

Stjepan Tkalec, Ivica Grbac, Silvana Prekrat

# Ispitivanje čvrstoće spajanja drvenih nosača ležaja kreveta

## Testing the joint strength of wooden rests on bed frames

*Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper*

*Primljeno-received: 02. 06. 1997. • Prihvaćeno-accepted: 11. 06. 1997.*

*UDK: 634\*836.1 i 812.791*

**SAŽETAK** • U članku su prikazani rezultati komparativnog ispitivanja čvrstoće spajanja drvenih nosača ležaja učvršćenih o stranice kreveta. Ispitivane su tri skupine uzoraka izrađenih od ploča iverica obloženih plemenitim furnirom debljine 18 mm, te površinski obrađene nitroceluloznim lakom. Nosači iz bukovine (*Fagus silvatica*, L.) učvršćeni su u prvom uzorku vijcima za drvo dimenzija  $\varnothing$  3x45 mm i ljepilom za lakirane površine. U drugoj skupini uzoraka učvršćeni su dvokrakim sponkama-klamericama dimenzija 2  $\varnothing$  1,3; 3x80 mm i ljepilom za lakirane površine. U trećoj skupini uzorci su učvršćeni moždanicima iz bukovine  $\varnothing$  8x32 mm. Ispitivanje uzoraka obavljeno je u laboratorijima Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Rezultati ispitivanja na statička i dinamička opterećenja pokazala su da za praktičnu primjenu najčvršće spojeve daju ulijepljeni moždanici, za koje je prosječna sila loma po veznom elementu iznosila 2 399 N, malo slabiju čvrstoću pokazali su uzorci s vijcima, i to ovisno o različitom rasporedu vijaka. Sile loma po vijku bile su u rasponu 1 471 N do 1695 N. Najslabije rezultate su pokazali uzorci sa sponkama-klamericama i ljepilom, koji su bili u rasponu od 925 N do 1 137,5 N. Isti uzorci podvrgnuti su ispitivanju dinamičkim opterećenjem pomoću udarnog tijela mase 50 kg, koje je slobodno padalo s visine 200 mm uz učestalost 1440 udaraca na sat. Uzorci su izdržali 22 218 udaraca do potpunog odvajanja nosača od stranice.

**Ključne riječi:** drvene konstrukcije, kreveti, čvrstoća spajanja ljepilom, povezivanje sponkama-klamericama, vijcima i moždanicima.

**SUMMARY** • The article presents the results of comparative research on the joint strength of wooden bed rests fixed to the bed sides. The test was done on three sample groups made of chipboards coated with fine 18 mm veneer and finished with nitrocellulose varnish. The beech (*Fagus silvatica*, L.) supports in the first sample were fixed with  $\varnothing$  3x45 mm screws and glue

Autori su redom: redovni profesor, izvanredni profesor, asistentica na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu  
Authors are a professor, an associate professor and an assitent, at the Faculty of Forestry of the Unviersity of Zagreb.

varnished surfaces. The second sample group had rests fastened with two-hand  $\varnothing 1.3$ ;  $8 \times 30$  staples and glue for varnished surfaces. The samples of the third group were joined with  $\varnothing 8 \times 32$  mm beech dowels. The testing was done in the labs of the Faculty of Forestry Zagreb University. The results of testing for static and dynamic load have revealed that the highest joint strength for practical use was achieved by glued dowels where the mean break force per joint unit was 2399 N. A slightly lower strength was displayed by the screwed samples, due to different screw positioning. The break force per screw ranged from 1471 N to 1695 N. The poorest results were achieved with the staple/glue samples ranging from 925 N to 1137 N. The same samples were tested on dynamic load by means of the 50 kg-mass falling down from a height of 200 m, with a frequency of 1440 blows/h. The samples endured up to 22,218 blows before the rests were separated from the sides.

**Key words:** wood constructions, beds, adhesive strength, joint- holding, strength, screw/dowel-holding strength

## 1. UVOD

### 1. Introduction

Cilj istraživanja konstrukcija namještaja jest poboljšanje konstrukcijskih rješenja sa stajališta racionalnog korištenja drvnih i nedravnih materijala, kao i njihovo oplemenjivanje u smislu povećanja kvalitete proizvoda.

Razina kvalitete ocjenjuje se prema stupnju normirane kvalitete. U praksi se ispituje ili ocjenjuje mali broj svojstava koja su određena standardima, a teoretska je mogućnost u izboru svojstava kojima možemo odrediti konstrukcijsko rješenje i razinu njegove tehničke kvalitete tako reći neograničena.

Jedan od oblika unapređenja konstrukcijskih rješenja jesu komparativna ispitivanja različitih inačica konstrukcijskih oblika, kojima je cilj značajno povećanje čvrstoće spojeva, povećanje produktivnosti rada i ušteda materijala.

U većini konstrukcija klasičnoga, kao i modernog kreveta nalazimo nosače podloga ležaja od drvenih letava relativno malih presjeka. Učvršćeni su o stranice čavlima ili sponkama, rijeđe su lijepljeni ili učvršćeni vijcima. Dosadašnja ispitivanja cjelovite konstrukcije kreveta, i to mehaničkim opterećivanjem ležaja, pokazala su da su nosači na stranicama slaba točka, te da se odvajaju od stranica, nakon čega ležaj pada. Radi nalaženja boljeg i čvršćeg spoja, proveden je pokus prikazan u ovom radu.

## 2. PROBLEMATIKA I CILJ RADA

### 2. Topic and aim of the research

Konstrukcije drvenih kreveta u kojih je ležaj s podlogom, okvirom ili podnicom

oslonjen na nosače učvršćene o stranice kreveta ispituju se na dinamička opterećenja simuliranjem uvjeta u upotrebi. Tako se pri određivanju izdržljivosti konstrukcije kreveta prema normi HRN.D.E8 210/85 posebno ispituje izdržljivost nogu, stranica kod uzglavlja i uznožja te nosivost konstrukcije na statičko opterećenje masom od 50 kg. Pri određivanju značajki elastičnosti i trajnosti kreveta prema normi HRN.D.E8.228/82, krevet se ispituje udarnim tijelom mase 50 kg do 130 000 ciklusa.

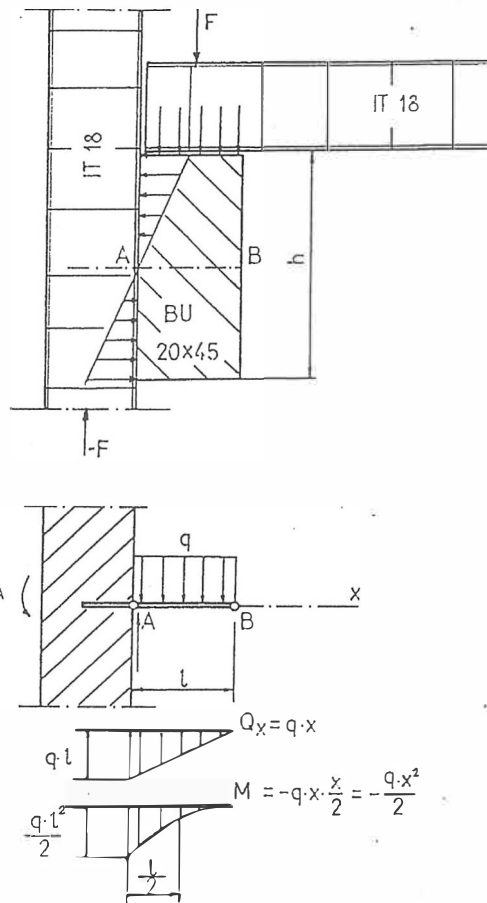
Ispitivanja u laboratoriju Šumarskog fakulteta u Zagrebu vršena su prema normi HRN.D.E8.210/85. Ispitivanjem se ustanovilo da se već pri 90 000 ciklusa drveni nosači učvršćeni sponkama (klamericama) u kombinaciji s PVAc ljepilom počinju odvajati od stranica. U tom smislu postavljen je zadatak ovog rada: na temelju šest konstrukcijskih rješenja učvršćenja nosača provesti pokus radi nalaženja najpovoljnijeg i tehnološki jednostavno provedivog rješenja, kao i sa stajališta kvalitete najčvršćeg spoja, koji će pri ispitivanju zadovoljiti i najviše zahtjeve kvalitete.

Ispitivanje opisano u ovom radu utemeljeno je na uobičajenim konstrukcijama kreveta sastavljenih od uznožja, uzglavlja i stranica s letvastim nosačima podloge za ležaj.

Načelo opterećenja nosača podloge ležaja može se usporediti s konzolom AB na slici 1. koja je na slobodnom dijelu opterećena jednoliko kontinuirano, opterećenjem  $q$ . Uklještenje se uspoređuje s učvršćenjem nosača - konzole o stranicu kreveta tehnikom povezivanja vijcima i sponkama, te spajanja PVAc ljepilom u uskoj gornjoj zoni.

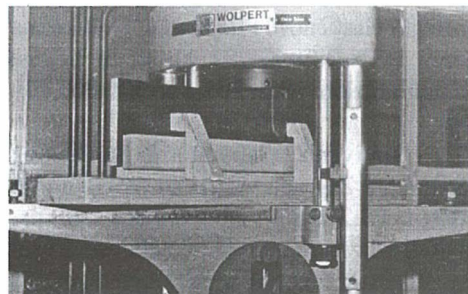
**Slika 1.**

Prikaz opterećenja nosača ležaja u usporedbi s opterećenjem konzole • Loaded bed support compared to a loaded console



**Slika 2.**

Uređaj za ispitivanje na statička i dinamička opterećenja • A device for static loading - left and dynamic loading - right. The position of a sample and loading device.



**3. MATERIJALI I METODA**  
**3. Materials and methods**

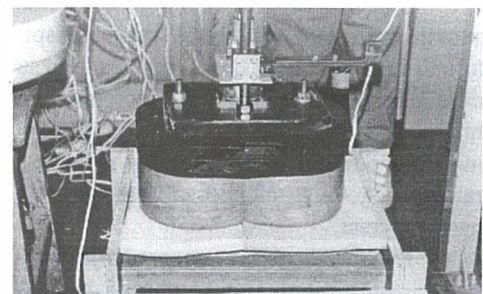
**3.1. Izbor konstrukcija za ispitivanje**  
**3.1. A choice of constructions for investigation**

Za statičko i dinamičko ispitivanje čvrstoće spoja nosač podloge i bočne stranice kreveta uzeto je šest skupina uzoraka s različitim načinom učvršćenja i to po 20 uzoraka u svakoj skupini. Uzorci se mogu svrstati u dvije skupine i tri podskupine s obzirom na raspored i broj veznih elemenata.

Prvu skupinu čine uzorci učvršćeni vijcima za drvo 3x45 mm iskazani na slici 3:

- 1.1. uzorak s dva vijka međusobnog razmaka 200 mm, u istom redu;
- 1.2. uzorak s tri vijka međusobnog razmaka 150 mm, u istom redu;
- 1.3. uzorak s tri vijka međusobnog razmaka 150 mm, u dva reda.

Drugu skupinu čine uzorci učvršćeni

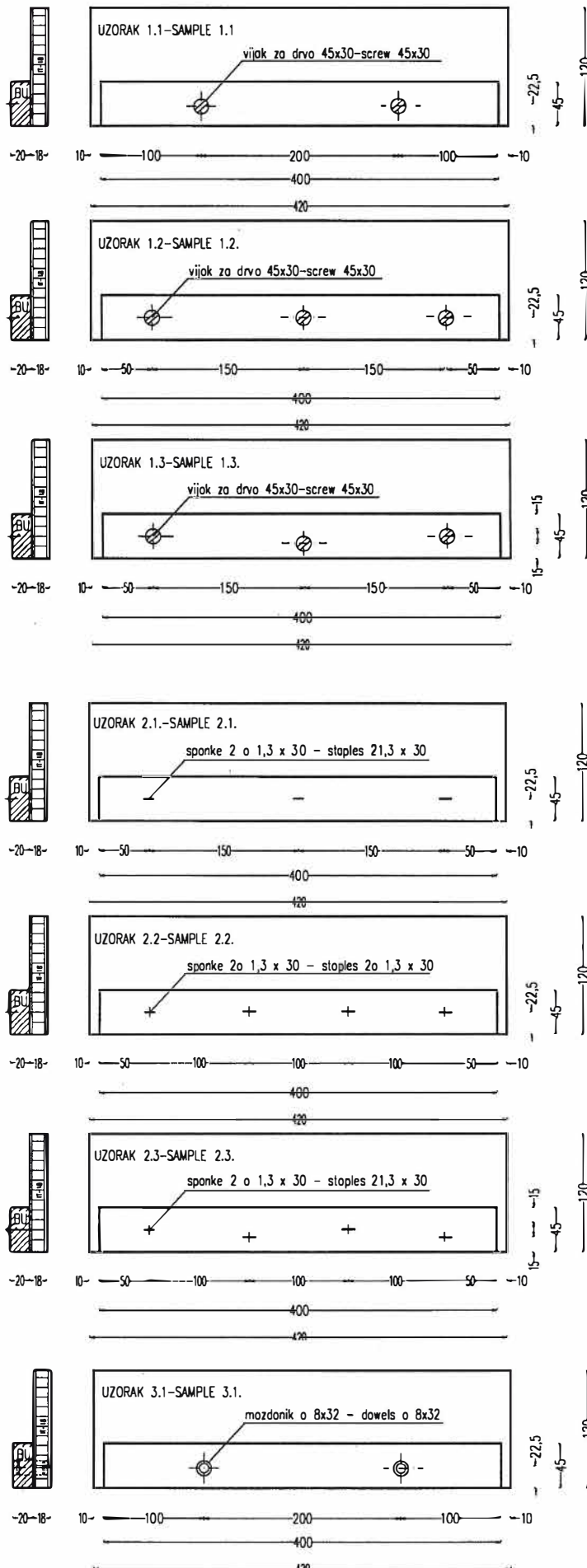


dvokrakim sponkama (klamericama) dimenzija  $\varnothing 1,3; 8 \times 30$  mm, prikazani na slici 4:

- 2.1. uzorak s tri sponke u istom redu;
- 2.2. uzorak s četiri sponke u istom redu, međusobno razmaknute 100 mm;
- 2.3. uzorak s četiri sponke u dva reda međusobno razmaknute oko 100 mm.

Treću skupinu čini uzorak 3.1. nosač koji je učvršćen moždanicima 8 mm, duljine 32 mm, predočen na slici 5.

Uzorci su izrađeni od oplemenjene iverice furniranom plemenitim furnirom, debljine 18 mm, lakirane bezbojnim nitro lakom. Na ivericu je nanoseno ljepilo, postavljena letvica nosač u koju su uvijeni vijci odnosno pneumatskim pištoljem zabijene sponke. Upotrijebljeno je ljepilo MITOLAK 3 911, Mitol, Sežana, na bazi PVAc smole i organskih otapala. Viskoznost ljepila pri 20 °C HRN H.K8.022 Brookfield) iznosila je



**Slika 3.**

Uzorci s nosačima učvršćenim o stranicu vijcima za drvo i ljepilom za lakirane površine • Samples with bed rests fixed on the sides with screws and glue for varnished surfaces

**Slika 4.**

Uzorci s nosačima učvršćenim o stranicu sponkama - klamericama i ljepilom za lakirane površine • Samples with bed rests fixed on the sides with clamps and glue for varnished surfaces

**Slika 5.**

Uzorak s nosačima učvršćenim o stranicu moždanicima i ljepilom na bazi PVAc smole (Drvofix extra) • Samples with bed rests fixed on the sides with glue based on the PVA resin (Drvofix - extra)





prospekta proizvođača sponki, vijaka i čavala. Približna vrijednost sile izvlačenja čavala može se izračunati prema izrazu:

$$F_i = A \cdot p \cdot \mu \cdot k_o \dots (N), \quad (2)$$

gdje je:  $A$  - površina čavla u drvu,  $\text{cm}^2$ ;  $p$  - specifični tlak drva na čavalo ovisan o vrsti drva i promjeru čavla u ( $\text{N}/\text{cm}^2$ );  $\mu$  - koeficijent trenja mirovanja (npr. za spoj suho čelik-drvo  $\mu = 0,65$ );  $k_o$  - koeficijent koji ovisi o obliku tijela i obradi (npr. glatki čavli kružnog presjeka imaju  $k_o = 1$ ).

Normirana ili standardna čvrstoća računana je, prema Ljuljki (2), izrazom:

$$\check{C}_s = \frac{\sum \check{C}_n}{n} - 2\sigma \quad (3)$$

gdje je  $\check{C}_n$  - čvrstoća uzorka;  $n$  - broj uzoraka;  $\sigma$  - standardna devijacija.

U praksi se često upotrebljava termin čvrstoća držanja čavala ili vijaka i dopušteno opterećenje čavala ili vijaka na izvlačenje, pri čemu je  $F_{i \text{ dop}} = F/A$  ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), a najvažniji je u položenih sastava.

Čavlani su vezovi jednostavni za izradu i primjenjuju se pri sastavljanju jednostavnih sklopova, i to najčešće sanduka, transportnih oboja, vrtnih ograda, letvanih konstrukcija i sl. Potrebno je naglasiti da po pravilu vijcima postizemo čvršće vezeve nego čavlima ili sa sponkama jednakih dimenzija.

Povećanjem promjera vijka povećava se i sila izvlačenja. Povećanje sile izvlačenja bez povećanja debljine vijka postiže se dvonavojnim maticama ili drugim ulošcima koji se upuštaju u drugi obradak.

## 4. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

### 4. Results and discussion

#### 4.1. Pregled rezultata ispitivanja

##### 4.1. A review of testing results

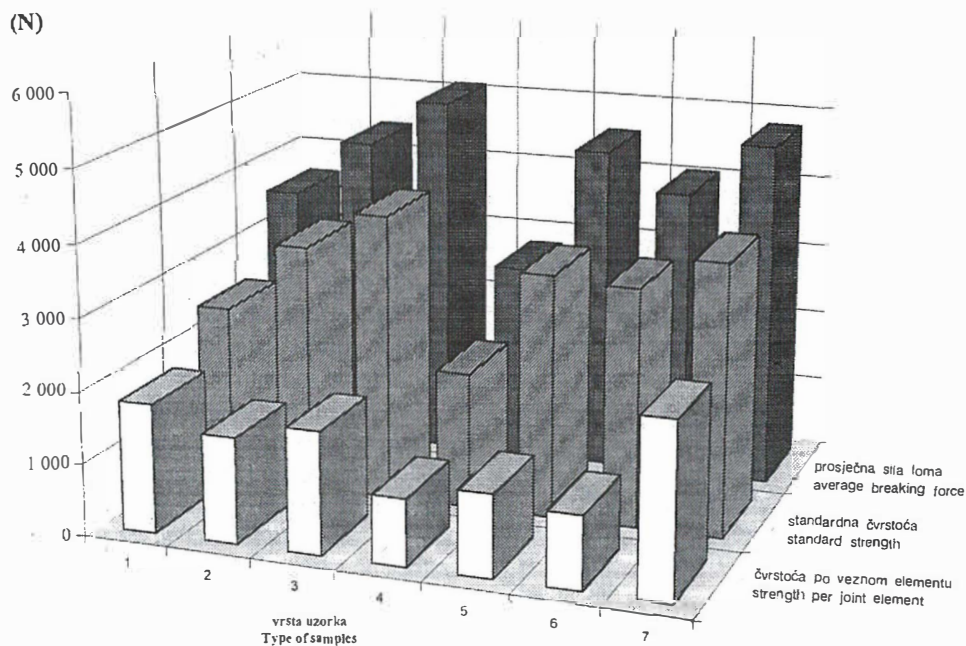
Rezultati ispitivanja čvrstoće spoja između nosača podloge i stranice kreveta učvršćenih vijcima prikazani su u tablici 1. i na slici 6. U tablici su iskazane sile loma svakog od uzoraka, te srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti, standardna devijacija, intervalna procjena, standardna čvrstoća i sila loma po veznom elementu.

##### Uzorci učvršćeni vijcima i ljepljom Glued joints reinforced by screws

Pri tom načinu spajanja variran je broj i raspored vijaka. Uzorci označeni s 1.1. izdržali su najmanju silu loma 3 599 N, ali i najveću čvrstoću po veznom elementu od 1 799,5 N. Uzorci s oznakom 1.2, poboljšani dodatkom vijka, pokazali su veću čvrstoću od 4 413 N, dok je čvrstoća po veznom elementu bila manja, 1 471 N. Uzorci s cikcak označeni s rasporedom vijaka, 1.3, imali su silu loma 5 085 N, a po veznom elementu 1 695 N.

##### Uzorci učvršćeni sponkama i ljepljom Glued joints reinforced by staples

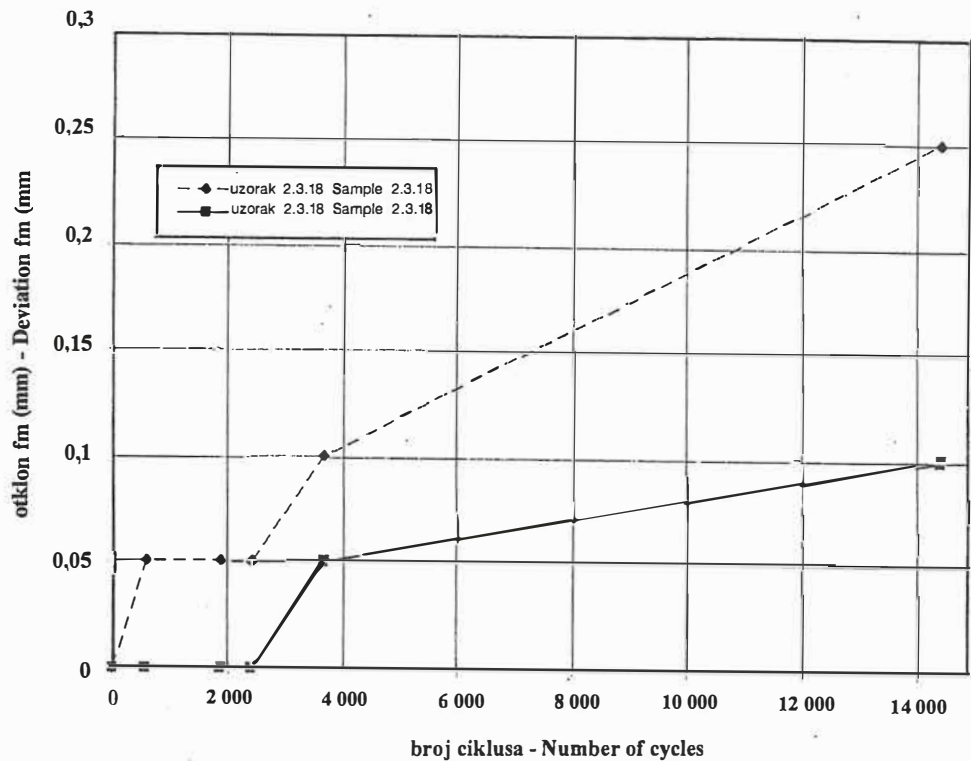
Na uzorcima je različit broj i raspored sponki. Takav način učvršćenja pokazao je najmanju čvrstoću 2 775 N i najmanju čvrstoću po veznom elementu 925 N. Poboljšanja na uzorcima s oznakom 2.2. pokazali su bolje rezultate. Sila loma bila im je 4 550 N, a po veznom elementu 1 137,5 N. Uzorci s oznakom 2.3. Pokazali su silu loma od 4 037 N odnosno 1 009,3 N.



Slika 6.  
Rezultati ispitivanja na statičko opterećenje •  
The results of static loading

Slika 7.

Rezultati ispitivanja na dinamička opterećenja za uzorke učvršćene sponkama • Results of dynamic loading of the stapled samples



Uzorci učvršćeni moždanicima i ljepilom  
Doweled and glued joints.

Pri tom načinu učvršćenja na uzorcima 3.1. sila loma iznosila je 4 698 N a sila loma po veznom elementu bila je najveća od svih uzoraka, 2 399 N.

Uzorci ispitivani dinamičkim opterećenjem  
Dynamic loading test

Uzorci učvršćeni sponkama i ljepilom na slici 7. pokusno su bili podvrgnuti dinamičkom ispitivanju i izdržali su do 22 218 ciklusa. Pri tom broju udaraca nosač se potpuno odvajao od stranica. Velik utjecaj na rezultat imalo je ljepilo, jer je nakon njegova popuštanja pod utjecajem impulsa sila vrlo brzo došlo do potpunog odvajanja. U međuvremenu se letvica vrlo malo odvajala od stranica. Rezultati su prikazani u tablici 2.

4.2. Diskusija o rezultatima rada  
4.2. Discussion on test results

Iz tablice 1. može se vidjeti da su uzorci s dva vijka, 1.1. pokazali najmanju srednju čvrstoću od 3 599 N, a najveću čvrstoću po veznom elementu, 1 799,5 N. Uzorci poboljšani dodatkom još jednog vijka pokazali su veću prosječnu čvrstoću, ali manju po veznom elementu, dok su uzorci s tri vijka u cikcak rasporedu vijaka pokazali najveću čvrstoću od 5 085 N i prihvatljivu čvrstoću po veznom elementu, 1 695 N. To nam kazuje da čvrstoća spoja raste s brojem vijaka, dok se čvrstoća po veznom elementu povećava s poboljšanim rasporedom, što znači da je raspored vijaka bitniji od njihovog broja. Nadalje, može se uočiti da je najslabiji spoj u uzorcima s tri sponke u redu. Srednja sila loma tog spoja je 2 775 N, a po sponki iznosi 925 N. Povećanjem broja sponki, povećava se ukupna čvrstoća i čvrstoća po veznom elementu, dok se promjenom njihova rasporeda ne postiže očekivano povećanje čvrstoće, već ona polako slabi. Iz svega toga proizlazi zaključak da čvrstoća spoja učvršćenog sponkama, kao i čvrstoća po veznom elementu, raste s povećanjem broja veznih elemenata, dok njihov raspored ne pridonosi bitno čvrstoći.

Usporedbom različitih veznih elemenata ovisno o njihovu rasporedu može se zaključiti da najveću čvrstoću imaju uzorci spojeni moždanicima. Isto se tako može uočiti da je u spojevima s moždanicima čvrstoća po veznom elementu najveća.

Povećavamo li broj veznih elemenata po jedinici duljine uzorka, što u spojeva s

Tablica 2.

Čvrstoća spoja na dinamička opterećenja na uzorcima učvršćenih sponkama • Joint resistance to dynamic tested on stapled samples

Dinamičko opterećenje Broj ciklusa Dynamic loading Number of cycles	Uzorak 2.3.18.	Uzorak 2.3.19.
	Otklon nosača od stranice; (mm) Deviation of Bed rests; (mm)	
0	0,00	0,00
560	0,05	0,00
1 850	0,05	0,00
2 400	0,05	0,00
3 650	0,10	0,05
14 380	0,25	0,10
22 218	lom - failure	lom - failure



moždanicama nismo činili, uočava se da je najveća ukupna čvrstoća kod sponke, a čvrstoća po veznom elementu za vijke. Ako pak mijenjamo raspored veznih elemenata, zamjećuje se da najveću ukupnu čvrstoću i čvrstoću po veznom elementu imaju cikcak raspoređeni vijci.

Iz tablice 1. vidljivo je da na čvrstoću spoja koji je lijepljen i učvršćen sponkama, jače utječe ljepilo nego sponke, zbog toga što se pri oslabljenju lijepljenog spoja letvica naglo odvojila od stranice. Naime, sponke nisu mogle održati spoj pri takvom intenzitetu dinamičkog opterećenja.

## 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

### 5. Conclusive thoughts

Iz provedenih ispitivanja statičke čvrstoće spoja nosača podloge i stranice kreveta može se zaključiti da bi za čvrst i kvalitetan krevet nosače ležaja trebalo učvrstiti u naizmjenično raspoređenim vijcima razmaknutim međusobno 150 mm, jer je najveća čvrstoća izmjerena upravo u tih uzoraka.

Najveću čvrstoću po veznom elementu pokazuju moždanici, pa ni ta mogućnost učvršćenja nije zanemariva. Naime, moždanici se rade od drva i njihova je izrada jeftinija od izrade vijaka.

Međutim, nije variran broj i raspored moždanika u uzorcima, pa ne znamo kakve bi rezultate dala ta ispitivanja. Također bi trebalo vidjeti kakvi bi bili rezultati za iste uzorke koji su odmah lijepljeni bez prethodnog lakiranja. Iako je primijenjeno ljepilo za lakirane površine, vjeruje se da bi rezultati bili bolji kada bi lijepljenje bilo izvedeno na površinama s kojih je uklonjen sloj laka.

Istraživanja dinamičkim opterećenjem već su prije provedena standardnom metodom, na Šumarskom fakultetu i to pri ispitivanju podloga ležaja. Tada se u nosača podloga učvršćenih vijcima odnosno sponkama nosač odvojio od stranice nakon

90 000 ciklusa. Nakon poboljšanja nosači podloga izdržali su 130 000 ciklusa pri standardnom, odnosno 131 000 pri nestandardnom ispitivanju. Ta su ispitivanja provedena na krevetima s podlogom i ležajem normalne veličine.

Za ovaj rad obavljena su nestandardna ispitivanja s jednim udarnim tijelom mase 50 kg, i to s visine od 200 mm na podlogu od masivnog drva i sa spužvom debelom samo 20 mm, radi prigušivanja udara. Uzorci sa sponkama izdržali su do 22 218 ciklusa pri učestalosti od 1 440 ciklusa na sat (svake 2,5 sekunde jedan udar). Nosač se odvojio od stranice u trenutku popuštanja spoja s lijepilom.

Ovaj rad ima i praktičnu vrijednost jer može pomoći proizvodnim tvrtkama da izrade kvalitetniji i čvršći krevet. Ekonomičnost primjene moždanika u odnosu prema vijcima ovisio je o raspoloživoj tehnologiji te se troškovi obiju metoda trebaju posebno analizirati.

## 6. LITERATURA

### 6. References

1. Goggel, M. 1981: Bemessung im Holzbau. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH
2. Ljuljka, B. 1978: Lijepljenje u tehnologiji finalnih proizvoda, skripta. Zagreb: Šumarski fakultet
3. Puzak, D. 1980: Okov i kvaliteta namještaja, zbornik radova "Istraživanja i razvoj u industriji namještaja" II dio. Zagreb: Šumarski fakultet, ZIDI s. 92-106.
4. Grbac, I. 1984: Istraživanje trajnosti i elastičnosti različitih konstrukcija ležaja, magistarski rad. Zagreb: Šumarski fakultet - Sveučilište u Zagrebu
5. Tkalec, S. 1985: Konstrukcije namještaja, skripta. Zagreb: Šumarski fakultet
6. Grbac, I., Ljuljka, B. 1986: Ispitivanje kvalitete podloga kreveta DEA. Zagreb: Šumarski fakultet, ZIDI, Zagreb
7. Grbac, I. 1988: Istraživanje kvalitete ležaja i poboljšanje njegove konstrukcije, disertacija. Zagreb: Šumarski fakultet
8. \*\*\* Norma HRN D.E2.210, HRN D.E2.228