjeci elemenata pod nagibom moraju se brtviti trakama ili drvenim pločama pri čemu se smo ne prekrivaju krajnji dijelovi usjeka u najvišoj točki od koje se nanosi ljepljivo.



PRIPREMANJE PROIZVODA

Za korištenje proizvodom u spremnicima ulijte sredstvo za stvrdnjavanje (komponenta B) u posudu u kojoj se nalazi epoksidalna smola (komponenta A). Snažno miješajte dvije mješavine različitih boja. Preporučuje se prikladna miješalica s dvije spirale koji se postavlja na električni aparat (u protivnom se može upotrijebiti metalna bušilica) dok se ne postigne mješavina ujednačene boje. Zatim ulijte dobivenu smjesu.

Za raspodjelu u pukotinama značajne duljine izlijte izravno iz spremnika za miješanje u slučaju lijepljenja ili uzmite proizvod i nanosite ga lopaticom.



SMOLA

Preporučuje se predvidjeti korisni ljepljivi jastučić koji se izrađuje uporabom prikladnog usjeka na gornjem dijelu strukturalnih drvenih elemenata kao dodatno jamstvo funkcionalnosti kontaktnog sustava. Preporučuje se debljina pukotina između metalnih i drvenih umetaka od 2 do 3 mm po strani. Kako bi se jamčio pravilan položaj umetaka unutar fuge, preporučuje se postavljanje razmaknica na umetke primijenjene tijekom polimerizacija zaštite uporabom proizvoda XEPOX P.

■ EPOKSIDNA LJEPILA XEPOX

POVIJESNI ASORTIMAN PROIZVODA ZA SPOJEVE IZMEĐU DRVENIH ELEMENATA KOJIMA SE JAMČI IZVRSNA ČVRSTOĆA I KRUTOST

Epoksidna ljepila XEPOX predstavljaju dvokomponentne smole posebno formulirane za prodiranje u mikrostrukturu drva i visokoučinkovito prijanjanje uz smanjenje tipične kristalizacije smola.

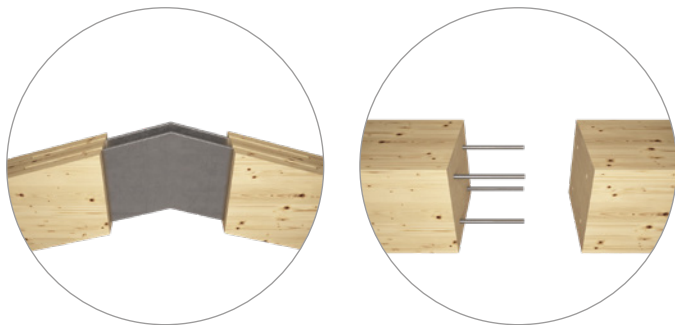
Smjesom komponenata A i B izaziva se egzotermička reakcija (stvaranje topline), koja nakon što očvrсне, predstavlja trodimenzionalnu strukturu izuzetnih svojstava poput: trajnosti tijekom vremena, interakcije s odsutnom vlagom, izvrsne toplinske stabilnosti, velike krutosti i otpornosti.

Svaki kemijski ili mineralni element formulacije ima određenu ulogu i svi zajedno doprinose postizanju karakteristika svojstva ljepila.

■ PODRUČJA PRIMJENE

Različitim se viskoznostima proizvoda XEPOX jamči višenamjenska uporaba za različite tipove spojeva kako za nove konstrukcije, tako i za građevinske obnove. Uporabom u kombinaciji sa čelikom, posebno limom koji je ispijeskaren ili probušen i šipkama, omogućava se postizanje visokog otpora u ograničenim debljinama.

1. TRENUTAČNI NEPREKINUTI SPOJ



2. DVOSMJERNI ILI TROSMJERNI SPOJEVI



3. POLUDRVENI SPOJEVI



4. OŽIVLJAVANJE DIJELOVA U LOŠEM STANJU



■ ESTETSKA POBOLJŠANJA

Formatom uloška omogućava se i njegovu uporaba za estetske aranžmane i lijepljenje u malim količinama.





SPOJEVI SA ZALIJEPLJENIM ŠIPKAMA

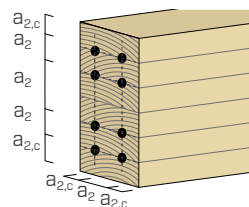
Navode se indikacije sadržane u normi DIN 1052: 2008 i talijanskim normama CNR DT 207: 2018.

NAJMANJE UDALJENOSTI ZA ŠIPKE

VLAK

Zalijepljene šipke // vlaknaste šipke

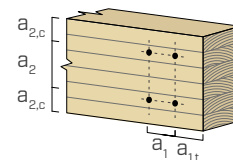
a_2	$5d$
$a_{2,c}$	$2,5d$



VLAK

Zalijepljene vlaknaste šipke⊥

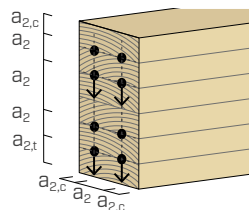
a_1	$4d$
a_2	$4d$
$a_{1,t}$	$2,5d$
$a_{2,c}$	$2,5d$



SMIK

Zalijepljene šipke // vlaknaste šipke

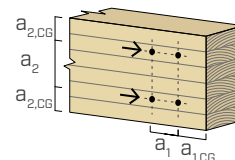
a_2	$5d$
$a_{2,c}$	$2,5d$
$a_{2,t}$	$4d$



SMIK

Zalijepljene vlaknaste šipke⊥

a_1	$7d$
a_2	$5d$
$a_{1,CG}$	$10d$
$a_{2,CG}$	$4d$



Najmanja udaljenost za umetanje:

$$l_{min} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,5 d^2 \\ 10 d \end{matrix} \right\}$$

NAČIN IZRAČUNAVANJA

OTPORNOST NA VLAK

Otpornost prilikom povlačenja šipke promjera d koji je:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{matrix} f_{yd} \cdot A_{res} & \text{pucanje čelika} \\ \pi \cdot d \cdot l \cdot f_{v,d} & \text{pucanje drva prilikom smicanja} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{pucanje drva prilikom povlačenja} \end{matrix} \right.$$

Djelotvorno područje smatra se kvadrat drveta s maksimalnom stranom $6d$; područje se smanjuje za kraće udaljenosti između elemenata ili od ruba.

f_{yd} = otpornost predviđenog čelika

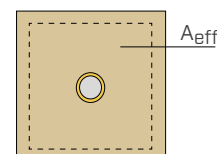
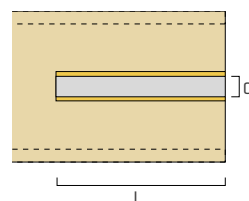
$f_{t,0,d}$ = otpornost na predviđeno povlačenje drva

Otpornost na smicanje prilikom lijepljenja $f_{v,k}$ ovisi o duljini umetka

l [mm]	$f_{v,k}$ [MPa]
≤ 250	4
$250 < l \leq 500$	$5,25 - 0,005 \times l$
$500 < l \leq 1000$	$3,5 - 0,0015 \times l$

za nagibni kut α u odnosu na vlakno:

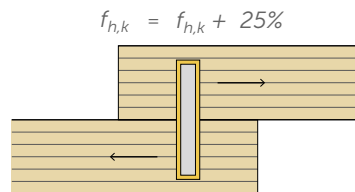
$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1,5 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$



OTPORNOST NA SMIK

Otpornost šipke na smicanje može se izračunati poznati formulama Johansen za svornjake sljedećim postupcima.

Kada je riječ o šipkama koje su okomito zalijepljene na vlakno, otpornost na oblaganje može se povećati do najviše 25 %.

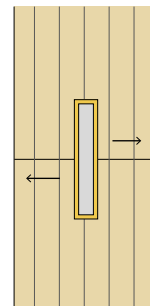


Otpornost je na oblaganje za zalijepljene šipke paralelno s vlaknima 10 % okomite vrijednosti na vlakno.

Učinak se užeta izražava kao otpornost na lijepljenje izvlačenjem (pucanje b).

Za postizanje otpornosti zalijepljene šipke pod kutom lijepljenja α dopuštena je linearna interpolacija između otpornih vrijednosti α od 0 ° i 90 °.

$$f_{h,k,\parallel} = 10\% f_{h,k,\perp}$$



EKSPERIMENTIRANJE

Navodi se izračun ekstrakcije šipke zalijepljene s proizvodom XEPOX u kojem se uspoređuje rezultat s ispitivanjima provedenih na Sveučilištu u Bielu mjereći faktor prekoračenja otpornosti između ispitivanja i izračuna. Time se pokazuje postojeće sigurnosno ograničenje: međutim, treba paziti da vrijednost dobivena u ispitivanju nije karakteristična vrijednost i ne smije se smatrati uporabnom vrijednosti u projektu.



GEOMETRIJSKI PODATCI

Strana uzorka	80	mm
A_{eff}	6400	mm
d	16	mm
l	160	mm
f_{yk}	900	MPa
$f_{t,0,k}$	27	MPa
γ_{M0}	1	
k_{mod}	1,1	
γ_M	1,3	



Pucanje čelika	162,9	kN
Pucanje drva prilikom smicanja	29,0	kN
Pucanje drva prilikom povlačenja	146,2	kN
$R_{ax,d}$ = predviđeno otporno osno djelovanje	29,0	kN
$R_{ax,m}$ = prosječno eksperimentalno otporno osno djelovanje	96,3	kN
f = čimbenik prekoračenja otpornosti	3,3	

NAPOMENE:

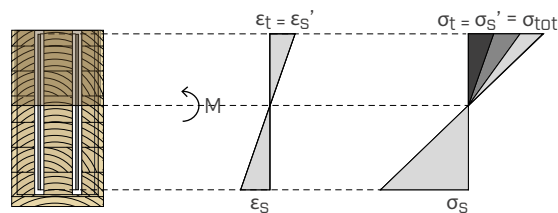
Otpornost na smicanje izvedena je iz srednje gustoće uzoraka upotrijebljenih u ispitivanjima.

Izračuni su obavljani uzimajući u obzir vrijednosti k_{mod} i γ_M prema normi EN 1995 1-1 i γ_{M0} prema normi EN 1993 1-1.

TRENUTAČNI SPOJEVI UPORABOM LIMOVA

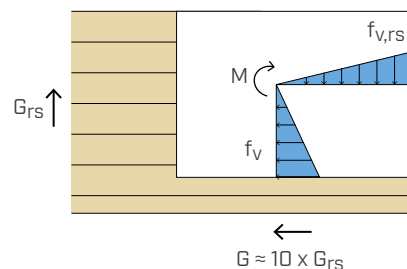
NAČIN IZRAČUNAVANJA | PRESJEK GLAVE

Naprezanja zbog zateznog momenta i aksijalnog djelovanja određuju se homogenizacijom materijala presjeka primjenom hipoteze o očuvanju ravnih presjeka. Naprezanje posmika ublažavaju same pločice. Također je potrebno provjeriti naprezanja koja djeluju na presjek drvenih izravno na usjeka.



NAČIN IZRAČUNAVANJA | DISTRIBUCIJA ZATEZNOG MOMENTA U INTERAKCIJI ČELIK-LJEPILO-DRVO

Zatezni se moment raspoređuje na broj kontaktnih površina, a zatim se raščlanjuje na opterećenja pri čemu se uzima u obzir i polarna inercija oko središta gravitacije i različite krutosti drva. Tako se postižu maksimalna tangencijalna naprezanja u pravokutnom i paralelnom smjeru vlakana koja se provjeravaju i u njihovoj interakciji.



Polarni inercijski trenutak polovine umetka s obzirom na središte gravitacije koji je izmjeren modulima za rezanje drva:

$$J_p^* = \frac{l_i \cdot h^3}{12} \cdot G + \frac{l_i^3 \cdot h}{12} \cdot G_{rs}$$

Izračunavanje tangencijalnih naprezanja i kombinirana provjera:

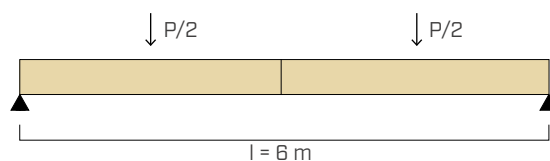
$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\tau_{max,vert} = \frac{(M_d + M_{T,Ed}) \cdot e}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot G_{rs} + \frac{V_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\tau_{max,hor}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max,vert}}{f_{v,rs,d}}\right)^2} \leq 1$$

EKSPERIMENTIRANJE

Navodi se izračun dvaju trenutačnih spojeva izrađenih proizvodom XE-POX uspoređujući rezultat s ispitivanjima savijanja u četiri točke koja su obavljena na Politecnico di Milano. Određuje se čimbenik prekoračenja otpornosti između ispitivanja i izračuna kojim se pokazuje dobro sigurnosno ograničenje koje postoji u izračunu spojeva. Vrijednost dobivena u ispitivanju nije karakteristična vrijednost i ne smije se smatrati uporabnom vrijednosti u projektu.



LEGENDA:

B	osnovica grede
H	visina grede
α_1	kut nagiba greda
n_i	broj umetaka
S_i	debljina metalnih umetaka
h_i	visina metalnih umetaka
l_i	duljina uvlačenja metalnih umetaka
A_i	površina poluumetka
e	ekscentričnost između težišta lima i spoja glave
B_n	širina grede bez usjeka

σ_t	najveće kompresijsko opterećenje u drvu
σ_s'	najveće kompresijsko opterećenje u čeliku
σ_s	najveće vlačno opterećenje u čeliku
σ_{tm}	najveće opterećenje savijanja u drvu
$\tau_{max,hor}$	najveće tangencijalno i vodoravno opterećenje
$\tau_{max,vert}$	najveće tangencijalno i okomito opterećenje
$f_{v,d}$	otpornost na smicanje paralelno s vlaknom
$f_{v,rs,d}$	otpornost na smicanje okomito s vlaknom
$k_{c,90}$	parametar norme EC 1995 1-1

PRVI PRIMJER | NEPREKIDNI SPOJ

GEOMETRIJA PETLJE: GREDA I LIMOV

n_i	2 mm	B	200 mm
S_i	5 mm	H	360 mm
h_i	320 mm	B_n	182 mm
l_i	400 mm		
e	200 mm		

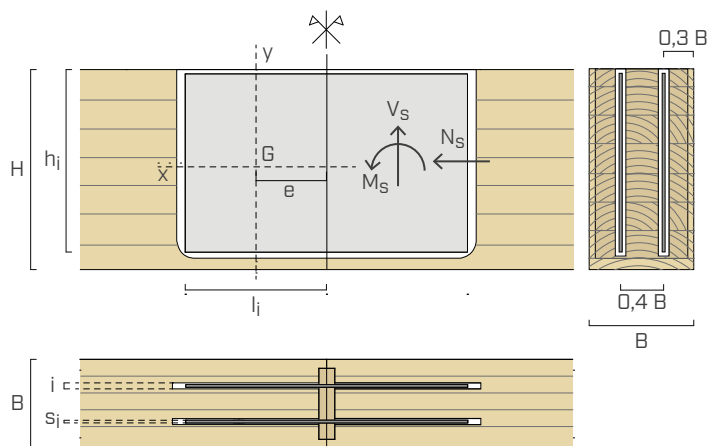
MATERIJALI I PODATCI O PROJEKTU

Razred čelika	S275
γ_{M0}	1
Razred drva	GL24h
k_{mod}	1,1
YM timber	1,3

Metalni umetci koju su ispijeskareni stupnjem SA2,5/SA3 (ISO8501).

UPORABA PROIZVODA XEPOX

Zaštita umetaka od oksidacije primjenom proizvoda XEPOX P. Uporaba ljepila XEPOX F ili XEPOX L.



ISPITIVANJA

M_d	primijenjeni projektni moment	54,3 kNm
-------	-------------------------------	----------

PROVJERA SPOJA GLAVE^{[1], [2]}

		% provjere
σ_t	10,6 MPa	53 %
$\sigma_{s'}$	185,8 MPa	68 %
σ_s	274,9 MPa	100 %

PROVJERA PRESJEKA DRVA BEZ USJEKA

		% provjere
σ_{tm}	14,1 MPa	70 %

PROVJERA NAJVEĆEG TANGENCIJALNOG OPTEREĆENJA NA KONTAKTNIM POVRŠINAMA^{[3], [4]}

		% provjere
J_p^*	$8,56 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$	
$\tau_{max,hor}^{(3)}$	1,7 MPa	57 %
$\tau_{max,vert}^{(3)}$	0,2 MPa	20 %
kombinirana provjera		60 %

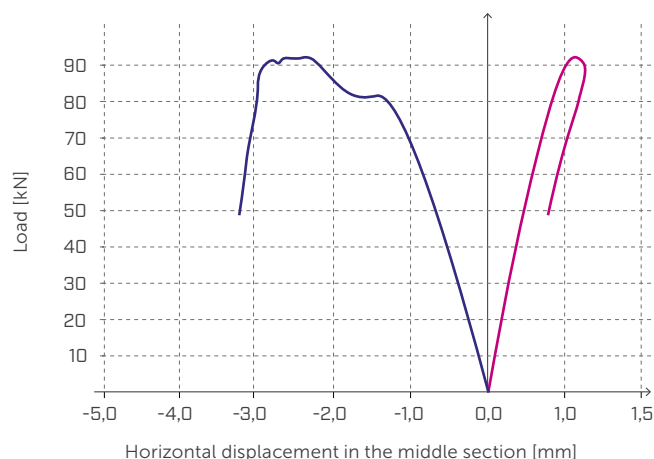
$M_d = M_{Rd}$	primijenjeni moment = predviđeni moment otpora	54,3 kNm
M_{TEST}	testni moment otpora	94,1 kNm
f	čimbenik prekoračenja otpornosti	1,7

GRAFIČKI PRIKAZ – POMICANJE

Okomito pomicanje koje su zategnute i nalaze se u središnjoj liniji letve.

Na grafičkom se prikazu navodi značajno pomicanje zategnutih vlakana čime se potvrđuje hipotetički izračun prema kojem drvo reagira na stlačivanje zajedno s metalnim umetcima pri čemu se neutralna os pomiče prema gore.

— GORNJA STRANA
— DONJA STRANA



DRUGI PRIMJER: KOLJENASTI SPOJ

GEOMETRIJA PETLJE: GREDA I LIMOV

n_i	2 mm	B	200 mm
S_i	6 mm	H	360 mm
h_i	300 mm	B_n	176 mm
l_i	568 mm	α_1	21,8 °
e	332 mm		

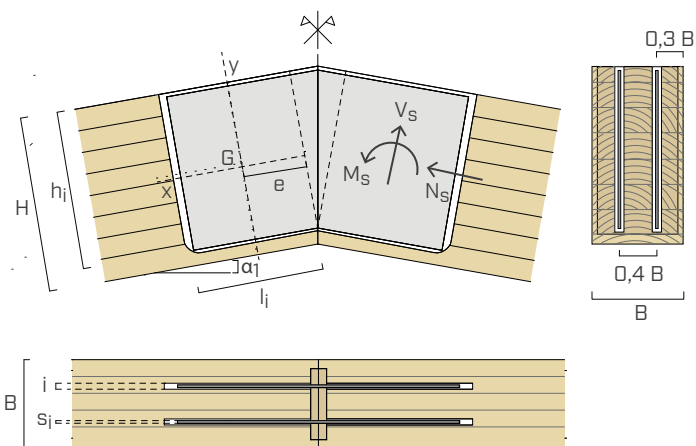
MATERIJALI I PODATCI O PROJEKTU

Razred čelika	S275
Y _{M0}	1
Razred drva	GL32c
k _{mod}	1,1
Y _{M timber}	1,3

Metalni umetci koju su ispijeskareni stupnjem SA2,5/SA3 (ISO8501).

UPORABA PROIZVODA XEPOX

Zaštita umetaka od oksidacije primjenom proizvoda XEPOX P. Uporaba ljepila XEPOX F ili XEPOX L.



ISPITIVANJA

M_d	primijenjeni projektni moment	63,5 kNm
----------------------	-------------------------------	-----------------

PROVJERA SPOJA GLAVE^{[1], [2]}

		% provjere
k_{c,90}^(A)	1,75	
σ_c	12,7 MPa	100 %
$\sigma_{s'}$	180,7 MPa	66 %
σ_s	262,0 MPa	95 %

PROVJERA PRESJEKA DRVA BEZ USJEKA

		% provjere
σ_t	16,7 MPa	62 %

PROVJERA NAJVEĆEG TANGENCIJALNOG OPTEREĆENJA NA KONTAKTNIM POVRŠINAMA^{[3], [4]}

		% provjere
J_p*	1,52*10 ¹² Nmm ²	
$\tau_{max,hor}$⁽³⁾	1,1 MPa	38 %
$\tau_{max,vert}$⁽³⁾	0,2 MPa	21 %
kombinirana provjera		43 %

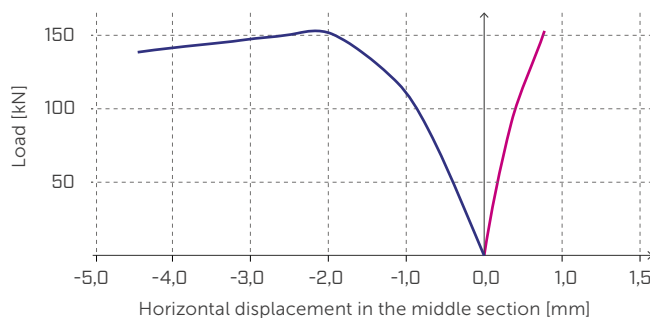
M_d = M_{Rd}	primijenjeni moment = predviđeni moment otpora	63,5 kNm
M_{TEST}	testni moment otpora	131,8 kNm
f	čimbenik prekoračenja otpornosti	2,1

GRAFIČKI PRIKAZ – POMIKANJE

Okomito pomicanje koje su zategnute i nalaze se u središnjoj liniji letve.

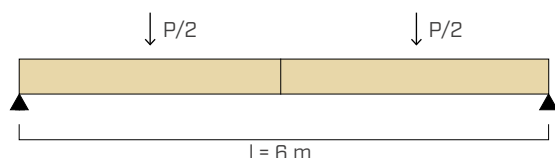
Na grafičkom se prikazu navodi značajno pomicanje zategnutih vlakana čime se potvrđuje hipotetički izračun prema kojem drvo reagira na stlačivanje zajedno s metalnim umetcima pri čemu se neutralna os pomiče prema gore.

— GORNJA STRANA
— DONJA STRANA



ČVRSTOĆA SPOJEVA

Trenutačnim spojevima rađenim ljepilom XEPOX ljepilom jamči se izvrsna čvrstoća spojenih elemenata. U prilog tome uspoređuju se vrijednosti strelica dobivenih analitičkim proračunima za razdvojenu gredu jednake svjetlosti, presjeka i opterećenja s eksperimentalnim podacima primjera 1. izračuna.



Za dobivanje referentne vrijednosti strelice iz dostupnih eksperimentalnih podataka treba se obaviti operativno opterećenje. Za njegovo postizanje moguće je razmotriti otporni moment od 54,5 kNm, izračunat za gredu iz 1. proračunskog primjera, što idealno odgovara maksimalnom prihvatljivom naprezanju u krajnjem graničnom stanju. Na temelju ovih podataka i dodjeljivanjem realne raspodjele opterećenja na gredi može se odrediti najveći moment naprezanja u stvarnosti koristeći se koeficijentima pojačanja opterećenja prema referentnoj normi.

Prema tome, primjenom pretpostavke da se dimenzionira ravan drveni pokrov po kojem se ne može hodati, određuju se sljedeća opterećenja.

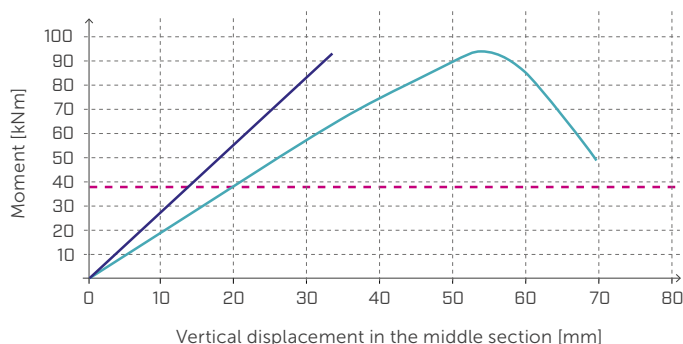
$$p = 1,5 \text{ kN/m}^2 ; q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

U ovoj je pretpostavci ukupno opterećenje, u najtežoj radnoj kombinaciji, približno 70 % opterećenja u krajnjem graničnom stanju.

Prema tome, maksimalni djelujući moment u radu jednak je $54,3 \times 0,7 = 38 \text{ kNm}$, čime je trenutačna strelica za razdvojenu gredu približno 13 mm, dok je strelica mjerena eksperimentalno 19 mm. Povećanje je vertikalnog pomicanja tijekom rada: $l / 1050$.

GRAFIČKI PRIKAZ MOMENTA- POMICANJE

- GREDA SA SPOJEM XEPOX
- NEPREKIDNA GREDA
- - - NAJVEĆI RADNI MOMENT



NAPOMENE:

^(A) $k_{c,90}$ je čimbenik kojim se modulira tlačna čvrstoća drva u odnosu na kut vlakno-čvrstoća u Hankinsonovoj formuli (EC 1995-1-1, točka 6.1.5). Međutim, formulom se ne uzima u obzir stabilizaciju drvenih vlakana ostvarena smolom kojom se ispunjavaju praznine drva; projektant ima mogućnost povećati taj čimbenik.

⁽¹⁾ Proračun presjeka obavljen je uzimajući u obzir elastične-linearne veze za sve materijale. Treba napomenuti da u slučaju aksijalnih i smičnih opterećenja treba provjeriti kombinaciju tih sila.

⁽²⁾ U ovom proračunu smatra se da jastučićem od smole omogućava potpuni kontakt presjeka kontaktnog dijela te stoga drvo može reagirati pod pritiskom. U slučaju nepostojanja jastučića preporučuje se provjeriti samo metalni umetak kao reagens primjenjivanjem formule s geometrijskim parametrima umetka:

$$f_{yd} \leq \frac{M_d}{\frac{B \cdot h^2}{6}}$$

⁽³⁾ Treba se napomenuti da ljepila XEPOX karakteriziraju značajne otpornosti na povlačenje i smicanje znatno veće od otpornosti koje nudi drveni materijal te ostaju nepromijenjene s vremenom. Iz tog razloga provjera torzijske čvrstoće kontaktnog dijela obavlja se samo procjenom drvene strane pri čemu se uzima u obzir sama provjera za ljepilo.

⁽⁴⁾ Smično naprezanje „ τ ” integracije ljepilo-čelik-drvo, koji se prenosi na drvo, izračunava se u najvećoj vrijednosti u slučaju paralelnog ili okomitog nagiba na drvena vlakna. Ova se naprezanja uspoređuju za smičnu otpornost drva i stoga na otpornost na posmičnu čvrstoću. Obavljenim se izračunom mora uzeti u obzir čimbenik prijevoznog momenta $M_{T,Ed}$ koji proizlazi iz naprezanja posmika ako postoji.

Napominje se da su izračuni obavljeni uzimajući u obzir vrijednosti k_{mod} i γ_M prema normi EN 1995-1-1 i γ_{M0} prema normi EN 1993-1-1.