

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Tomaž JEGLIČ

**UPOGIBNE LASTNOSTI LEPLJENCA
Z ZOBATIM LEPILNIM SPOJEM**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Tomaž JEGLIČ

**UPOGIBNE LASTNOSTI LEPLJENCA
Z ZOBATIM LEPILNIM SPOJEM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**FLEXIBILITY CHARACTERISTICS OF ADHESIVE WOOD JOINT
WITH TOOTHED ADHESIVE LAYER**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2008

Visokošolska strokovna diplomska naloga je bila opravljena na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja visokošolske diplomske naloge imenoval izr.prof.dr. Milana Šerneka ter recenzenta doc.dr. Sergeja Medveda.

Mentor : izr.prof.dr. Milan Šernek

Recenzent : doc.dr. Sergej Medved

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Tomaž JEGLIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*838.6
KG lepljenje lesa/lepilni spoj/zobati spoj/upogibna trdnost/modul elastičnosti
AV JEGLIČ, Tomaž
SA ŠERNEK, Milan (mentor)/MEDVED, Sergej (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2008
IN UPOGIBNE LASTNOSTI LEPLJENCA Z ZOBATIM LEPILNIM SPOJEM
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP XII, 34 str., 3 pregl., 13 sl., 10 vir., 55 pril.
IJ sl
JI sl/en
AI V letih sodelovanja z navtičnimi podjetji, ki izdelujejo in vgrajujejo pohištvo, smo opazili, da spoji na podbojih, ki jih vgrajujemo, ne prenesejo obremenitev vgradnje – pokajo. V predhodnih raziskavah pri mizarstvu Bobič d.o.o iz Novega mesta smo ugotovili, da problemi nastajajo že pri obdelavi lesa, kjer so spoji narejeni na zobati spoj. Proučevali smo vpliv lepila na mehanske lastnosti spoja oziroma na upogibno trdnost lepljenca z zobatim spojem. Uporabili smo masiven les smreke (*Picea abies*), macesna (*Larix europea*), rdečega merantija (*Shorea leprosula*), evropske češnje (*Prunus avium*) in hrasta – gradna (*Quercus petrae*). Les smo obdelali na dimenzijo 20x20x250 mm, ki je predpisana za 4 točkovni upogib po standardu EN 408. Za lepljenje smo uporabili več vrst lepil, ki so na slovenskem trgu: PVA-C RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus, PVA-C dvokomponentno Rakollit TM 80 + trdilec WS 1, PVA-C Titebond D3, AURO kazeinsko-hladno lepilo in PU lepilo Icema r 145/12. Ugotovili smo, da sta lepila RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus najbolj kakovostni in primerni za tako zahtevna lepljenja lesa.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*838.6
CX wood gluing/adhesive bondline/finger joint/modulus of rupture/modulus of elasticity
AU JEGLIČ, Tomaž
AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/MEDVED, Sergej (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2008
TI FLEXIBILITY CHARACTERISTICS OF ADHESIVE WOOD JOINT WITH TOOTHED ADHESIVE LAYER
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO XII, 34 p., 3 tab., 13 fig., 10 ref., 55 ann.
LA sl
AL sl/en
AB Through years of corporating and working with nautic factories, producing and building in furniture, we have noticed that doorjamb's junctions crack, because they can not stand the burdening, caused by building in. In a preceding research at joiner's Mizarstvo Bobič d.o.o. Novo mesto workshop we found out that the problems are taking shape through the treatment of the wood, where the junctions are toothed. To present how glue affects mechanical characteristics of the junction, respectively hardness, and how and where the mistakes are through treatement, preparing and on final sticking of the wood. The spruce (*Piceas abies*), larch (*Larix europea*), red meranti (*Shorea leplosula*), European cherry tree (*Prunus avium*) and oak tree (*Quercus petrae*) were used. The wood was cut under dimensions 20x20x250 mm, which are prescribed for 4-point bending test in occordance to EN 408. The following glues: PVA-C RAKOLL E-WB 0301 D3 and RAKOLL®-GXL-4 Plus, PVA-C two-composing Rakollit TM 80 + harder WS 1, PVA-C Titebond D3, AURO casein-cold glue and PU glue Icema r 145/12 , all avaiable on Slovenian market, were used. The glues RAKOLL E-WB 0301 D3 and RAKOLL®-GXL-4 Plus a of the best quality and appropriate for such a pretentious gluing.

KAZALO VSEBINE		str.
Ključna dokumentacijska informacija		III
Key words documentation		IV
Kazalo vsebine		V
Kazalo slik		VII
Kazalo preglednic		VIII
Kazalo prilog		IX
1	UVOD	1
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	DELOVNE HIPOTEZE	2
1.3	CILJI RAZISKAVE	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	PRAVILNA IZBIRA IN PRIPRAVA LEPILA	3
2.2	POLIMERIZACIJSKA LEPILA	4
2.2.1	Polivinilacetatna lepila	4
2.3	POLIURETANSKA LEPILA	6
2.3.1	Enokomponentna poliuretanska lepila	7
2.4	KAZEINSKA LEPILA	8
2.5	PRIPRAVA LESA ZA LEPLJENJE PO DOLŽINI	9
2.6	OPREMA ZA LEPLJENJE LESA PO DOLŽINI	12
3	MATERIALI IN METODE	13
3.2	MATERIALI	13
3.2.1	Evropska češnja	13
3.2.2	Smreka	14
3.2.3	Macesen	14
3.2.4	Hrast – graden	15
3.2.5	Meranti	16
3.2.6	Rakoll ®-GXL-4 Plus	16
3.2.7	Auro kazein – hladno lepilo	17
3.2.8	Rakoll E-WB 0301 D3	17

3.2.9	Icema R 145/12	18
3.3	METODE	20
3.3.1	Priprava vzorcev in dobava materialov	20
3.3.3	Ugotavljanje mehanskih lastnosti	21
4	REZULTATI	24
4.1	UPOGIBNA TRDNOST IN MODUL ELASTIČNOSTI	24
4.1.1	Preizkušanci zlepljeni z lepilom Rakoll E-WB 0301 D3	25
4.1.2	Preizkušanci zlepljeni z lepilom Rakoll ®-GXL-4 Plus	26
4.1.3	Preizkušanci zlepljeni z lepilom Auro kazein – hladnim lepilom	27
4.1.4	Preizkušanci zlepljeni z lepilom Icema R 145/12	28
4.1.5	Preizkušanci zlepljeni z lepilom Rakollit 80 + trdilec WS-1/15 %	29
4.1.6	Preizkušanci zlepljeni z lepilom Titebond III	30
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	31
5.1	RAZPRAVA	31
5.2	SKLEPI	32
6	POVZETEK	32
7	VIRI	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Skupinski klinasti čepi: A – z zatoplenjem, B – z zaobljenjem, C – z ostrim zaključkom	10
Slika 2: Vpliv geometrije klina na čvrstost spoja: A–vpliv kota α , B–vpliv zaobljenja	11
Slika 3: Velikost vzorca in dimenzije zobatega spoja	21
Slika 4: Štiri točkovni upogib po standardu SIST EN 408	22
Slika 5: Naprava za štiri točkovni upogib, Zwick	23
Slika 6: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3	25
Slika 7: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom RAKOLL® GXL-4	26
Slika 8: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom AURO kazein – hladnim lepilom	27
Slika 9: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom ICEMA R 145/12	28
Slika 10: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom RAKOLLIT 80 + TRDILEC WS-1/15 %	29
Slika 11: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom TITEBOND III ...	30
Slika 13: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z AURO kazeinskim lepilom	18

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razvrstitev plastomernih lepil za les	3
Preglednica 2: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti in modula elastičnosti pri različnih drevesnih vrstah zlepljenih z izbranimi lepili	24
Preglednica 3: Koeficient variance pri različnih drevesnih vrstah zlepljenih z izbranimi lepili	25

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga B: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljene z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga C: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga D: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljenega z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga E: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga F: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljenega z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga G: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga H: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljenega z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga I: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga J: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3
- Priloga K: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus
- Priloga L: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus
- Priloga M: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus
- Priloga N: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus
- Priloga O: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga P: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga Q: Rezultati testiranja preizkušancev macesna lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga R: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga S: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga T: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga U: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga V: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga W: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga X: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga Y: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga Z: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga AA: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga BB: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga CC: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga DD: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga EE: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Priloga FF: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Priloga GG: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

- Priloga HH: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z AURO kazeinskim lepilom
- Priloga II: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z AURO kazeinskim lepilom
- Priloga JJ: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z AURO kazeinskim lepilom
- Priloga KK: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z AURO kazeinskim lepilom
- Priloga LL: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z AURO kazeinskim lepilom
- Priloga MM: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z AURO kazeinskim lepilom
- Priloga NN: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga OO: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga PP: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga QQ: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga RR: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga SS: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga TT: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga UU: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga VV: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1
- Priloga WW: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

Priloga XX: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga YY: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga ZZ: Rezultati testiranja preizkušancev iz meranti zlepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga AAA: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga BBB: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga CCC: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Titebond D3

1 UVOD

Les lepimo iz različnih vzrokov in za različne namene. Z lepljenjem lahko izboljšamo fizikalne in mehanske lastnosti proizvoda, povečamo dimenzije in izkoristek ter razširimo možnost uporabe lesa za različne namene. Les lahko lepimo širinsko, debelinsko, dolžinsko, ploskovno itd. (npr. proizvodnja ivernih in vlaknenih plošč). Nekateri načini lepljenja so znani že več tisoč let, medtem ko je lepljenje lesa po dolžini z zobatim spojem staro samo nekaj desetletij. Sodobne tehnologije lepljenja in težnja po čim večjem izkoristku ter izboljšanju kvalitete proizvodov so glavni razlogi za čedalje pogostejšo uporabo dolžinsko lepljenega lesa.

Les, ki je lepljen po dolžini, se uporablja v večjih lesnih sortimentih, kot so lepljeni nosilci, elementi za gradbene konstrukcije, elementi za različne okvirje in masivne plošče. Lamele v lepljenih nosilcih so dolžinsko spojene, saj je za večje dolžine nemogoče zagotoviti lamele brez napak in ustrezne dolžine. Večje napake in nepravilnosti moramo izžagati oziroma izločiti, krajše (vendar kvalitetne) dele lamel pa moramo nato ponovno spojiti v ustrezno dolžino.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Osnovni cilj lepljenja in dolžinskega spajanja je zagotoviti trden in trpežen lepilni spoj, ki bo sposoben prenašati obremenitve med uporabo in v določenih klimatskih pogojih. Kvaliteten lepilni spoj je mogoče doseči z ustrezno izbiro in pripravo lepila ter pravilnim postopkom lepljenja. Posebno zahtevno je lepljenje proizvodov, ki so namenjeni ekstremnim pogojem uporabe, kot je na primer ladijsko pohištvo iz lepljenega lesa. Obremenitve takih lepilnih spojev so zelo raznolike, pogoji uporabe pa zelo variabilni.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predpostavljamo, da bodo rezultati raziskave omogočili izbiro primerne lepila, ki bo sposobno kvalitetno dolžinsko zlepliti lamele z zobatim spojem. Predvidevamo, da so za taka lepljenja primerna vodo odporna lepila. Menimo, da je postopek dolžinskega spajanja lesa z zobatim spojem bistveno boljši od klasičnega lepilnega spoja na topi spah ali spoja na utor in pero, predvsem zaradi večje lepilne površine zobatega spoja.

1.3 CILJI RAZISKAVE

Osnovni cilj te raziskave je ugotoviti trdnost zobatega lepilnega spoja in proučiti dejavnike, ki vplivajo na kvaliteto lepljenja. Ugotoviti želimo upogibno trdnost in modul elastičnosti preizkušancev iz različnih vrst lesa, ki bodo zlepljeni z različnimi lepili. Na osnovi teh rezultatov bo mogoče izbrati primerno lepilo in vrsto lesa, ki bosta zagotavljali ustrezno trdnost dolžinsko spojenih proizvodov, namenjenih za izdelavo ladijskega pohištva.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PRAVILNA IZBIRA IN PRIPRAVA LEPILA

Cilj vsakega lepljenja je zagotoviti kvaliteten lepilni spoj glede na pogoje uporabe lepljenega proizvoda. Izbira lepila je pri tem ključnega pomena, saj imajo lepila različno sestavo in lastnosti. Izbira lepila poleg tega pogojuje še tehnološki postopek lepljenja in posebne zahteve, kot so na primer hitrost utrjevanja, način dela. Lepila za lepljenje lesa, ki ga uporabljamo za ladijsko pohištvo, morajo izpolnjevati določene zahteve.

Od lepil za lepljenje ladijskega pohištva se zahteva predvsem visoka trdnost in trajnost lepilnega spoja. Za lepilne spoje, ki niso neposredno izpostavljeni vodi, ekstremni vlažnosti in temperaturi, lahko uporabljamo polimerizacijska lepila (npr. polivinilacetatna), ki dajejo spoju visoko elastičnost in čvrstost. Ta lepila spadajo med plastomerna lepila, delimo pa jih v štiri trajnostne razrede (Preglednica 1).

Preglednica 1: Razvrstitev plastomernih lepil za les

Trajnostni razred	Področje uporabe in primer klimatskih pogojev
D1	Notranja uporaba, kjer ravnovesna vlažnost lesa manjša od 15 %.
D2	Notranja uporaba, z občasnimi kratkotrajnimi izpostavitvami kondenzirani vodi in/ali občasni visoki relativni zračni vlagi , kjer je ravnovesna vlažnost lesa manjša od 18 %.
D3	Notranja uporaba, s pogostimi kratkotrajnimi izpostavitvami tekoči ali kondenzirani vodi in/ali visoki relativni zračni vlagi. Zunanja uporaba v pokritih prostorih.
D4	Notranja uporaba, s pogostimi dolgotrajnimi izpostavitvami tekoči ali kondenzirani vodi. Zunanja uporaba, kjer so izdelki izpostavljeni neposrednim vremenskim vplivom, vendar morajo biti površinsko zaščiteni.

2.2 POLIMERIZACIJSKA LEPILA

Polimerizacijski produkti so že dolgo znani in se pogosto uporabljajo za lepila, ki so lahko v obliki lepilnih raztopin, disperzij in lepilnih filmov. Pri razvoju teh lepil je bila posebna pozornost posvečena pripravi takšnih lepil, ki nimajo škodljivih vplivov na zdravje ljudi in so ekološko sprejemljiva. Tudi cena teh lepil je relativno nizka, kar je razlog za široko uveljavitev teh produktov v lesni industriji. Predvsem polivinilacetatna lepila se izmed polimerizacijskih lepil pri lepljenju lesa uporabljajo najpogosteje. Poleg teh so v nadaljevanju predstavljena še druga lepila, ki smo jih uporabili pri raziskavi.

2.2.1 Polivinilacetatna lepila

Polivinilacetatna (PVA) lepila sodijo v skupino termoplastnih oziroma plastomernih sintetičnih lepil. Na trgu se pojavljajo kot čista in modificirana, kot homo- ali kopolimeri ter različnih viskoznosti. Prva zabeležena informacija v zvezi s temi lepili je patent za izdelavo vinilacetata v Nemčiji leta 1912 (Resnik, 1989). Ni pa znano, kdaj je bila opravljena prva polimerizacija vinilacetata v polivinilacetat. V letih med 1915 in 1925 so intenzivno proučevali proste radikale, ki so osnova za polimerizacijo. Leta 1930 je bil polivinilacetat že poznan kot trgovski izdelek. Močan razvoj proizvodov na temelju polimerizacije je zabeležen med drugo svetovno vojno na področju barvil, lepil in različnih termoplastnih materialov. Danes je na voljo širok spekter PVA lepil za različne namene in zahteve lepljenja.

Osnovni surovini za izdelavo vinilacetata sta acetilen ($\text{HC}\equiv\text{CH}$) in očetna kislina (CH_3COOH) (Resnik, 1989):



acetilen očetna kislina

vinilacetat

Zaradi naraščanja cen električne energije in energetske zahtevne izdelave kalcijevega karbida so razvili petrokemično metodo, ki se danes vse bolj uporablja. Po tej metodi je določena osnova za izdelavo acetilena in očetne kisline etilen. Acetilen pridobivajo z izločitvijo vodika iz etilena, očetno kislino pa z oksidacijo etilena v acetaldehid in dalje v očetno kislino.

Glede na stopnjo polimerizacije je lahko produkt le-te disperzija, emulzija ali trdna snov. Za lepila so primerne disperzije, ki vsebujejo okoli 60 % smole. Že majhna količina vode to disperzijo močno razredči, zato se giblje dodatek vode od 5 do 10 %. Vodne disperzije PVA lepil so pogosto modificirane z drugimi polimeri, plastifikatorji in drugimi lepili. PVA lepila popularno imenujemo hladna ali bela lepila.

PVA lepila so primerna za hladna, topla in vroča lepljenja. So enostavna za pripravo in uporabo. Izteklo lepilo pri lepljenju lahko očistimo z vodo ali organskimi topili. PVA lepila dajejo trdne in elastične spoje. Ne obrabljajo obdelovalnega orodja, odporna pa so proti mikroorganizmom. So univerzalna, saj poleg lesa lepijo tudi usnje, nekatere kovine, porcelan in plastične mase.

Pomanjkljivost PVA lepil je njihova termoplastnost, ki je odvisna od stopnje polimerizacije. PVA lepila se omehčajo pri temperaturi od 60 do 120 °C. Lepila v vodi nabrekajo, občutljiva so tudi na kisline in luge. Pri lepljenju v hladnem imajo kratek vmesni čas, kar predstavlja nevarnost za oblikovanje kože, ki prepreči kvalitetno lepljenje (slaba omočitev nasprotne lepilne površine). PVA lepila imajo kisel PH in obarvajo nekatere vrste lesa. Imajo pa tudi neugodno lezenje.

Na splošno za PVA lepila velja, da morajo imeti za lepljenje trdih lesov več suhe snovi, za izboljšanje penetracije pri lepljenju smolnatih in oljnatih lesov pa jim je potrebno dodati sredstva za omočenje ali topila. V osnovi so ta lepila primerna za lepljenje materialov, ki vsebujejo celulozo. Lepljenje lesa z gumo, sintetičnimi materiali in kovinami pa zahteva posebno pripravo lepila.

Za lepljenje s PVA lepila mora biti površina lepljenca ravna in gladka. Viskoznost lepila mora biti prilagojena načinu nanosa, ki znaša od 120 do 200 g/m². Vlažnost lesa naj bo med 5 in 12 %, tlak lepljenja pa od 2 do 15 barov.

PVA lepilo ima v dobro zaprti embalaži razmeroma dolgo dobo uskladiščenja. Če lepilo v slabo zaprti embalaži prelijemo z vodo, mu podaljšamo čas uporabe. Lepilo ne sme zmrzniti. Pri uporabi je potrebno upoštevati navodila proizvajalca.

Zaradi temoplastnosti lepila pomeni že daljša izpostavljenost spoja temperaturi 40 °C njegovo delno omehčanje. To lastnost lepila popravljajo z dodajanjem snovi, ki zavirajo mehčanje. To so npr. kalcijev karbonat in različne termoneplastne smole. Ob teh dodatkih pa lepilo izgubi nekatere svoje dobre lastnosti.

Ultravijolična svetloba ne vpliva na lastnosti PVA spoja, mogoče pa je, da na to svetlobo niso odporni nekateri dodatki v lepilu. Ta problem rešujejo z dodajanjem UV absorbentov.

Voda in topila povzročijo ob daljšem delovanju razkroj lepilnega spoja. PVA lepilo je posebno neodporno proti topilom za polimere (ketoni, estri in aromatski ogljikovodiki). To lastnost je mogoče nekoliko popraviti z dodajanjem posebnih kemikalij (kromov nitrat) ali termoneplastnih smol (fenol-, melamin- ali resorcinol-formaldehidnih). PVA lepila so občutljiva na povišano vlažnost.

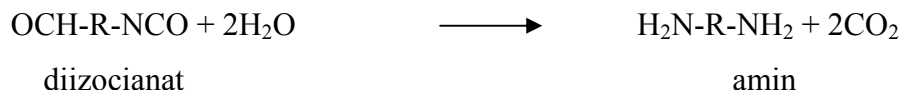
V osnovi mikroorganizmi ne uničujejo PVA lepilnega spoja. Mogoče pa je, da proti mikroorganizmom niso odporni nekateri dodatki v lepilu. Razpad lepilnega spoja pomeni tudi odpiranje poti mikroorganizmom v sam proizvod. Odpornost spoja povečajo z dodajanjem ustreznih zaščitnih sredstev.

2.3 POLIURETANSKA LEPILA

Poliuretanska lepila nastanejo z reakcijo poliadicije. Za razliko od polimerizacije ali polikondenzacije se pri poliadiciji majhne molekule vežejo na velike molekule, ob tem ne nastajajo vzporedni produkti, kot na primer voda ali formaldehid.

2.3.1 Enokomponentna poliuretanska lepila

Osnova za utrjevanje teh sistemov, pri katerih odpade zahtevno doziranje komponent, so OH skupine lesa in vodnih molekul, ki omogočajo zamreženje izocanatnih komponent. Druga komponenta pri teh lepilih je voda.



Za zagotovitev ustrezne kvalitete lepilnega spoja uporabljajo v primeru enokomponentnih poliuretanskih lepil delno zamrežen prepolimer. Utrjevanje takega lepila poteka izključno zaradi vpliva vlage, zato se zahteva minimalno relativna zračna vlaga 40 %. Pred uporabo moramo tem lepilom preprečiti stik z vlago ali vodo.

Pri polimerizaciji se molekule medsebojno spojijo preko ogljikovih atomov, medtem ko si s poliadicijo se molekule spajajo preko heteroatoma (na primer preko atoma kisika, dušika itd.). Poliuretani so proizvodi, ki se pridobivajo kot rezultat sopolimerizacije izocianata s polihidroksilom, ki se nahajajo v sklopih z najmanj dvema hidroksilnima skupinama v molekuli (Backović, 1996).

Izocianatna skupina $\text{N}=\text{C}=\text{O}$ se lahko združuje s premikajočim atomom vodika hidroksilne skupine v molekuli brez stranskih produktov. Namesto večatomnih alkoholov se lahko koristijo tudi poliestri, ki imajo na kraju molekule hidroksilne skupine. Surovina za pridobivanje poliuretanskih lepil je najpogostejše heksametilendiizocianat in butandiol.

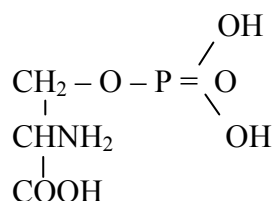
Poliuretanska lepila se lahko dobijo neposredno z reakcijo diizocianata in alkohola. V procesu sodeluje tudi monoklorbenzol, ki služi kot topilo. Poliuretani so prisotni tudi v proizvodnji elastičnih gobastih materialov, sintetičnih kavčukov, lepilih, materialih površinske obdelave, sintetičnih vlaknih itd.

Poliuretanska lepila se uporabljajo za lepljenje kovinskih materialov na nekovinske, za lepljenje stekla, tekstila, lesa itd. Lahko pa se uporabljajo tudi za lepljenje istovrstnih

materialov med sabo. Spoji zlepljeni s temi lepili imajo visoko čvrstost in obstojnost pri izpostavljenosti težjim vremenskim vplivom.

2.4 KAZEINSKA LEPILA

Aktivna mešanica v kazeinskih lepilih je kazein, ki ga najdemo v kravjem mleku. Kazein je spojena beljakovina (fosforja – piretroida). Njegov model je narejen iz več molekul aminokislin in fosforne kisline (H_3PO_4). Fosforna kislina je vezana na aminokislino na sledeč način (Backović, 1996):



Na ostanku fosforne kisline sta ostala še dva vodikova atoma. Le-ta se lahko zamenjata s kovinami. V tem primeru kazein z bazami gradi soli kazeinate (Backović, 1996):



V zgornji formuli X označuje neko kovino (npr. Na, K).

Kazein se združuje pri segrevanju, lahko pa se iz mleka izloči z dodatkom kisline (kisli kazein), ali delovanjem lab fermanata. Lab ferment je ferment, ki se nahaja v želodcu živali – posebno govedi. Ta ferment ima sposobnost, da sesiri mleko, kar pomeni, da iz tekočega mleka izloči kazein v obliki kalcij kazeinata. Kazein v suhem stanju izgleda kot bel droben prašek, ki se v čisti vodi raztopi. Natriju, kaliju in kalciju dajejo kazeinati skupaj z vodo koloidne raztopine. Z izgubo vode te koloidne raztopine želirajo. Pri natriju in kalij-kazeinatu je želiranje reverzibilno, pri kalcij-kazinatu je ireverzibilno (Backović, 1996). Najenostavnejše kazeinsko lepilo dobimo z mešanjem kazeina s kalcijevim hidroksidom $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in vodo v razmerju 7 : 3 : 30. Na ta način nastaja koloidna raztopina

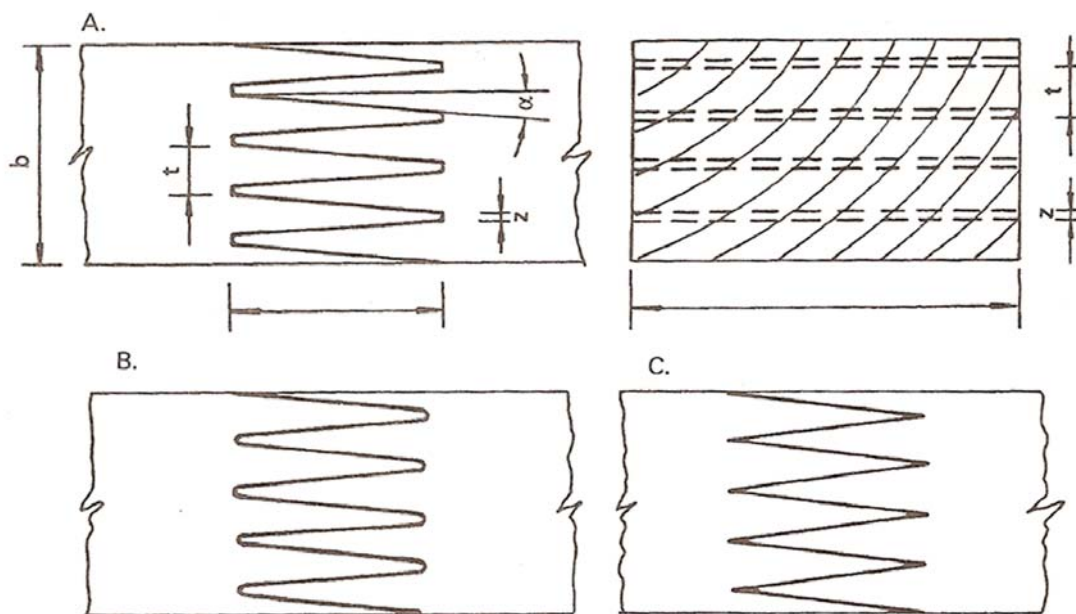
kalcij-kazeinata. Tako dobljena raztopina ni stabilna, zato je potrebno kmalu po pripravi lepilne mešanice lepilo porabiti.

V trgovini dobimo kazeinska lepila najpogosteje v prašni obliki, zato imajo daljši rok uporabe, vendar morajo biti skladiščena v suhem in hladnem prostoru. Kazeinska lepila dajejo lepilnim spojem visoko trdnost in relativno visoko vodoodpornost. Utrjevanje lepila poteka po fizikalno kemijskem postopku, z izhlapevanjem vode iz lepilne mešanice, ki v procesu utrjevanja difundira v les, ter s kemijsko reakcijo.

Proces utrjevanja je ireverzibilen. Ko lepilo utrdi, se ne more več omehčati ali stopiti pod kakršnim koli vplivom. Kazeinska lepila so toksična in so za razliko od glutinskih bolj odporna proti mikroorganizmom in insektom. Spoji, zlepljeni s kazeinskimi lepili, so dobro odporni proti dolgotrajnim vibracijam. Pri uporabi teh lepil je potrebno vedeti, da ob prisotnosti tanina lepilni spoji potemnijo.

2.5 PRIPRAVA LESA ZA LEPLJENJE PO DOLŽINI

Lepljenje lesa po dolžini je uveljavljen tehnološki postopek, ki obsega različne operacije. V splošnem je potrebno iz ustrezno posušenega lesa izločiti vse neželene napake, nato izdelati ustrezen zobati spoj, nanesti lepilo in ob ustreznih parametrih lepljenja spojit krajše kose v dolžino končnega elementa. Les, ki ga lepimo po dolžini, mora imeti vlažnost od 8 do 12 %. Pri tem je potrebno paziti, da vlažnost med sosednjimi elementi ne odstopa za več kot ± 2 %. Les za lepljenje po dolžini je potrebno po ustreznem sušenju še kondicionirati, tako da se sprostijo notranje napetosti in izenači vlažnost. Za kvaliteto spoja po dolžini, visoko čvrstost in dolgo obstojnost čvrstega lepilnega spoja je zelo pomembna geometrija elementov spoja (slika 1).



Slika 1 : Skupinski klinasti čepi: A – z zatopenjem, B – z zaobljenjem, C – z ostrim zaključkom (Backović, 1996)

Rezultati mnogih raziskovanj so pokazali, da je dosežena največja čvrstost pri spojih, kjer so vrhovi oziroma dna topi v radiju približno 2 mm. Geometrijski parametri spoja so:

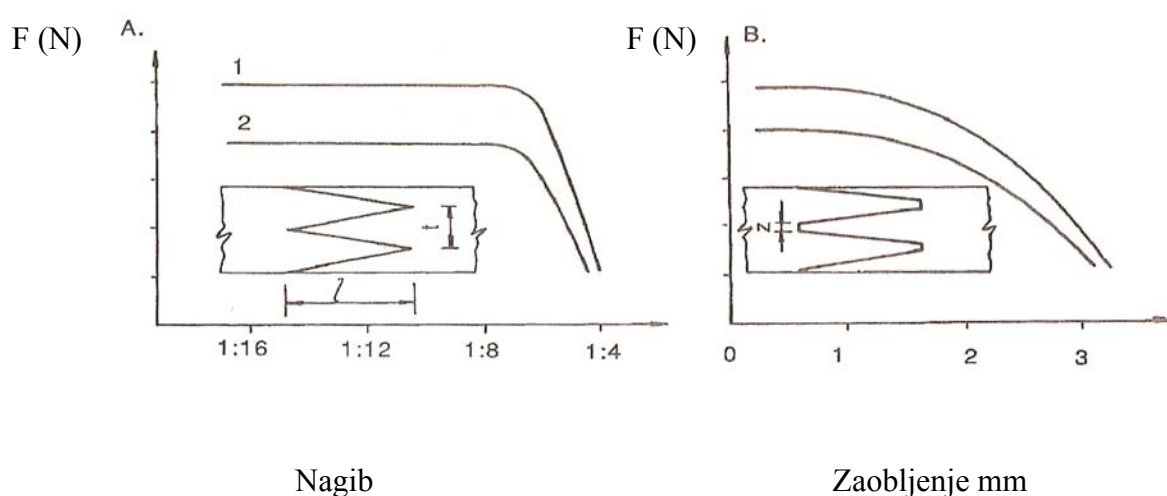
- dolžina čepa l ,
- zaobljenost zoba z ,
- korak čepa t ,
- nagib čepa α ,
- stopnja ozobljenja $v = z/t$.

Ti parametri zobatega spoja so odvisni od obremenitev katerim bo izpostavljen (visoko ali srednje). Po DIN standardu 68140 - 1 (1998) morajo biti elementi čepa naslednji: dolžina $l = 7,5\text{--}60$ mm, razmak med zobmi $t = 2,5\text{--}15$ mm, širina konice zoba $z = 0,2\text{--}2,7$ mm in stopnja ozobljenja $v = 0,008\text{--}0,18$.

Po DIN standardu 68140 se za visoke obremenitve predvideva, stopnja ozobljenja v je v razmehu $\leq 0,18$; dolžina $l \leq 10$; kot zoba α je v razmerju z debelino $1:8$ to je okoli ($7,5^\circ$) in za srednje obremenitve: stopnja ozobljenja $v \leq 0,10$; dolžina $l \leq 10$; $\alpha = 1:7,6$ do

$\alpha = 1:8$ ($7,5^\circ$ – $7,1^\circ$). Rezultati testov so pokazali, če je zaobljenje zoba večje od 10% celotne širine, potem so spoji slabši.

Nagib čepa je dokaj pomemben, ker vpliva na velikost površine pri lepljenju in na način prereza vlaken po dolžini. S tem dosežemo odpiranje kapilarnih cevi (por), s tem pa neposredno vplivamo na trdnost in čvrstost spoja (boljša penetracija lepila). Zaradi tega pogosto predhodno izračunamo dolžino zoba in kota ter korak čepa. Čvrstost spoja odvisna predvsem od vrste lesa kot tudi lepila, kvalitete stiskanja spoja, ter od nagiba in zaobljenja (slika 2).



Slika 2: Vpliv geometrije klina na čvrstost spoja: A – vpliv kota α , B – vpliv zaobljenja z (Backović, 1996)

Z izdelavo različnih zobatih čepov lahko vplivamo na njihovo geometrijo, pri čemer se lahko lepilna površina dokaj poveča. Površino čepa izračunamo po formuli:

$$A = a \cdot l^2 \cdot n \cdot z \quad \dots(1)$$

Pri čemer je:

A – površina lepljenja (m^2),

l – dolžina čepa (m),

a – širina čepa (m),

n – število čepov ,

z – zaobljenje (m).

2.6 OPREMA ZA LEPLJENJE LESA PO DOLŽINI

Oprema za lepljenje lesa po dolžini je sestavljena iz strojev za izdelavo čepov, za nanos lepila in naprav, za stiskanje po dolžini in debelini. Izdelava in lepljenje čepov se izvaja v dveh ločenih tehnoloških fazah, ki ju sestavljajo:

- avtomatski ali polavtomatski stroji za razžagovanje in dimenzioniranje lesa na dolžino in širino, izrezovanje napak in izdelavo čepov,
- avtomatski ali polavtomatski stroji za nanašanje lepila na čepe ter vertikalno in horizontalno stiskanje.

Navedena sistema sta med sabo razdeljena in predstavljata majhne avtomatske ali polavtomatske tehnološke linije.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 ZASNOVA RAZISKAVE

V raziskavi smo uporabili masiven les smreke (*Picea abies*), macesna (*Larix europea*), rdečega merantija (*Shorea leprosula*), evropske češnje (*Prunus avium*) in hrasta – gradna (*Quercus petrae*). Les je bil obdelan na dimenzijo 20 x 20 x 250 mm, ki je predpisana za štiri točkovni upogib po standardu SIST EN 408. Vzorce lesa za izdelavo preizkušancev smo pripravili v mizarstvu I-les iz Žužemberka. Na vzorcih lesa smo naredili zobate lepilne spoje (slika 3), ki smo jih nato hladno lepili pri enakih parametrih za vse vrste lesa. Lepljenje je potekalo pri vlažnosti lesa od 8 do 12 % in pri temperaturi od 18 do 21 °C. Za lepljenje smo uporabili več vrst lepila, ki so na slovenskem trgu. Lepila nam je dobavilo podjetje K. L. P. iz Kamnika, in sicer: PVA-C RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus, PVA-C dvokomponentno Rakollit TM 80 + trdilec WS 1, PVA-C Titebond D3, AURO kazeinsko – hladno lepilo in PU lepilo Icema r 145/12. Po lepljenju smo izdelali preizkušance za štiri točkovni upogib, ki smo jih izpostavili različnim klimatskim pogojem. Preizkušanje in ugotavljanje upogibne trdnosti smo opravili v podjetju IGMAT (inštitut za gradbene materiale). Merili smo deformacijo (poves) preizkušancev pri konstantni obremenitvi in proučevali mehanske lastnosti spoja.

3.2 MATERIALI

3.2.1 Evropska češnja

Češnja je evropsko-zahodnoazijska rastlina, ki uspeva v gričevnatem, redkeje tudi v hribovnatem pasu. Številne sorte češnje so gojene, divja uspeva na gozdnih obrobjih, v živih mejah, listnatih in mešanih gozdovih, predvsem na srednje globokih do globokih apnenčastih in ilovnatih tleh. Najraje raste v delni senci, visoka je do 30 m, gojena drevesa pa do 20 m. Je zelo dekorativen, trd in srednje gost les z gostoto ρ_0 okoli 570 kg/m³. Evropska češnja namenjena za proizvodnjo luksuznega pohištva in notranje opreme, sedežno pohištvo, posebno krivljene dele, furnirje, stropne obloge, pode. Uporabljamo ga tudi kot specialni les za intarzije, glazbila in lesno galanterijo. Je tople rdečkaste barve. V

primerjavi z ameriško češnjo evropska obdrži svojo barvo in s časom postane lepša. Občasno se v furnirju pojavi tudi rahla zelena rast. Evropska češnja je ena izmed najlepših poznanih evropskih drevesnih vrst. Žagan les češnje se suši brez večjih problemov, vendar sušenje ne sme biti prehitro (Čufar, 2006).

3.2.2 Smreka

Smreka je v slovenskem prostoru verjetno najpogostejši iglavec. Raste v mešanih gozdovih, lahko pa oblikuje tudi čiste sestoje (to so gozdovi, v katerih rastejo samo smreke). Tak sestoj so na primer gozdovi na Pokljuki. Raje kot nižine tej vrsti godijo višje lege in bolj namočena področja. Ravno tako kot na primer pšenica je tudi smreka za nas zelo pomembna rastlina, saj iz njenega lesa izdelujemo obilico predmetov, ki so v današnjem življenju nepogrešljivi. Smrekov les je rdečkastobeale barve. Beljava se po barvi ne loči od črnjave. Les lahko vsebuje smolne žepe (luknja diskaste oblike napolnjena z smolo). Ti smolni žepi zelo motijo pri nadaljnji obdelavi lesa. Njena gostota je ρ_0 430 kg/m³. Na splošno je smrekovina mehka, srednje trdna in žilava. Sušenje ne dela večjih težav in po sušenju je les dimenzijsko stabilen. To pomeni, da se le malo krči in nabreka, ko je enkrat posušen. Les ni trajen in se težko zaščiti, za obdelavo pa je smrekovina lahka. Uporaba smrekovega lesa je vsestranska: gradbeni les (tj. les, ki se ga uporablja na gradbiščih in za različne gradnje, kot so ostrešja in podobne konstrukcije), stavbno pohištvo (okna in vrata), opaži, pohištvo, stenske in stropne obloge, včasih pa tudi talne obloge, papir, pokrovi godal in klavirskih dnov. Primerna pa je tudi za proizvodnjo lesnih tvoriv; luščen furnir za vezane plošče, sredice mizarskih plošč, okvira vrat, iverne in vlaknene plošče, ter plošče iz lesne volne (Čufar, 2006).

3.2.3 Macesen

Macesen uspeva predvsem v višjih legah, ki so vlažnejše in hladnejše. Ta iglavec je eden izmed redkih iglavcev, ki čez zimo odvrže iglice. Uporaba macesna v tehnične namene je omejena predvsem zaradi manjših količin macesnovine, ki je na voljo. Macesen namreč ne oblikuje tako obširnih gozdov kot na primer smreka, pa tudi rastišča so ponavadi v visokih

težko dostopnih legah. Macenovina je les z rumenkasto beljavo in rdečerjavo črnjavo. Ima izrazite branike les pa je smolnat, mehak, srednje trden in žilav. Njegova gostota je ρ_0 550 kg/m³. Dobro se suši, je pa nagnjen k veženju. Posebnost tega lesa je zelo trajna in na trohnobo odporna črnjava. Prav njegova žilavost in odpornost proti trohnenju dajeta pečat njegovi uporabi. Lastnost macesna je tudi obilica smole v lesu, ki povzroča probleme pri predelavi in uporabi izdelkov iz macesna. Uporabljamo ga v splošnem, za stavbno mizarstvo, okviri (okna, vrata), rudniški les, železniški pragovi, jambori, podi, parket, vagoni, karoserije, pohištvo, luščen in rezan furnir, vezan les, stenske in stropne obloge, embalaža, les za kemično predelavo, vlaknene in iverne plošče. Skorjice in iglice pa so vir terpentina in eteričnih olj (Čufar, 2006).

3.2.4 Hrast – graden

Hrast je mogočno drevo, ki lahko zraste tudi do 35 m v višino in ima obseg debla 3 m in več. Lahko raste posamično ali tvori čiste sestoje. Tudi hrast je zaradi svoje razširjenosti in lastnosti pomembna drevesna vrsta. Les hrasta vsebuje beljavo in črnjavo. Črnjava je rumenkasto rjava. Beljava pa je bledorumene barve. Gostota lesa je ρ_0 670 kg/m³. Črnjava je zelo trajna, beljava pa hitro propade. Posebnost hrasta so velika "zrcalca" (strženovi trakovi), ki so lepo vidni v radialnem rezu. Tako rezane deske hrasta so zaradi svoje slikovitosti še posebno cenjene pri izdelavi pohištva. Sušenje hrastovine je težavno. Hrastovina je naprodaj predvsem kot hlodovina, žagan les in furnir. Njena uporabnost je zelo raznovrstna pri čemer lahko ločimo mehko in trdo hrastovino. Mehka se uporablja za dekorativne namene, kot masivni les ali furnir za notranjo opremo. Tudi za rezbarske in stružene izdelke uporabljamo predvsem mehkejši les. Trda hrastovina je zaželena predvsem njena visoka trdnost, trdota in trajnost. Uporaba za konstrukcijski les pri visokih in nizkih gradnjah, za mostove, vodne in jamske konstrukcije ter v strojni industriji in za izdelavo kontejnerjev. Primerna je za okvirne konstrukcije, vrata, stopnice, parket in pode iz kock, ročaje orodij in za poljedelsko orodje. Zaželen je tudi za izdelavo sodov in korit. Zaradi neenakomernega otiljenja so traheje nepropustne za tekočine. (Čufar, 2006).

3.2.5 Meranti

V rodu meranti je okrog 360 drevesnih vrst, med njimi so mnoge z gospodarsko pomembnim lesom. Vrste lesov se med seboj razlikujejo, na trgu pa se pojavljajo pod različnimi imeni, največkrat kot meranti (beli, rumeni, rdeči), včasih kot lauan (ali luan), seraja, balau in nepravilno celo "filipinski mahagoni". Šoreje so razširjene v Indiji, na Šri Lanki, v Indokini in Maleziji. To so listopadna in tudi vedno zelena drevesa, visoka do 60 m, premer je do 1,5 m, tehnične dolžine debel so do 30 m. Pri dnu debla so pogoste deskaste korenine. Listi so enostavni, široko eliptični, zašiljeni, do 15 cm dolgi in bleščeči, cvetovi beli ali rumenkasti. Gostota lesa ρ_0 je okoli 650 kg/m^3 . Vrste rastejo na zelo različnih rastiščih – od morske obale do gorskega pasu, ponekod jih sadijo v plantažah. Les je zmerno trd in trajen, težko se zaščiti, dobro se suši in lušči. Les je primeren za vezan les, nosilne konstrukcije, okna, opaže, ladjedelništvo in notranjo opremo. Obdelavnost in sušenje potekata brez težav; tehnično sušenje mora potekati počasi, ker obstaja nevarnost zaskorjenja (Čufar, 2006).

3.2.6 Rakoll ®-GXL-4 Plus

RAKOLL®-GXL-4 Plus je enokomponentno lepilo z odlično voodpornostjo, ki ga proizvaja H. B Fuller iz Nemčije. Trdnost lepila je dosežena v skladu z DIN EN 204-D4. Prednosti lepila so: hitra priprava, kratek čas stiskanja, izboljšan oprijem na težavne lesne vrste (hrast, macesen), pod vplivom dovajanja temperature se fuge ne obarvajo (primer HF-reše), izboljšana vročinska in vodna odpornost ob dodajanju visoke temperature (primer $+70 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Odprti čas in čas priprave sta močno odvisna od delovnih pogojev, kot so temperatura, vlažnost, vpojnost materialov, s katerimi delamo in od količine nanosa. Pri parametrih lepljenja moramo upoštevati: temperaturo prostora, materiala in lepila ($18\text{--}20 \text{ }^{\circ}\text{C}$), vlažnost lesa ($8\text{--}10 \text{ } \%$), količina nanosa za montažno lepljenje ($150\text{--}180 \text{ g/m}^2$), odprti čas pri 150 g/m^2 ($8\text{--}9 \text{ min}$), kredna točka je približno $11 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Lepilo je PVA disperzija, ki je bele barve. Vrednost pH je približno 3,5; vsebnost suhe snovi je okoli $50 \text{ } \%$ (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006).

3.2.7 Auro kazein – hladno lepilo

AURO kazein – hladno lepilo je dvokomponentno lepilo, ki ga na trgu dobimo v prašni obliki. Za utrjevanje mu dodamo navadno vodo. Lesne površine se morajo prilegati, biti neobdelane, čiste, suhe, nemastne in brez prahu. Optimalna vlaga lesa naj bi bila med 6–12 %. Lepilne površine naj bodo skobljane ali obrušene; grobe ali malo neravne površine povzročajo večje fuge, zato je potrebno računati na večjo porabo lepila. Zaradi vsebnosti apnenega hidrata v lepilu prihaja v lepilnih režah do obarvanja lesa.

Parametri za lepljenje so: temperatura materiala in okolja optimalno (18–22 °C), vlažnost lesa (6–12 %), količina nanosa 200–300 g/m² ustreza 100–150 g lepila v prahu, čas uporabe lepila (cca. 6 ur), odprti čas (5–15 minut). Čas stiskanja se razlikuje od temperature: pri sobni temperaturi najmanj 3 ure, pri 90 °C (cca. 10 minut), čas utrjevanja je 24 ur (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006). Praviloma se lepilo nanese na lepljene površine eno- ali dvostransko. Madeže lepila je potrebno takoj odstraniti z vodo. Upoštevati moramo navodila za čiščenje. (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006).

3.2.8 Rakoll E-WB 0301 D3

RAKOLL E-WB 0301 D3 je najbolj uporabljeno vodoodporno lepilo, ki ga proizvaja H. B Fuller iz Nemčije. Na našem trgu so znana kot hladna montažna lepila. Uporabljamo ga za površinsko lepljenje HPL/CPL stiskalnicah s kratkim ciklusom, ogrodno in montažno lepljenje, lepljenje spojev desk in blokov iz mehkega lesa, trdega lesa in umetnih tvoriv, površinsko lepljenje z dekor-zaključnimi folijami, plastičnih laminatov in masivnih lesnih trakov v stacioniranih stiskalnicah. Odprti čas in čas stiskanja sta zelo odvisna od delovnih pogojev: temperature, vlažnosti, vpojnosti uporabljenih materialov, količine nanosa in napetosti v samem materialu. Parametri za lepljenje so: temperatura prostora, materiala in nanosa (18–20 °C), vlažnost lesa (8–10 %), relativna vlažnost (60–70 %). Količina nanosa pri površinskem lepljenju (80–140 g/m²), montažnem lepljenju (160–180 g/m²), odprti čas pri 150 g/m² je med 8 in 12 minutami. Osnova lepila je PVA disperzija, ki je bele barve. vrednost pH je približno 3, vsebnost suhe snovi je okoli 50 % (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006).

3.2.9 Icema R 145/12

ICEMA R 145/12 je enokomponentno PU lepilo brez vsebnosti topil, ki veže ob prisotnosti vlage. Uporabljamo ga za montažna lepljenja najrazličnejših vrst. Lepilo se zelo dobro oprijema na kovine, kot so pocinkano železo, plemenita jekla, grundirana jekla, aluminij, barvne kovine ter plastični materiali: DKS, GF-poliestri, trdi PVC, ABS, materiali iz lesa in materiali na bazi cementa. Zaradi številnih različnih materialov ter zaradi možnosti velikih razlik v adhezijskih lastnostih je pred uporabo lepila v proizvodnji priporočljiv preizkus oprijema. Tehnični podatki lepila so: gostota ($1,09 \pm 0,03$ g/cm), odprti čas (pri 20 °C in 50 % relativne vlage) z nanosom vodne megle 7 minut, brez nanosa vodne megle 15 minut, lepilo je rumeno opalne barve, poraba je 100–200 g/m² (odvisno od namena uporabe). Za čiščenje orodja se uporablja ISA-razredčilo tip I, drugače se lepilo uporablja brez razredčila, delovna temperatura pa mora biti najmanj +10 °C. Skladišči se do 6 mesecev pri temperaturi od +5 do +25 °C v zaprti embalaži. Odprto embalažo je potrebno zrakotesno zapreti, zaščititi pred vplivom vlage in čim prej porabiti. ICEMA® R 145/12 reagira pod vplivom vlage v trden trajno elastičen film. Za reakcijo običajno zadostuje že vlaga, ki se nahaja v zraku ali v porah lepljencev. V normalnih razmerah vlago vseeno dodajamo v obliki vodne megle. Povišana vlažnost in povišana temperatura pospešijo reakcijo strjevanja lepila. Vplivata na skladiščenje, na t.i. odprti čas in čas utrjevanja lepila.

Za ta lepila so predpisana posebna opozorila, saj ob reakciji in utrjevanju nastaja ogljikov dioksid, zato se lepilo v odvisnosti od debeline nanosa, distance spojenih delov (prostora med lepljenci), temperature ter pritiska bolj ali manj močno zapeni in tako zapolni reže. Ta lastnost je za večino primerov dobrodošla in predstavlja prednost tega lepila. V določenih primerih, kadar je takšen način spajanja moteč, lepila ne moremo uporabiti. Časi stiskanja so odvisni od temperature in vlažnosti. V kolikor lepilni film ovlažimo, veljajo naslednji orientacijski časi: pri +20° C cca. 30 minut, pri +40 °C cca. 12 minut, pri +60°C cca. 5 minut. V tem času je običajno dosežena takšna trdnost spojenih delov, ki omogoča nadaljnjo obdelavo. Končna trdnost je dosežena šele v nekaj dneh (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006).

3.2.10 Rakollit 80 + trdilec WS-1/15 %

RAKOLLIT 80 + TRDILEC WS-1/15 % je specialni sistem za vodoodporna lepljenja nad D4 normo. Lepilo je primerno za izvrstno vodoodporno lepljenje. Nanašamo ga strojno ali ročno, ima širok spekter uporabe – lepljenje lesa in lesnih izdelkov, lepljenje različnih umetnih mas (vnaprej je potrebno preveriti pri prodajalcu), lepljenje spojev pri deskah (kjer nastopijo velike napetosti v lesu), lepljenje trdega lesa (tj. blokov), lepljenje lesa namenjenega ekstremnim pogojem. Rakollit 80 se meša s trdilcem WS-1 v za to primerni mešalni posodi tako dolgo, dokler mešanica nima enakomerne svetlo bež barve. Po približno dveh urah se masa začne peniti, kar lahko povzroča težave pri obdelavi. V nasprotju z drugimi sistemi pa je ponovno uporabna, če odstranimo penaste mehurčke, ki so nastali pri izocianatni reakciji in masi dodamo od 1,5 do 2 % trdilca WS-1.

Optimalni pogoji dela: temperatura prostora, materiala in lepila (18–22 °C), vsebnost vlage v lesu (8–14 %), relativna vlažnost (50–70 %), poraba (130–160 g/m²), čas uporabne zmesi je cca. 2 uri. Nujno potrebno je, da pri nepoznanih razmerjih pravočasno izvedemo poskuse, ki po možnosti dopuščajo opazovanje za daljše časovno obdobje (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006).

3.2.11 Titebond III

TITEBOND III je vodoodporno lepilo, proizvedeno v Ameriki, ki je prestalo vse teste vodoodpornosti. Spoji so izredno močni, lepilo omogoča dolg odprti čas in delo pri nižjih temperaturah. Titebond III je nestrupeno lepilo, brez organskih topil in ga je možno, dokler ni utrjeno, čistiti z vodo. Omogoča takojšen močen oprijem, brusi se ga brez zamazanja brusnih trakov, ima potrditev od FDA (Food and Drug Administration) odobritev za nedirektni kontakt z živili, da se lahko uporablja v gospodinjstvu. Titebond III je idealno lepilo za notranje in zunanje izdelke.

Pogoji za lepljenje so: minimalna temperatura nanašanja 8,3 °C, minimalen nanos lepila 200 g/m², priporočljiv tlak stiskanja 100–150 psi za mehki les, 125–175 psi za trdi les. Lepilo se nanaša s čopičem ali valjčnim nanašalnim strojem, očistiti ga je potrebo z vlažno

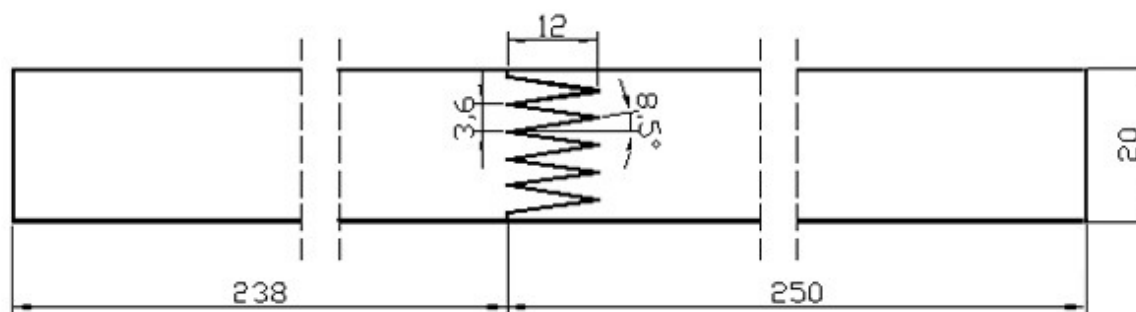
krpo še preden je utrjeno. Lepilo ima dobre specifikacije, saj se pri uporabi čisti z vodo, ima odlično moč lepilnega spoja, za zunanje in notranje izdelke, ima dolg odprti čas, neobčutljiv je na lužila in ima FDA (K. L. P. d.o.o., Kamnik, 2006)

3.3 METODE

3.3.1 Priprava vzorcev in dobava materialov

Lesene vzorce je pripravilo podjetje I-les iz okolice Žužemberka na Dolenjskem. Mizarstvo se ukvarja s proizvodnjo masivnih plošč, sestavljenih iz segmentov spojenih z zobatim spojem po dolžini in širini. Imajo lastno proizvodnjo plošč, saj je vhodna surovina hlodovina, ki jo naprej nažagajo, kasneje pa osušijo na 6–8 % vlažnosti. Po sušenju elemente skobljajo in čelno rezkajo zobate spoje. Elemente nato zlepijo po dolžini in kasneje po širini na topi spah. Na koncu plošče ploskovno obdelajo in obžagajo na določeno dimenzijo.

Elementi, ki smo jih uporabili za diplomsko nalogo, so bili dimenzionirani na presek 20 x 20 mm in dolžino 250 mm. Zobati spoji so bili dolžine 12 mm (slika 3). Vzorci so bili osušeni na vlažnost 6–8 %. Pripravljenih je bilo 30 vzorcev ali 2 x 15 za vsako drevesno vrsto in za vsako lepilo. Lepilni spoj je bil narejen isto kot ga največkrat uporablja mizarstvo I-les za ploskovno pohištvo. Prezahtevno bi bilo, da bi stroj za zobati spoj nameščali samo za diplomsko, ob tem so bili upoštevani faktorji, ki jih predvideva standard, kakšen je lepilni spoj.



Slika 3: Velikost vzorca in dimenzije zobatega spoja

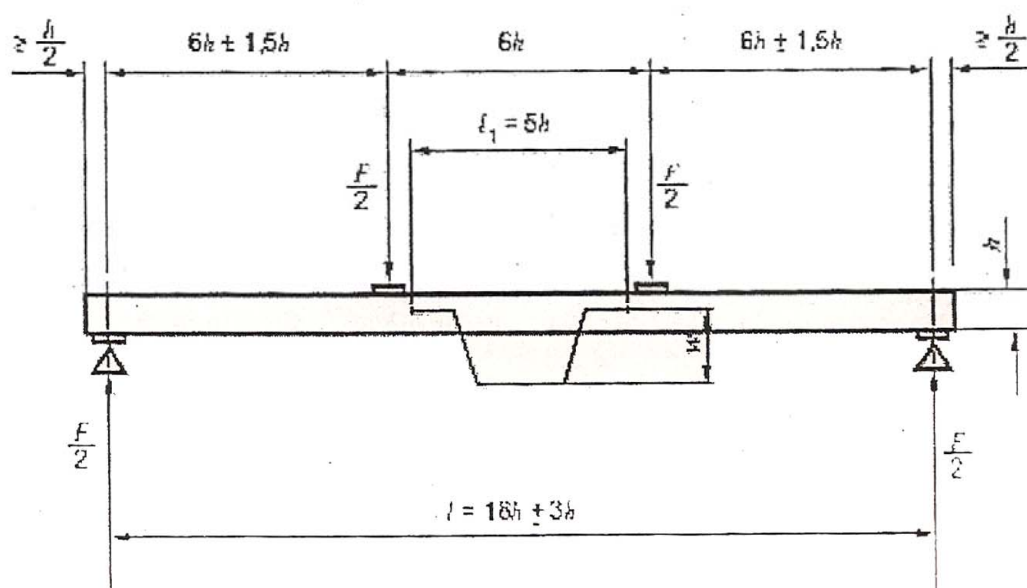
Lepila za lepljenje smo dobili v podjetju K. L. P. d.o.o. iz Kamnika. Predhodno smo se dogovorili za vodoodporna lepila, saj naj bi le-ta ustrezala zahtevam za pohištvo v vodnih plovilih.

3.3.2 Lepljenje preizkušancev

Po pridobitvi vseh materialov smo obdelovance očistili in preverili vlago z elektronskim vlagomerom, ki je znašal med 8 – 10% . Z čopičem smo nanесли lepila na lepilno površino okoli 150 - 180 g/m². Odprti časi so znašali okoli 1 minute in jih nato stisnili v hidravlični stiskalnici s specifičnim tlakom okoli 1,8 bara pri temperaturi 18–20 °C 24 ur. Po končni utrditvi lepila, tj. po 48 urah, smo odstranili odvečno lepilo s tračnim brusilnim strojem, kjer smo jih dokončno skalibrirali. Vzorce sem nato zložil na paleto in jih postavil v prostor s temperaturo 18-20⁰ C, kjer so se aklimatizirali.

3.3.3 Ugotavljanje mehanskih lastnosti

V podjetju Igmat d.d. smo lepljene vzorce nato obremenili štiri točkovno na upogib (slika 4). Igmat d.d. je največji inštitut v zasebni lasti, registriran za izvajanje preiskav in certificiranje gradbenih materialov v Sloveniji. Vzorce smo testirali po standardu SIST EN 408 s testirnim strojem Zwick (slika 5). Testirali smo po deset vzorcev v vsaki skupini.



Slika 4: Štiri točkovni upogib po standardu SIST EN 408

Upogibno trdnost smo izračunali po formuli (2), modul elastičnosti pa po formuli (3):

$$f_m = \frac{3 * L_A}{(\check{s} * d^2) * F_{\max}} \quad \dots(2)$$

$$E_{m,l} = \frac{3 * L_A * L_B^2 * (F_2 - F_1)}{4 * (w_2 - w_1) * \check{s} * d^3} \quad \dots(3)$$

- $F_{\max}$ (N) – maksimalna sila,
- f_m (N/mm²) – upogibna trdnost,
- (Σ) (mm) – poves,
- $E_{m,l}$ (N/mm²) – modul elastičnosti,
- F_1 (N) – sila pri začetni obremenitvi,
- F_2 (N) – sila pri končni deformaciji,
- w_1 (m) – raztezek na začetku,
- w_2 (mm) – raztezek na koncu,
- d (mm) – debelina vzorca,
- $\check{s}$ (mm) – širina vzorca.

- L_A (120 mm) – dolžina vzorca med prvo spodnjo in drugo zgornjo točko pritiska sile
- L_B (120 mm) – dolžina med sredinskima zgornjima točkama pritiska
- L_V (360 mm) . dolžina med spodnjima pritisknima točkama



Slika 5: Naprava za štiri točkovni upogib, Zwick (Igmatt, 2007)

Koeficient variance pa smo izračunali po formuli (4):

$$KV = \frac{Q}{x} \quad \dots(4)$$

- KV – koeficient variance,
- Q (N/mm²) – povprečje srednje vrednosti elastičnega raztezka,
- x (N/mm²) – povprečje standardnega odklona

4 REZULTATI

4.1 UPOGIBNA TRDNOST IN MODUL ELASTIČNOSTI

Upogibna trdnost in modul elastičnosti sta bila odvisna od drevesne vrste, lepila in stopnje penetracije lepila v les. Izbrani preskušanci so nam omogočili primerjavo kakovosti lepila ali lepilne mešanice z različnimi vrstami lesa. S pomočjo štiri točkovne obremenitve smo ugotovili, kakšna je upogibna trdnost in modul elastičnosti lepljenih vzorcev. Rezultati v preglednici 2 nam prikazujejo modul elastičnosti in upogibno trdnost različnih lepilnih spojev. Ocenjevali smo tudi vizualne razlike, kakšen je bil odziv lesa, odziv lepilnega spoja na samo štiri točkovno obremenitev ter sama vpojnost lepilnega sredstva v les. Izmerjene so bile vse deformacije, sile ter dimenzije priložene v prilogah, ki jih predpisuje standard.

Preglednica 2: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti in modula elastičnosti pri različnih drevesnih vrstah zlepljenih z izbranimi lepili

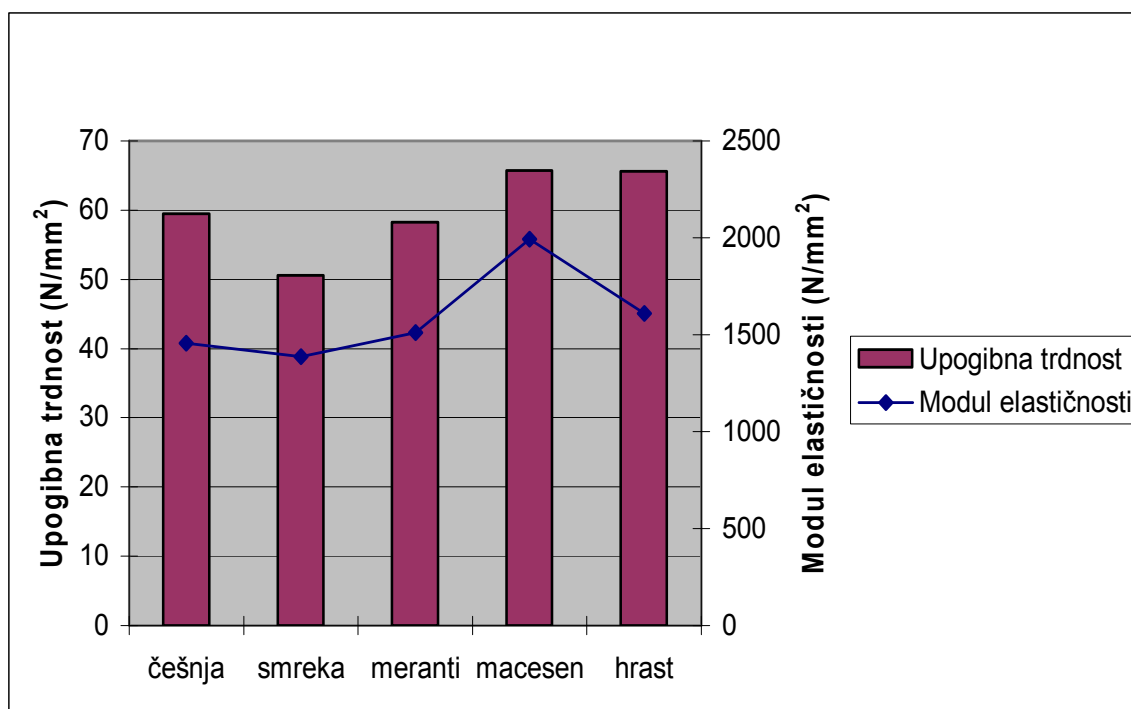
lepilo	lastnost	enote	češnja	smreka	meranti	macesen	hrast
RAKOLL E-WB 0301 D3 (PVA)	Upogibna trdnost	N/mm ²	60	51	58	66	66
	Modul elastičnosti	N/mm ²	1457	1388	1511	1992	1610
RAKOLL®-GXL- 4 Plus (PVA)	Upogibna trdnost	N/mm ²	51	54	52	6523	57
	Modul elastičnosti	N/mm ²	1418	1581	1563	1960	1437
AURO kazein – hladno lepilo	Upogibna trdnost	N/mm ²	49	37	40	60	48
	Modul elastičnosti	N/mm ²	1613	1360	1491	2047	1644
ICEMA R 145/12 (PU, 1K)	Upogibna trdnost	N/mm ²	16	34	37	38	33
	Modul elastičnosti	N/mm ²	760	1177	1322	1735	1539
RAKOLLIT80+ TRDILEC WS- 1/15 % (PU 2K)	Upogibna trdnost	N/mm ²	53	44	47	60	57
	Modul elastičnosti	N/mm ²	1499	1365	1476	1971	1672
TITEBOND III (PVA)	Upogibna trdnost	N/mm ²	49	44	41	/	/
	Modul elastičnosti	N/mm ²	1398	1298	1541	/	/

Preglednica 3: Koeficient variance pri različnih drevesnih vrstah zlepljenih z izbranimi lepili

lepilo	češnja	smreka	meranti	macesen	hrast
RAKOLL E-WB 0301 D3	15	16	5	13	12
RAKOLL®-GXL-4 Plus	6	7	9	16	12
AURO kazein – hladno lepilo	9	7	9	11	7
ICEMA R 145/12	7	8	6	3	21
RAKOLLIT 80+TRDILEC WS-1/15 %	12	10	7	12	13
TITEBOND III	6	7	7	/	/

4.1.1 Preizkušanci zlepljeni z lepilom Rakoll E-WB 0301 D3

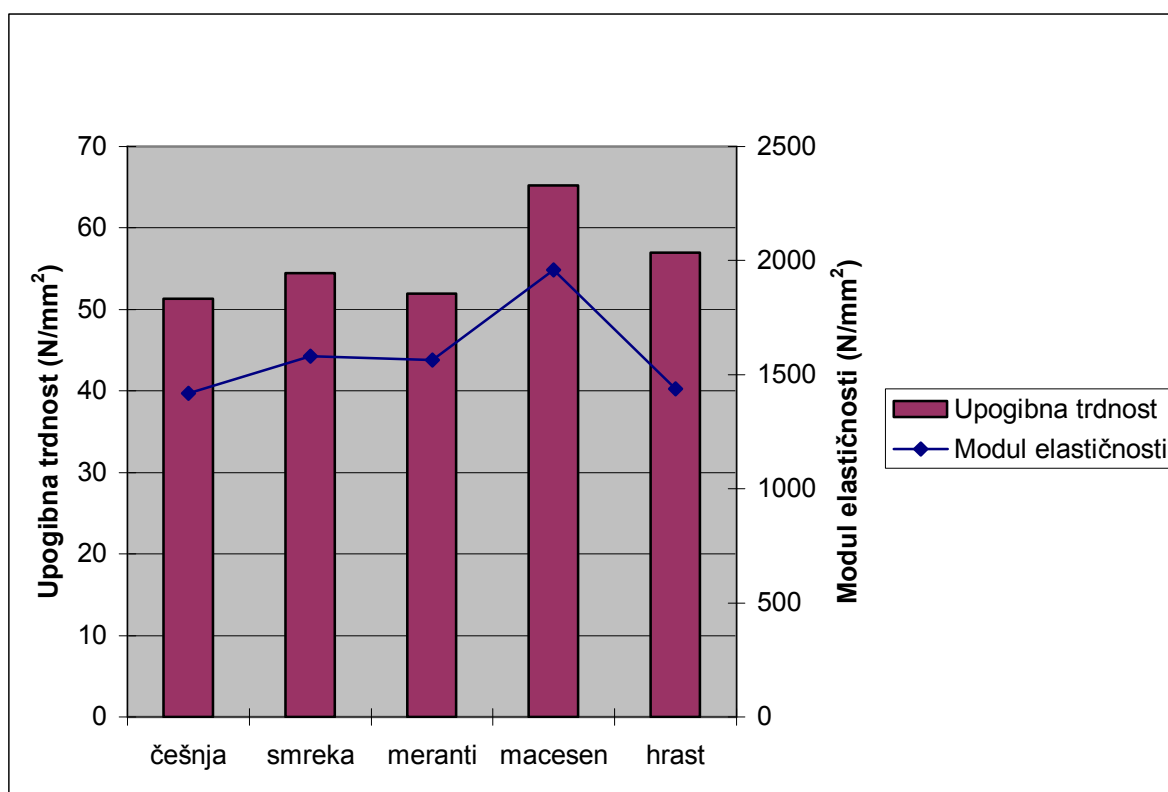
Pri lepilu RAKOLL E-WB 0301 D3 opazamo, da sta modul elastičnosti in upogibna trdnost zelo visoki pri večini drevesnih vrstah lesa, le pri merantiju je bilo opaziti nižjo saj je koeficient variance znašal 4,7. Najvišjo upogibno trdnost smo dosegli pri hrastu in macesnu (slika 6), kar je bilo mogoče opaziti že po vizualni razliki, saj se vzorec ni zlomil po lepilnem spoju, ampak na začetku zobatega spoja.



Slika 6: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

4.1.2 Preizkušanci zlepljeni z lepilom Rakoll®-GXL-4 Plus

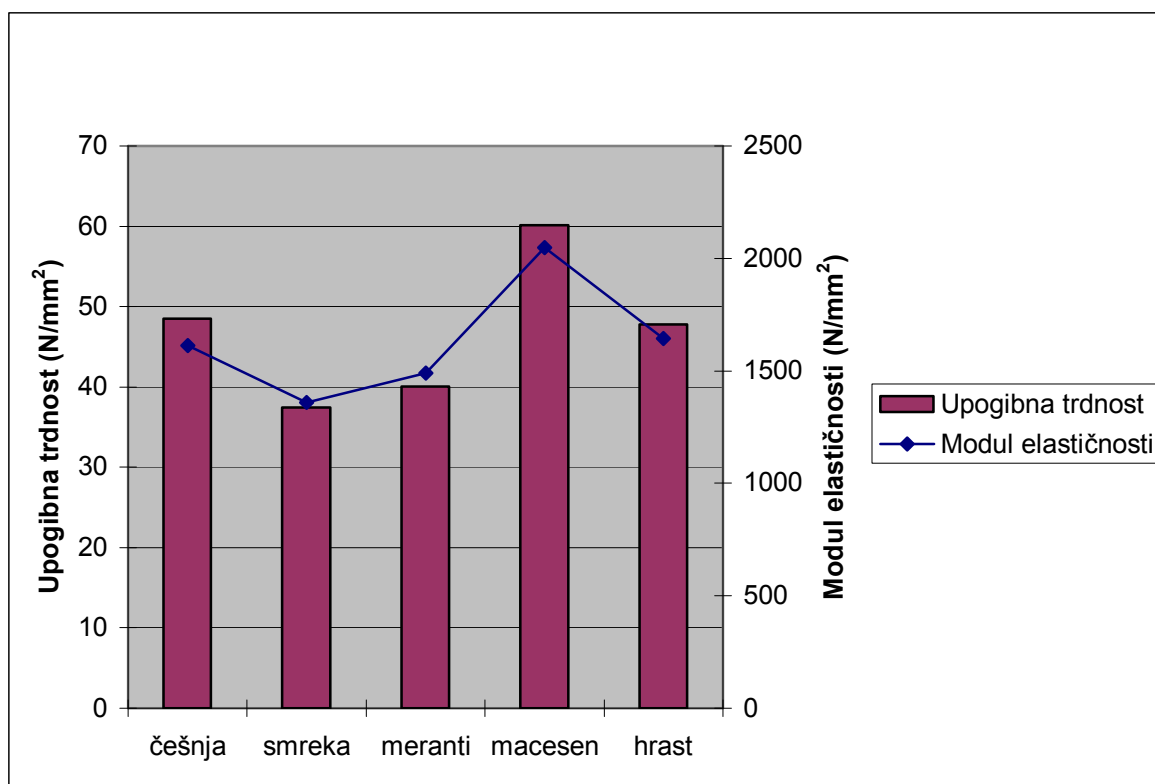
Pri vzorcih zlepljenih z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus smo opazili, da so rezultati modula elastičnosti in upogibne trdnosti nekoliko manjši kot pri lepilu RAKOLL E-WB 0301 D3 (slika 7). Kakovost lepilnega spoja je najvišja pri macesnu in hrastu. Koeficient variance je bil opaziti nižji pri drevesni vrste češnje, merantija in smreke



Slika 7: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom RAKOLL®-GXL-4

4.1.3 Preizkušanci zlepljeni z lepilom Auro kazein – hladnim lepilom

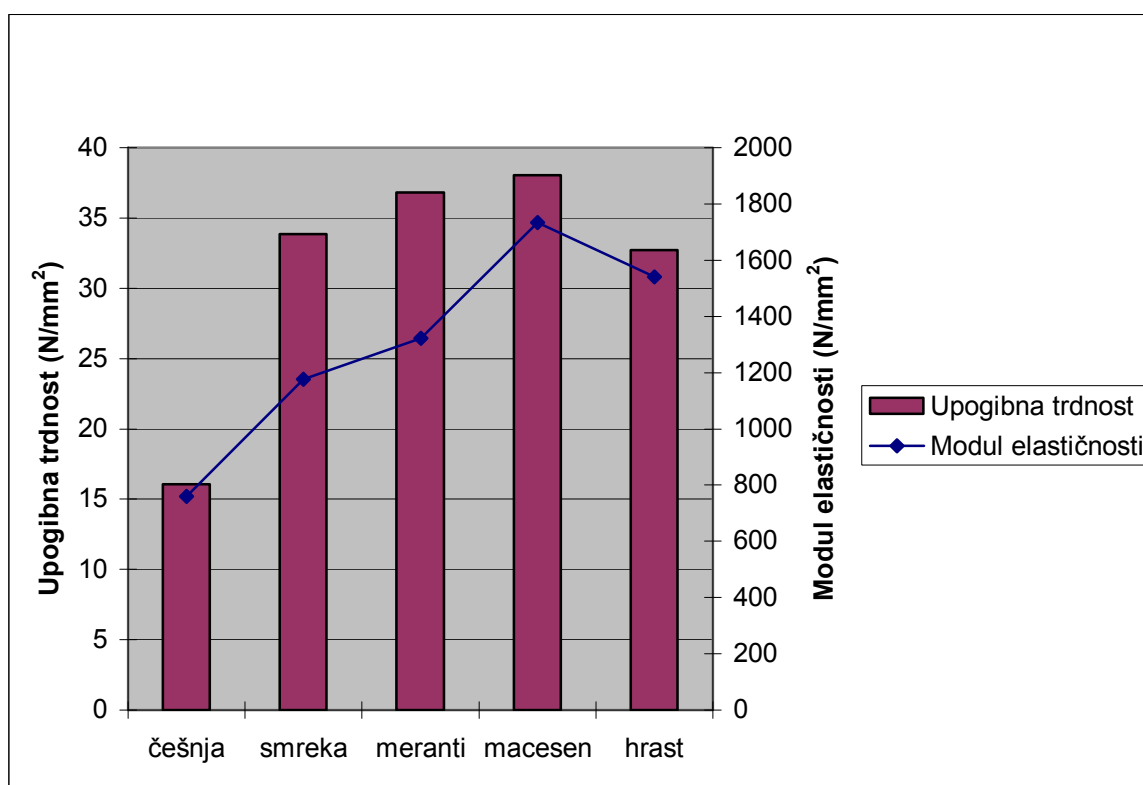
Pri preizkušancih zlepljenih z lepilom AURO kazein – hladnim lepilom pa je bilo že opaziti nihanja v trdnosti med različnimi vrstami lesa. Ugotovili smo, da se lepilo različno odziva na drevesno vrsto glede na vpojnost in razmerje med adhezijskimi in kohezijskimi silami v lepilnem spoju (slika 9). Najboljše rezultate s tem lepilom smo dosegli pri lepljenju macesna, kjer je bil koeficient variance znašal čez 10. Lepilo je v splošnem imelo slabše upogibne lastnosti. Po lepljenju z AURO kazein – hladnim lepilom je bilo pri lepilnem spoju opaziti barvne spremembe, ki so bile drugačne barve kot pri drugih lesovih. Po naših predvidevanjih so vidne temno rjave lise po vsej verjetnosti nastale zaradi vsebnosti čreslovin. Tega nismo v diplomski raziskovali, vendar je estetsko zelo moteče.



Slika 8: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom AURO kazein – hladnim lepilom

4.1.4 Preizkušanci zlepljeni z lepilom Icema R 145/12

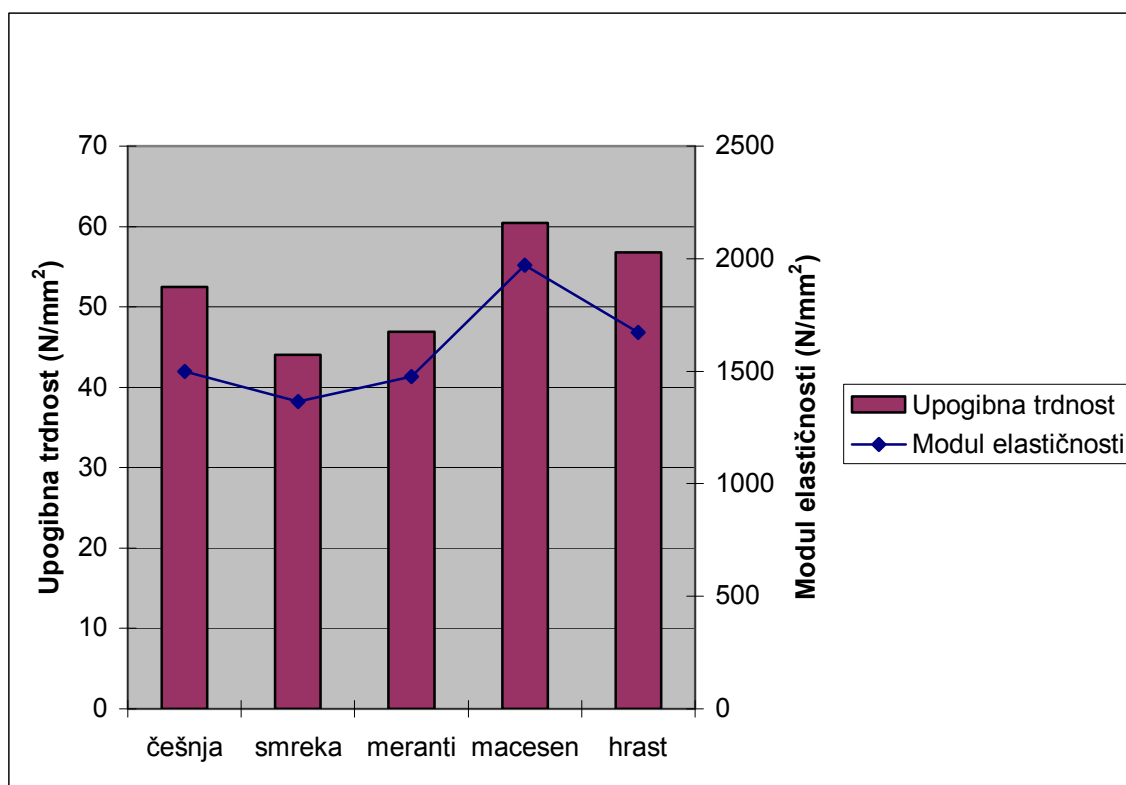
Za lepilo ICEMA R 145/12 smo ugotovili, da ni primerno za tovrstna lepljenja, saj ima zelo nizki modul elastičnosti in upogibno trdnost (slika 9). Lepilo je preveč penetriralo v les, kar je bilo opaziti tudi pri vizualni oceni, razen pri drevesni vrsti hrast, kjer je koeficient variance bil dokaj visok, segal je namreč čez 20. Estetsko so lepila kar neugodna za uporabo, saj so lepilni spoji vidni v rumenkasti obliki na lepilnih površinah, po poružitvi lepilnega spoja. Najslabše so se na upogibne sile odzvali lepilni spoji pri preizkušancih iz češnje.



Slika 9: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom ICEMA R 145/12

4.1.5 Preizkušanci zlepljeni z lepilom Rakollit 80 + trdilec WS-1/15 %

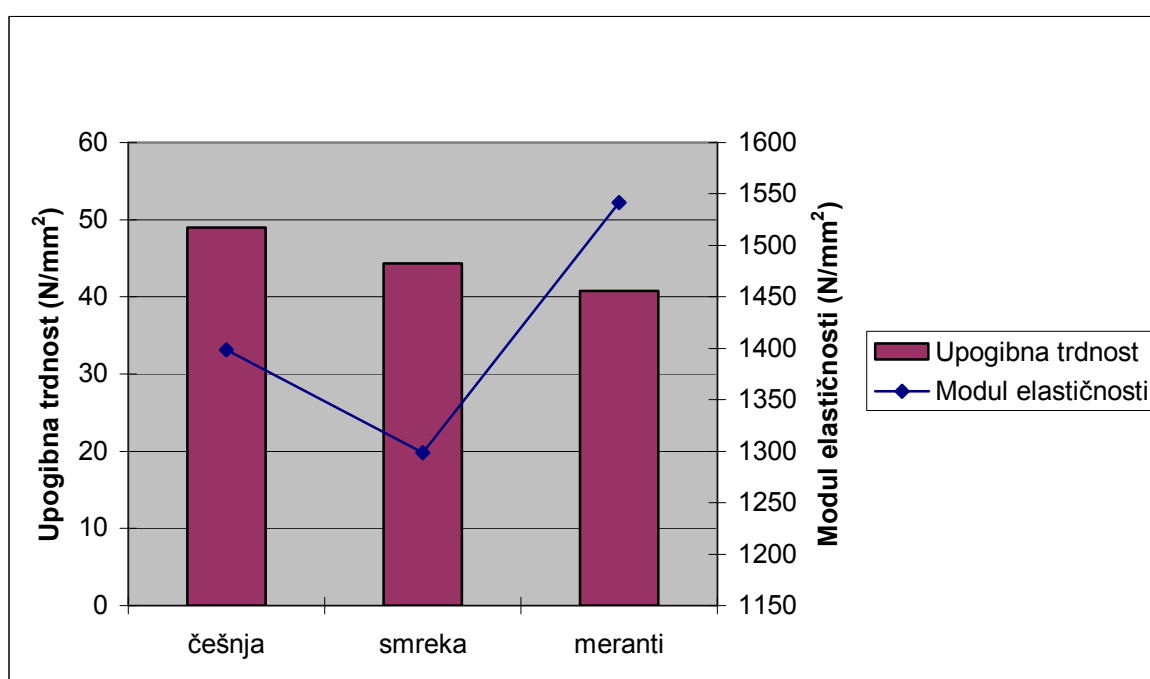
Pri preizkušancih zlepljenih z dvo komponentnim lepilom RAKOLLIT 80 + TRDILEC WS-1/15 % smo ugotovili, da je lepilni spoj dokaj kvaliteten, glede na težavnost lepljenja. Zobati spoj zlepljen z tem lepilom ima dokaj visoko upogibno trdnost kot tudi modul elastičnosti (slika 10). Opazimo lahko, da so preizkušanci iz macesna izkazovali najkvalitetnejše zobate spoje.



Slika 10: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom RAKOLLIT 80 + TRDILEC WS-1/15 %

4.1.6 Preizkušanci zlepljeni z lepilom Titebond III

Pri lepilu TITEBOND III smo uporabil samo tri drevesne vrste, najpogosteje uporabljene za ladijsko pohištvo. Ugotovili smo, da sta modul elastičnosti in upogibna trdnost pri preizkušancih lepljenih s tem lepilom v povprečju najnižja (slika 11). Koeficient variance je bil dokaj nizek znašal je 6 . Pri vizualni oceni smo opazili, da lepilo ne penetrira v les tako dobro kot preizkušancev, ki so bili zlepljeni z lepili RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4.



Slika 11: Modul elastičnosti in upogibna trdnost pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz različnih drevesnih vrst lepljenih z lepilom TITEBOND III

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V zadnjih letih se je navtična oprema in njeno oblikovanje zelo razvilo in napredovalo. Problematika se je pojavljala pri izdelavi polkrožnih vgradnih podbojev. Težave so predvsem nastajale po lepljenju v nadaljnji obdelavi. Lepljenci so namreč pri majhnih obremenitvah začeli pokati. Zanimalo nas je ali je lepilni postopek napačen, in ali so lepila dovolj kakovostna za tovrstna lepljenja. Tako smo za raziskavo uporabili različne vrste lesa in vodoodporna lepila, ki jih ponuja slovenski trg. Pomembno je bilo tudi to, da za lepila ni bilo potrebno imeti posebno dragih tehnoloških postopkov. Uporabljali smo vzorce različnih drevesnih vrst ter lepil, da bi ugotovili njihov vpliv na kvaliteto lepljenja.

Pri lesovih smreke, macesna, merantija, češnje in hrasta, ki so bili zlepljeni z istim lepilom, so bili rezultati za upogibno trdnost in modul elastičnosti različni. Najboljše rezultate smo dosegli pri macesnu, pri vse lepilih razen pri Icemi r 145/12. Zaradi poroznosti lesa, saj je pri Icemi opaziti da vpojnost lepila v les ne vpliva dobro na mehanske lastnosti lepil. Opaziti je bilo, da je Icema zelo primerna za lepljenje z drevesno vrsto hrasta, saj koeficient variance okoli 20. Upogibna trdnost je v povprečju znašala okoli 60 N/mm^2 , modul elastičnosti pa 1550 N/mm^2 , pri lepilu Icema r 145/12 so bile vrednosti manjše. Po trdnostnih lastnostih je nato sledil hrast, ki pa se je s težavo lepil z AURO kazeinskim lepilom saj je bil koeficient variance nizek. Ob tem pa so bile tudi estetske lastnosti slabe, saj se je poznal temno rjav madež ob lepilnem spoju, verjetno zaradi reakcije čreslovin v lesu. Pri lepilu uporabljamo kot vezivno sredstvo vodo. Po mehanskih lastnostih lepilnega spoja so se najslabše odzvali les češnje, merantija in smreke. Pri njih je povprečna upogibna trdnost znašala od $40\text{-}60 \text{ N/mm}^2$.

Preizkušanci lepljeni z RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus so imeli v povprečju najboljše upogibne trdnosti in module elastičnosti, sledilo je lepilo Titebond III, dvokomponentno Rakollit TM 80 + trdilec WS 1, AURO kazeinsko lepilo, najslabše lastnosti pa je imelo lepilo Icema r 145/12.

5.2 SKLEPI

Z raziskavo smo ugotovili, da niso vsa proučevana lepila primerna za dolžinsko lepljenje masivnega lesa z zobatim spojem. Na osnovi rezultatov lahko zaključimo, da sta bili lepili RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus najbolj primerni za taka lepljenja. Poleg najboljših trdnostnih lastnosti sta ti dve lepili tudi enostavni za pripravo in uporabo. Titebond III lepilo ima sicer podoben tehnološki postopek kot D3 lepilo, vendar je to lepilo izkazovalo slabše lastnosti upogibne trdnosti v lepljencu z zobatim spojem. Pri lepljenju z Rakollitu TM 80 moramo najprej v ustreznem razmerju zmešati dve komponenti in zlepi v relativno kratkem času. To lepilo je imelo tudi slabše mehanske lastnosti. Sledilo je AURO kazeinsko lepilo, ki ga je bilo potrebno pred uporabo zmešati z vodo. Najslabše se je v raziskavah obneslo lepilo Icema r 145/12. Zanj je značilen enostaven tehnološki postopek, vendar na lepilnem spoju nastaja ob reakciji odvečno lepilo, ki ga je težko odstranjevati. Za lepljenje lesnih vrst med seboj nima dobrih lastnosti, vendar ga v navtiki uporabljajo za lepljenja lesa z različnimi materiali.

6 POVZETEK

Diplomsko delo je nastalo z namenom raziskati primernost lepil za dolžinsko lepljenje lesa, ki ga uporabljajo za opremljanje plovil. V letih sodelovanja z navtičnimi podjetji, ki izdelujejo in vgrajujejo pohištvo, smo opazili, da spoji na podbojih, ki jih vgrajujemo, ne prenesejo obremenitev vgradnje – pokajo. V predhodnih raziskavah pri mizarstvu Bobič d.o.o iz Novega mesta smo ugotovili, da problemi nastajajo že pri obdelavi lesa, kjer so spoji narejeni na zobati spoj. Lepljenci so namreč pri majhnih obremenitvah začeli pokati. Največja problematika se je pojavljala pri izdelavi polkrožnih vgradnih podbojev. Zanimalo nas je ali je sam lepilni postopek napačen in ali so lepila dovolj kakovostna za tovrstna lepljenja. Tako smo za raziskave uporabili različne vrste lesa in vodoodporna lepila, ki jih ponuja slovenski trg. Pomembno je bilo tudi to, da za lepila ni bilo potrebno imeti posebno dragih tehnoloških postopkov.

Konkretno smo v diplomskem delu proučevali vpliv lepila na mehanske lastnosti spoja oziroma na upogibno trdnost lepljenca z zobatim spojem. V raziskavi smo uporabili masiven les smreke (*Picea abies*), macesna (*Larix europea*), rdečega merantija (*Shorea leplosula*), evropske češnje (*Prunus avium*) in hrasta – gradna (*Quercus petrae*). Les smo obdelali na dimenzijo 20x20x250 mm, ki je predpisana za štiri točkovni upogib po standardu EN 408. Za lepljenje smo uporabili več vrst lepila, ki so na slovenskem trgu: PVA-C RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus, PVA-C dvokomponentno Rakollit TM 80 + trdilec WS 1, PVA-C Titebond D3, AURO kazeinsko – hladno lepilo in PU lepilo Icema r 145/12. Ugotovili smo, da sta lepila RAKOLL E-WB 0301 D3 in RAKOLL®-GXL-4 Plus najbolj kvalitetni in primerni za tako zahtevna lepljenja lesa. V navtiki bi bilo najbolje lepiti z epoksi smolami, s katerimi bi lahko les tudi prepojili za boljšo odpornost proti morski vodi, vendar so tehnološki postopki zahtevni in ekološko vprašljivi.

7 VIRI

Backović. M. 1997. Lijepljenje u tehnologijama prerade drveta/Murat Backović.- Sarajevo: Bosna Public, 396 str. ; graf. Prikazi ; 24 cm

Čufar. K. 2006. Anatomija lesa [univerzitetni učbenik]/Katarina Čufar. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Jauh, R. 2005. Specifikacija lepil (osebni vir, junij 2005) KL.P d.o.o., Kamnik

Resnik. J. 1989. Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 103 str.

Sachsse H. 1991. Exotische Nutzholzer.Haburg, Parey: 250 str.

SIST EN 408 Konstrukcijski les – Štiri točkovni upogib. Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties. 2003.

Šega. B. 2003. Osnove lepljenja lesa . Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 62 str.

Šernek. M. 2007. Furnir in lepljen les [študijsko gradivo]/Milan Šernek. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 50 str.

Tomažin, A. 2005. Štiri točkovni upogib "Zwick" (osebni vir, junij 2005 Igmat d.o.o., Ljubljana- Polje)

Wogenführ R., Schreiber. 1985. Holzatlas, Leipzig, Fachbuchverlag: 688 str.

ZAHVALA

Hvala mentorju, izr.prof.dr. Milanu Šerneku, za pomoč pri izvedbi in usmerjanju pri pisanju diplomskega dela.

Hvala recenzentu, doc.dr. Sergeju Medvedu, za strokovno recenzijo diplomskega dela.

Zahvaljujem se lesnemu podjetju I-Les iz Žužemberka za izdelavo lesnih vzorcev.

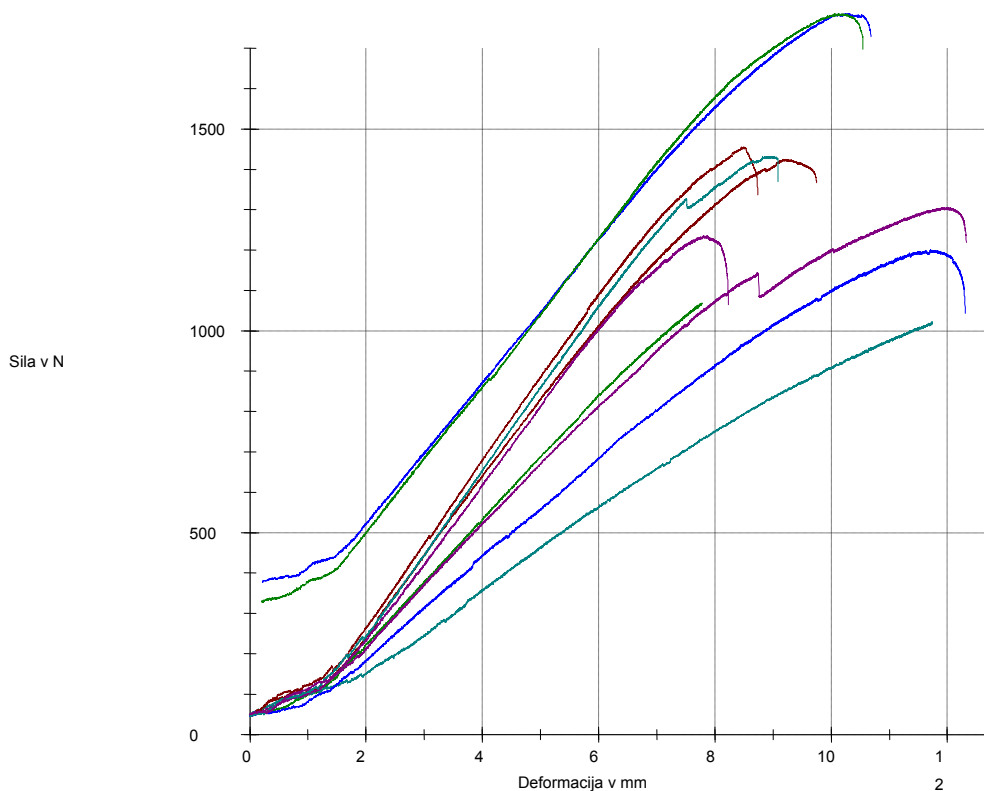
Zahvaljujem se g. Rudiju Jauhu in podjetju K. L. P. d. o. o. iz Kamnika za vzorce lepila.

Zahvaljujem se, ing. Andreju Tomažinu in podjetju Igmat d. o. o., za preizkušanje vzorcev na štiri točkovni upogib.

PRILOGE

Priloga A: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

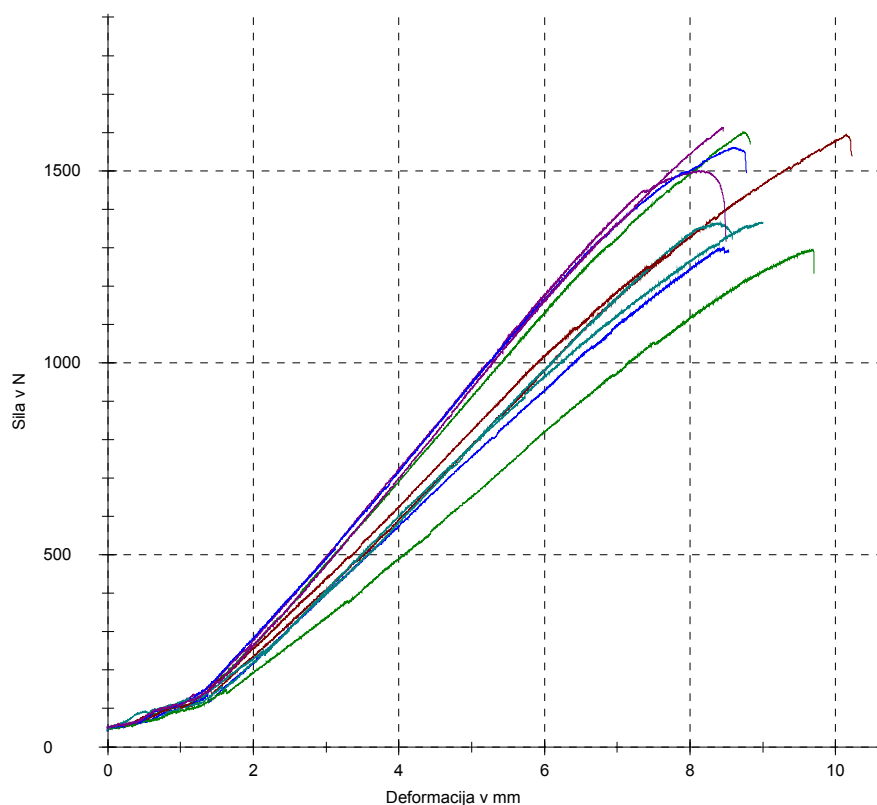
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	češnja	rakolD3	20,2	19,9	356,24	783,72	1424,95	9,18	2,93	5,49	63,18	1319,39
2	češnja	rakolD3	19,7	19,8	267,03	587,47	1068,13	7,78	2,65	4,87	50,04	1235,76
3	češnja	rakolD3	19,9	19,4	363,37	799,4	1453,46	10,03	2,57	4,77	68,11	1680,11
4	češnja	rakolD3	20,2	19,7	255,47	562,04	1021,89	11,73	2,67	4,86	45,77	1117,30
5	češnja	rakolD3	20,1	19,8	326,18	717,6	1304,73	11,9	2,45	4,45	58,72	1577,48
6	češnja	rakolD3	19,9	20,2	363,75	800,25	1455	8,5	2,35	4,4	65,48	1733,50
7	češnja	rakolD3	19,7	19,7	375,7	826,53	1502,79	9,85	2,91	5,37	70,76	1576,95
8	češnja	rakolD3	20,2	19,8	299,98	659,95	1199,92	11,71	2,51	4,62	53,47	1354,78
9	češnja	rakolD3	20,1	19,9	357,97	787,54	1431,88	8,86	2,67	4,82	64,12	1602,36
10	češnja	rakolD3	20,2	20	308,84	679,45	1235,37	7,81	2,68	4,81	54,50	1367,91
najmanjša vrednost											45,77	1117,30
največja vrednost											70,76	1733,50
srednja vrednost											59,50	1456,56
standardni odklon											7,82	194,40



Priloga B: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljene z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

Priloga C: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

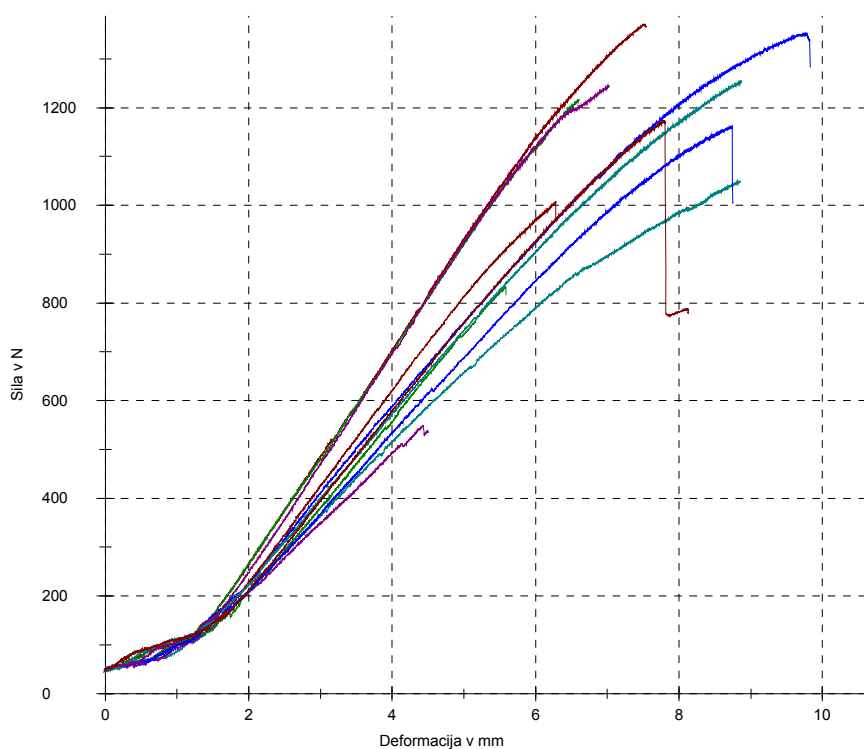
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	hrast	rakolD3	20,2	19,9	398,82	877,4	1595,26	10,14	2,93	5,49	70,73	1477,11
2	hrast	rakolD3	19,7	19,8	400,55	881,21	1602,2	8,74	2,65	4,87	75,06	1853,64
3	hrast	rakolD3	19,9	19,4	324,83	714,63	1299,33	8,46	2,57	4,77	60,89	1501,98
4	hrast	rakolD3	20,2	19,7	341,02	750,24	1364,07	8,34	2,67	4,86	61,09	1491,41
5	hrast	rakolD3	20,1	19,8	375,31	825,68	1501,24	8,13	2,45	4,45	67,56	1815,06
6	hrast	rakolD3	19,9	20,2	320,21	704,46	1280,84	7,65	2,35	4,4	57,64	1526,00
7	hrast	rakolD3	19,7	19,7	323,87	712,51	1295,48	9,68	2,91	5,37	61,00	1359,42
8	hrast	rakolD3	20,2	19,8	390,53	859,17	1562,13	8,61	2,51	4,62	69,61	1763,77
9	hrast	rakolD3	20,1	19,9	341,59	751,51	1366,38	8,96	2,67	4,82	61,18	1529,06
10	hrast	rakolD3	20,2	20	403,25	887,14	1612,99	8,44	2,68	4,81	71,15	1786,03
najmanjša vrednost											57,64	1359,42
največja vrednost											75,06	1853,64
srednja vrednost											65,59	1610,35
standardni odklon											5,60	166,08



Priloga D: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljenega z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

Priloga E: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

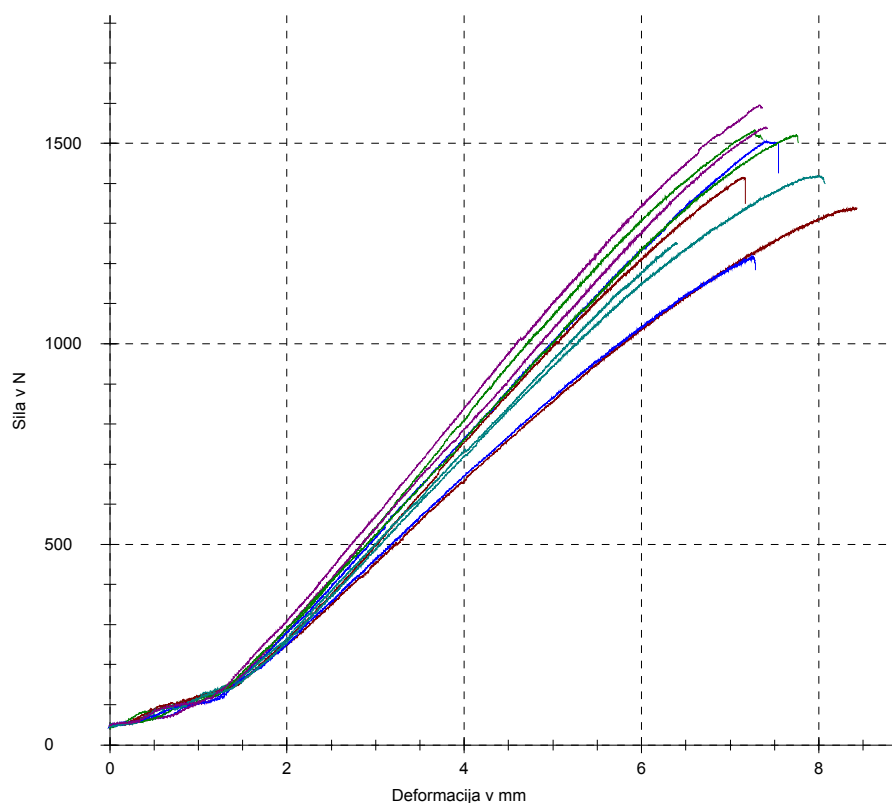
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	meranti	rakolD3	20	20,1	342,94	754,48	1371,77	7,51	2,35	4,23	61,42	1764,30
2	meranti	rakolD3	20,1	19,8	304,22	669,28	1216,87	6,59	2,17	3,88	54,76	1720,76
3	meranti	rakolD3	20	19,7	338,32	744,3	1353,28	9,73	2,61	4,89	61,82	1464,26
4	meranti	rakolD3	19,8	19,7	262,41	577,3	1049,64	8,84	2,31	4,42	48,93	1264,79
5	meranti	rakolD3	19,7	19,6	137,18	301,79	548,71	4,43	1,5	2,66	25,97	1227,29
6	meranti	rakolD3	19,7	20	252,01	554,41	1008,02	6,28	2,12	3,66	46,75	1664,32
7	meranti	rakolD3	19,8	20,1	208,27	458,2	833,08	5,58	1,99	3,42	38,06	1451,76
8	meranti	rakolD3	20	19,8	290,73	639,61	1162,92	8,71	2,52	4,69	52,86	1315,43
9	meranti	rakolD3	19,8	19,9	313,85	690,47	1255,4	8,86	2,5	4,68	57,93	1449,45
10	meranti	rakolD3	20,2	19,8	311,54	685,39	1246,16	7,02	2,29	3,95	55,53	1788,44
najmanjša vrednost											25,97	1227,29
največja vrednost											61,825	1788,44
srednja vrednost											50,40	1511,08
standardni odklon											10,61	199,37



Priloga F: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljenega z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

Priloga G: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

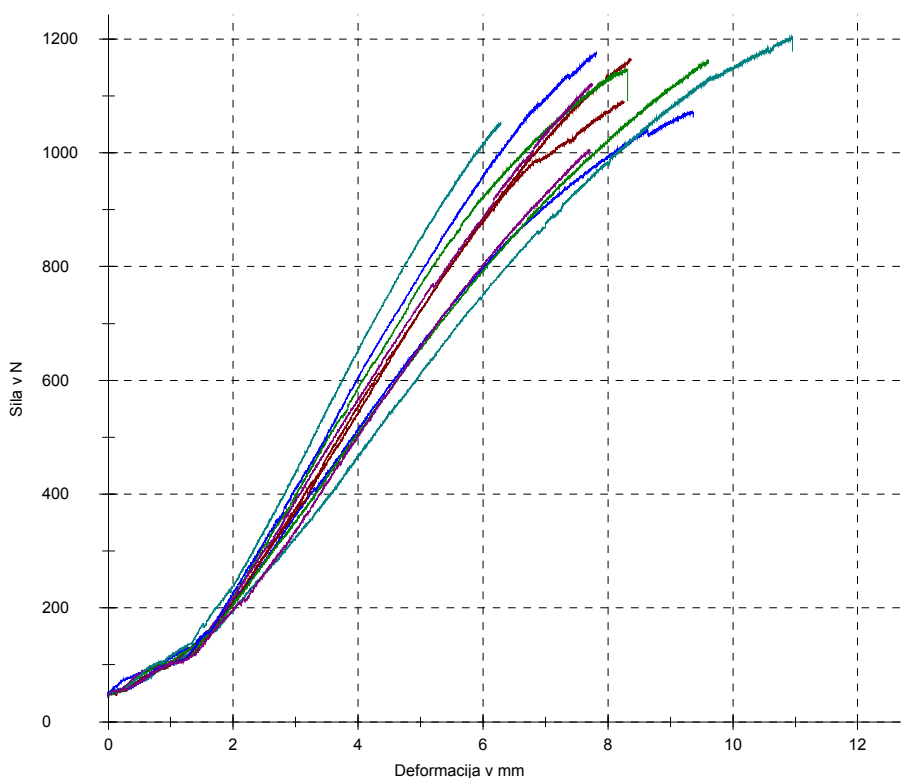
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	macesen	rakolD3	20	19,7	353,73	778,21	1414,93	7,15	2,41	4,1	64,64	2065,47
2	macesen	rakolD3	20,1	20,1	383,6	843,91	1534,38	7,27	2,41	4,11	68,02	2149,92
3	macesen	rakolD3	20,1	20,2	376,27	827,8	1505,1	7,39	2,42	4,27	66,39	1928,33
4	macesen	rakolD3	19,1	20,3	313,27	689,2	1253,09	6,38	2,19	3,81	60,91	2126,18
5	macesen	rakolD3	19,8	19,2	385,14	847,3	1540,55	7,4	2,38	4,25	73,68	2149,11
6	macesen	rakolD3	19,8	20,1	334,85	736,67	1339,41	8,39	2,42	4,37	61,19	1711,63
7	macesen	rakolD3	20,1	20,1	380,32	836,7	1521,28	7,75	2,38	4,31	67,44	1877,54
8	macesen	rakolD3	19,7	20,2	304,22	669,28	1216,87	7,23	2,23	3,99	55,88	1740,63
9	macesen	rakolD3	19,8	19,8	354,7	780,33	1418,78	8	2,43	4,27	65,8	1950,56
10	macesen	rakolD3	19,8	20,1	399,01	877,82	1596,04	7,33	2,35	4,14	72,92	2221,90
najmanjša vrednost											55,88	1711,63
največja vrednost											73,68	2221,90
srednja vrednost											65,69	1992,13
standardni odklon											5,15	169,28



Priloga H: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljenega z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

Priloga I: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

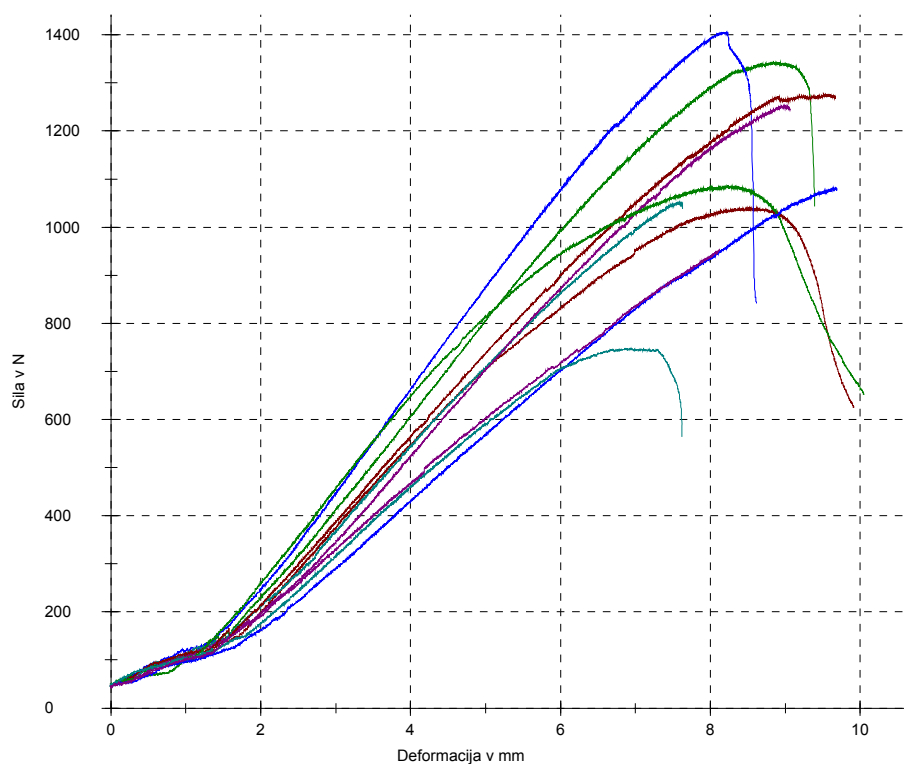
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	smreka	rakolD3	20,1	19,8	291,31	640,88	1165,24	8,35	2,49	4,49	52,44	1408,82
2	smreka	rakolD3	20,2	20,1	286,88	631,13	1147,51	8,31	2,36	4,24	50,37	1432,42
3	smreka	rakolD3	19,8	20,1	268,38	590,44	1073,53	9,34	2,42	4,5	49,04	1286,14
4	smreka	rakolD3	20	19,4	301,33	662,92	1205,31	10,94	2,82	5,36	55,92	1188,76
5	smreka	rakolD3	20,1	20,2	280,52	617,14	1122,08	7,74	2,37	4,29	49,5	1385,17
6	smreka	rakolD3	19,9	20,1	272,62	599,77	1090,48	8,22	2,38	4,31	49,32	1386,88
7	smreka	rakolD3	19,9	20,1	290,92	640,03	1163,7	9,6	2,57	4,89	52,63	1231,19
8	smreka	rakolD3	19,8	19,8	294,2	647,24	1176,8	7,81	2,38	4,22	54,58	1617,89
9	smreka	rakolD3	20,1	19,8	263,37	579,42	1053,49	6,28	2,12	3,65	47,41	1665,01
10	smreka	rakolD3	20	20,2	251,62	553,56	1006,48	7,7	2,43	4,32	44,84	1281,22
najmanjša vrednost											44,84	1188,76
največja vrednost											55,92	1665,01
srednja vrednost											50,61	1388,35
standardni odklon											3,17	147,67



Priloga J: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL E-WB 0301 D3

Priloga K: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

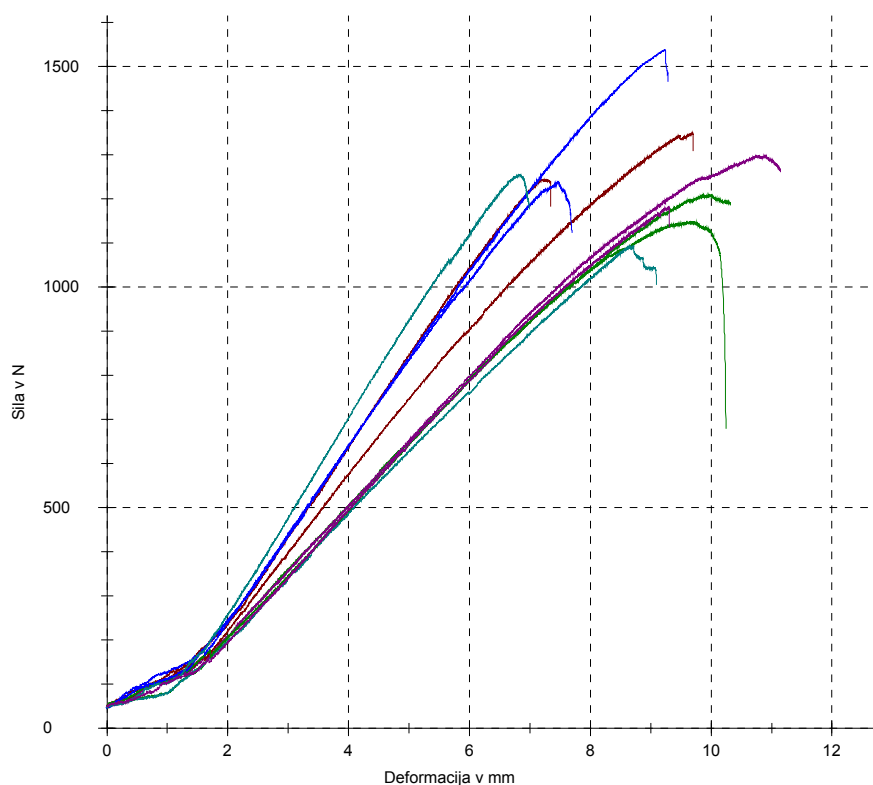
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	česnja	rakolD4	19,8	20	260,29	572,64	1041,16	8,51	2,34	4,14	47,8	1448,60
2	česnja	rakolD4	19,8	19,9	335,81	738,79	1343,26	8,85	2,6	4,67	61,98	1633,31
3	česnja	rakolD4	20,1	19,7	351,42	773,13	1405,68	8,2	2,54	4,51	63,58	1734,20
4	česnja	rakolD4	20,1	19,6	263,18	579	1052,72	7,56	2,38	4,19	47,86	1420,76
5	česnja	rakolD4	20,2	19,6	313,47	689,62	1253,86	9	2,8	4,93	56,44	1416,69
6	česnja	rakolD4	19,9	19,7	319,25	702,34	1276,98	9,58	2,61	4,8	58,93	1460,28
7	česnja	rakolD4	19,9	19,9	271,85	598,07	1087,4	8,24	2,06	3,72	49,67	1624,03
8	česnja	rakolD4	20,1	19,6	270,69	595,53	1082,78	9,66	2,84	5,19	49,23	1125,54
9	česnja	rakolD4	20,1	19,6	187,08	411,57	748,31	6,86	2,07	3,64	34,02	1164,28
10	česnja	rakolD4	19,8	20,1	238,33	524,32	953,31	8,12	2,31	4,38	43,55	1147,61
najmanjša vrednost											34,02	1125,54
največja vrednost											63,58	1734,20
srednja vrednost											51,31	1417,53
standardni odklon											8,60	203,60



Priloga L: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga M: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

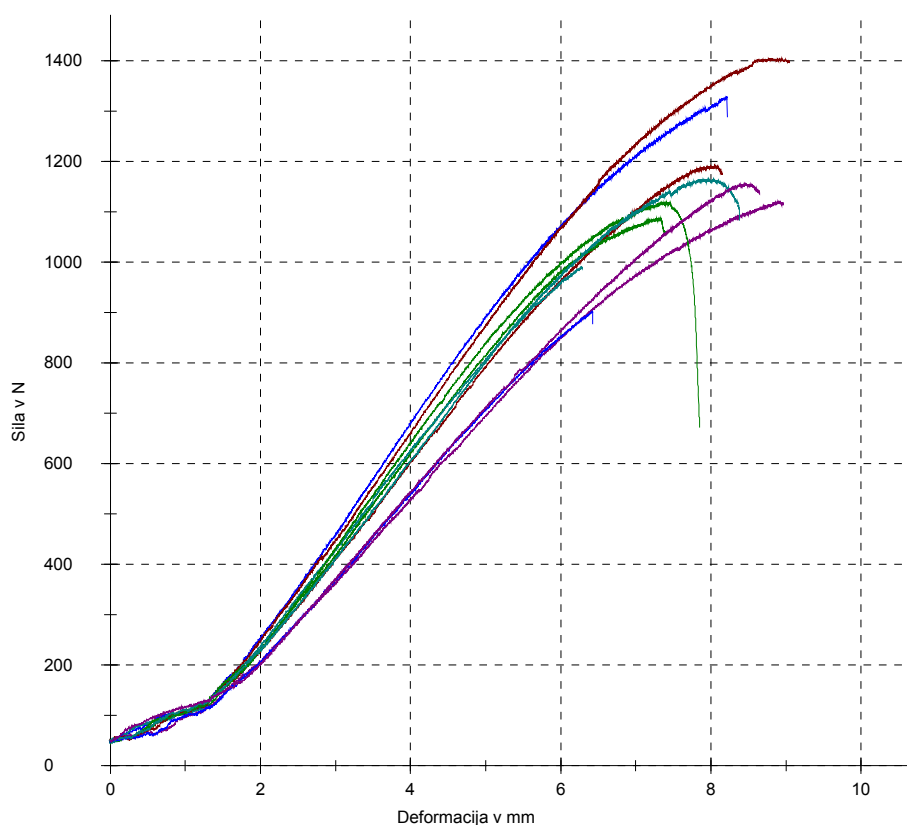
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	hrast	rakolD4	20	20	311,15	684,54	1244,61	7,21	2,41	4,21	56,01	1680,26
2	hrast	rakolD4	19,7	20	287,26	631,98	1149,05	9,66	2,52	4,86	53,29	1248,61
3	hrast	rakolD4	19,9	20,2	384,56	846,03	1538,24	9,23	2,75	5,05	69,23	1633,47
4	hrast	rakolD4	19,9	20	273,39	601,46	1093,57	8,65	2,55	4,81	49,71	1193,64
5	hrast	rakolD4	19,8	20,2	324,83	714,63	1299,33	10,8	2,78	5,42	59,07	1220,38
6	hrast	rakolD4	20,3	19,8	337,55	742,61	1350,2	9,69	2,66	4,97	59,57	1372,02
7	hrast	rakolD4	19,9	19,7	302,48	665,46	1209,94	9,85	2,7	5,14	55,83	1241,86
8	hrast	rakolD4	19,9	20,1	310,19	682,42	1240,76	7,47	2,37	4,2	56,12	1664,22
9	hrast	rakolD4	19,9	20,1	314,04	690,9	1256,17	6,82	2,27	3,94	56,81	1846,35
10	hrast	rakolD4	19,8	20	295,55	650,21	1182,19	9,3	2,68	5,02	54,28	1265,25
najmanjša vrednost											49,71	1193,64
največja vrednost											69,23	1846,35
srednja vrednost											56,99	1436,60
standardni odklon											4,88	230,30



Priloga N: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga O: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

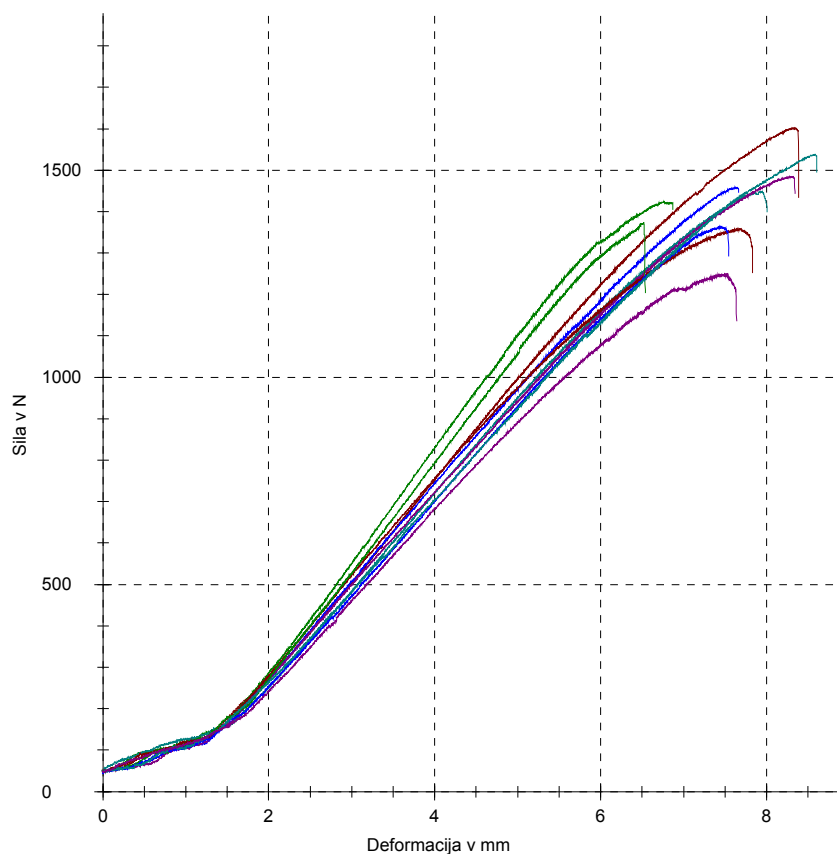
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	meranti	rakolD4	20,1	20,1	298,25	656,14	1192,98	8,05	2,4	4,28	52,89	1511,52
2	meranti	rakolD4	19,8	20	272,04	598,49	1088,17	7,27	2,22	3,89	49,96	1631,85
3	meranti	rakolD4	20,2	20,1	332,35	731,16	1329,39	8,21	2,41	4,23	58,35	1714,15
4	meranti	rakolD4	20,2	19,7	247,77	545,09	991,07	6,27	2,05	3,57	44,39	1561,22
5	meranti	rakolD4	19,8	20,2	280,13	616,3	1120,54	8,9	2,46	4,5	50,94	1362,03
6	meranti	rakolD4	20,2	19,6	351,23	772,7	1404,91	8,77	2,51	4,52	63,24	1682,15
7	meranti	rakolD4	19,8	19,8	279,94	615,87	1119,77	7,33	2,26	3,87	51,93	1759,41
8	meranti	rakolD4	19,7	20	225,8	496,77	903,21	6,41	2,12	3,74	41,89	1417,69
9	meranti	rakolD4	19,8	19,9	291,31	640,88	1165,24	7,86	2,35	4,18	53,77	1602,65
10	meranti	rakolD4	20	20	289,19	636,22	1156,76	8,46	2,52	4,55	52,05	1384,70
najmanjša vrednost											58,27	1362,03
največja vrednost											63,24	1759,41
srednja vrednost											51,94	1562,74
standardni odklon											5,80	133,37



Priloga P: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga Q: Rezultati testiranja preizkušancev macesna lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

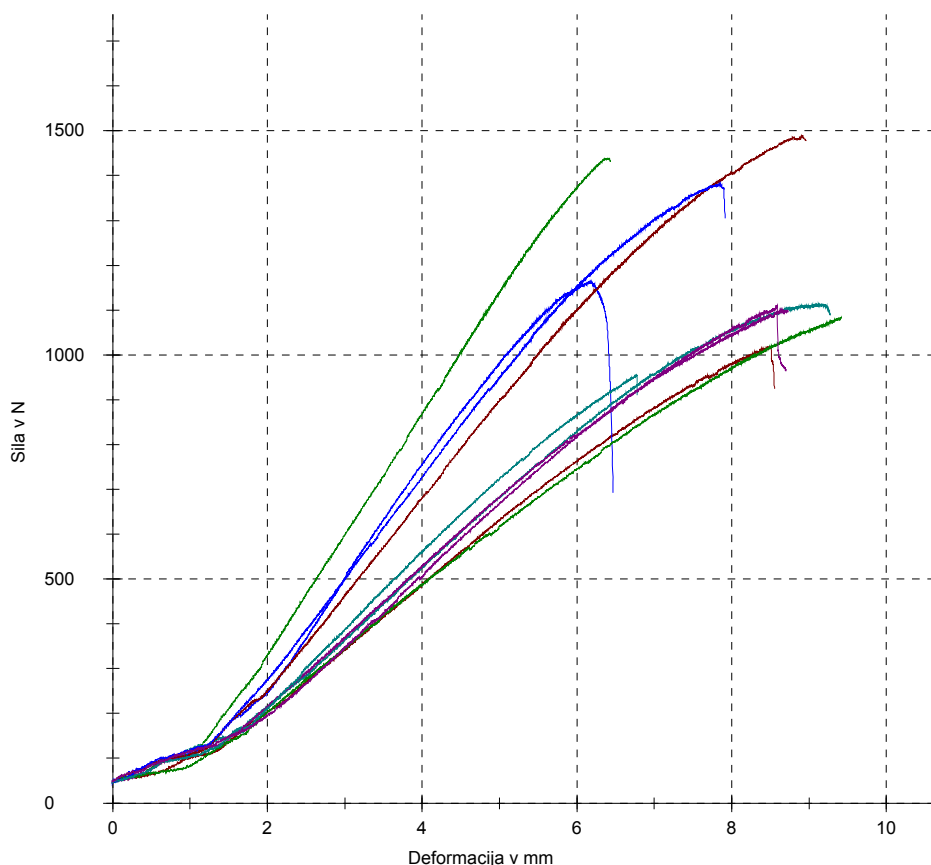
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	macesen	rakolD4	20,1	19,7	400,55	881,21	1602,2	8,3	2,56	4,53	72,47	1976,62
2	macesen	rakolD4	19,9	20,1	356,04	783,3	1424,18	6,77	2,27	3,83	64,41	2240,87
3	macesen	rakolD4	19,7	20,2	364,91	802,8	1459,63	7,64	2,4	4,24	67,03	1997,11
4	macesen	rakolD4	20,2	19,5	362,21	796,86	1448,84	7,93	2,48	4,32	65,55	1904,75
5	macesen	rakolD4	20,1	19,8	371,27	816,78	1485,06	8,27	2,44	4,43	66,83	1804,50
6	macesen	rakolD4	20,2	20	340,05	748,12	1360,21	7,68	2,26	3,96	60,00	1887,15
7	macesen	rakolD4	19,9	19,8	343,33	755,32	1373,31	6,52	2,27	3,86	63,05	2152,14
8	macesen	rakolD4	19,8	19,7	341,21	750,66	1364,84	7,43	2,4	4,22	63,62	1906,66
9	macesen	rakolD4	19,9	19,7	384,75	846,45	1539,01	8,58	2,56	4,64	71,02	1853,00
10	macesen	rakolD4	19,7	19,9	312,5	687,51	1250,01	7,49	2,33	4,03	58,27	1879,09
najmanjša vrednost											58,27	1804,50
največja vrednost											72,47	2240,87
srednja vrednost											65,23	1960,19
standardni odklon											4,19	130,71



Priloga R: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga S: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

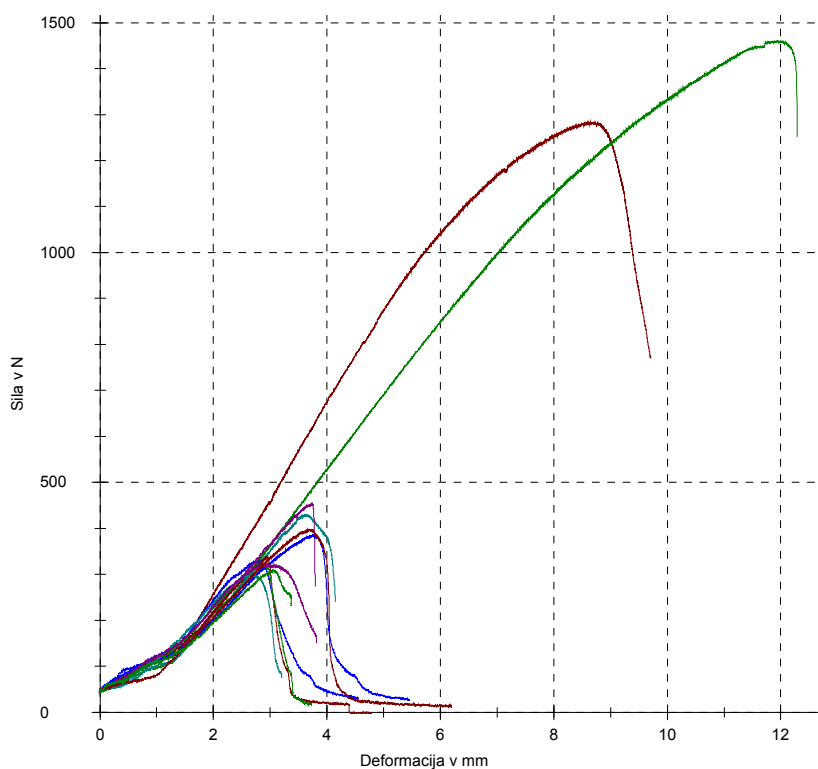
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	smreka	rakolD4	19,7	19,7	254,7	560,35	1018,81	8,5	2,4	4,49	47,97	1258,40
2	smreka	rakolD4	20	19,8	359,9	791,78	1439,59	6,41	2,1	3,74	65,44	2154,61
3	smreka	rakolD4	19,9	20,2	291,12	640,46	1164,47	6,18	2,19	3,54	52,4	2106,73
4	smreka	rakolD4	20,1	20	278,59	612,91	1114,37	9,16	2,44	4,54	49,65	1270,37
5	smreka	rakolD4	19,8	19,6	275,32	605,7	1101,27	8,65	2,4	4,49	51,6	1346,54
6	smreka	rakolD4	19,8	19,9	372,42	819,33	1489,68	8,92	2,58	4,62	68,74	1838,00
7	smreka	rakolD4	19,9	19,7	270,89	595,95	1083,55	9,41	2,45	4,82	50	1144,97
8	smreka	rakolD4	19,9	19,7	345,64	760,41	1382,56	7,84	2,32	4,14	63,8	1902,46
9	smreka	rakolD4	20,1	19,7	238,9	525,59	955,62	6,76	2,15	3,79	43,22	1416,18
10	smreka	rakolD4	19,8	19,8	277,82	611,21	1111,29	8,57	2,58	4,63	51,54	1371,33
najmanjša vrednost											43,22	1144,97
največja vrednost											68,74	2154,61
srednja vrednost											54,44	1580,96
standardni odklon											8,03	359,39



Priloga T: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom RAKOLL®-GXL-4 Plus

Priloga U: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Icema 145/12

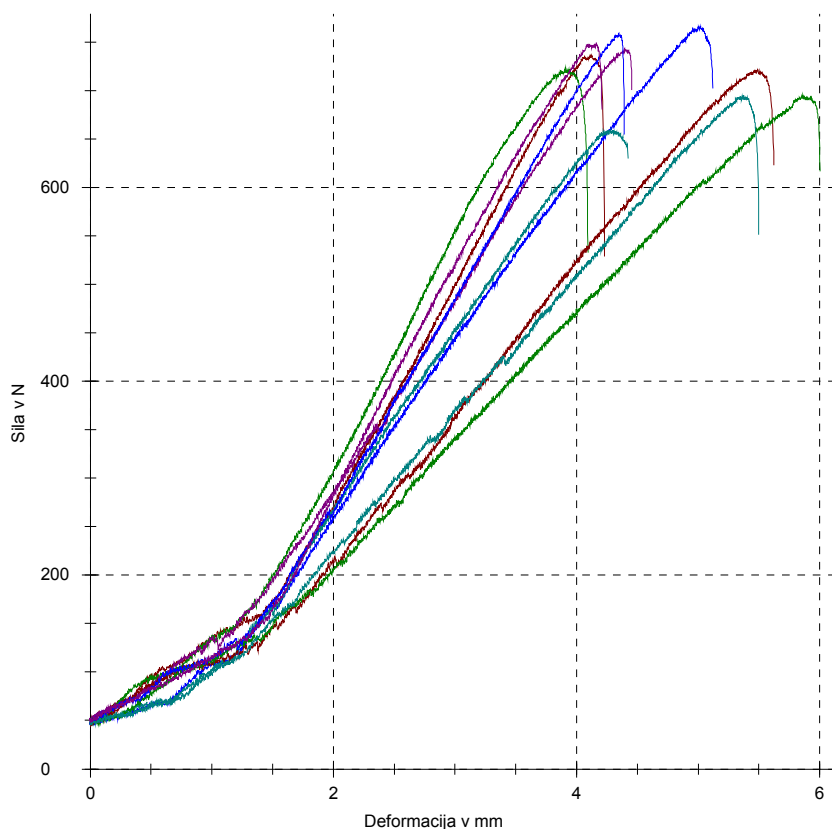
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	česnja	icema	19,7	19,8	83,04	182,68	332,15	2,75	0,33	1,63	14,65	656,19
2	česnja	icema	19,9	19,6	107,7	236,94	430,8	3,63	1,18	2,23	20,08	1032,76
3	česnja	icema	20,3	19,8	113,86	250,5	455,46	3,72	1,03	2,2	20,29	913,78
4	česnja	icema	19,7	19,9	84,77	186,5	339,09	2,93	0,49	1,78	15,03	671,76
5	česnja	icema	20,2	19,8	79,38	174,63	317,51	2,83	0,37	1,61	13,87	610,00
6	česnja	icema	20,2	19,9	96,33	211,93	385,33	3,72	0,62	2,11	17,43	613,01
7	česnja	icema	20,2	20,2	75,14	165,31	300,56	2,71	0,55	1,44	13,87	788,63
8	česnja	icema	19,8	20,3	80,53	177,17	322,14	2,9	0,45	1,62	14,28	679,34
9	česnja	icema	19,8	19,9	99,42	218,71	397,66	3,68	1,15	2,08	17,54	1076,16
10	česnja	icema	20,2	19,9	77,45	170,39	309,81	3,04	0,5	1,81	13,53	560,57
najmanjša vrednost											13,53	560,57
največja vrednost											20,29	1076,16
srednja vrednost											16,06	760,22
standardni odklon											2,46	175,43



Priloga V: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga W: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Icema 145/12

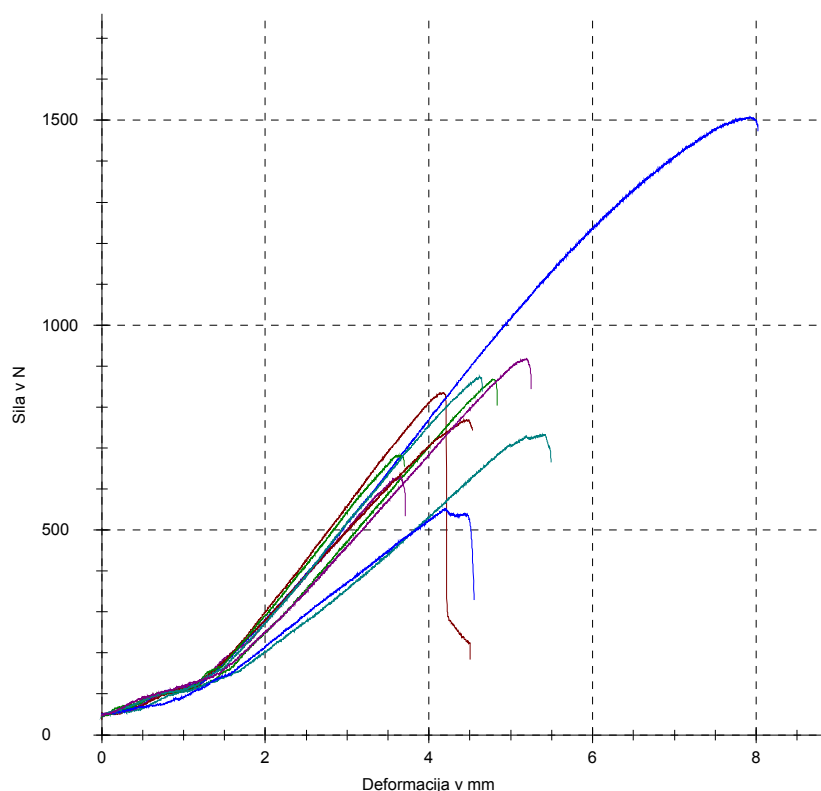
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	hrast	icema	20,1	19,8	183,99	404,79	735,98	4,11	1,57	2,6	33,12	1727,88
2	hrast	icema	20,3	20	180,72	397,58	722,88	3,91	1,41	2,38	31,58	1731,79
3	hrast	icema	19,9	20,1	191,51	421,32	766,04	5,01	1,64	2,87	34,65	1528,67
4	hrast	icema	19,8	19,9	164,73	362,4	658,91	4,28	1,48	2,49	30,41	1642,01
5	hrast	icema	19,5	19,9	185,73	408,6	742,92	4,4	1,45	2,65	35,34	1631,24
6	hrast	icema	19,9	19,8	180,33	396,74	721,34	5,48	1,79	3,2	33,12	1274,79
7	hrast	icema	20,2	20	173,78	382,32	695,13	5,86	1,7	3,3	30,66	1024,68
8	hrast	icema	20,2	19,8	189,77	417,5	759,1	4,35	1,6	2,69	33,82	1659,13
9	hrast	icema	20	19,9	173,78	382,32	695,13	5,37	1,69	3,07	31,44	1230,19
10	hrast	icema	20,3	19,9	187,27	411,99	749,08	4,16	1,62	2,52	32,88	1943,85
najmanjša vrednost											30,41	1024,68
največja vrednost											35,34	1943,85
srednja vrednost											32,70	1539,42
standardni odklon											1,57	264,59



Priloga X: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga Y: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Icema 145/12

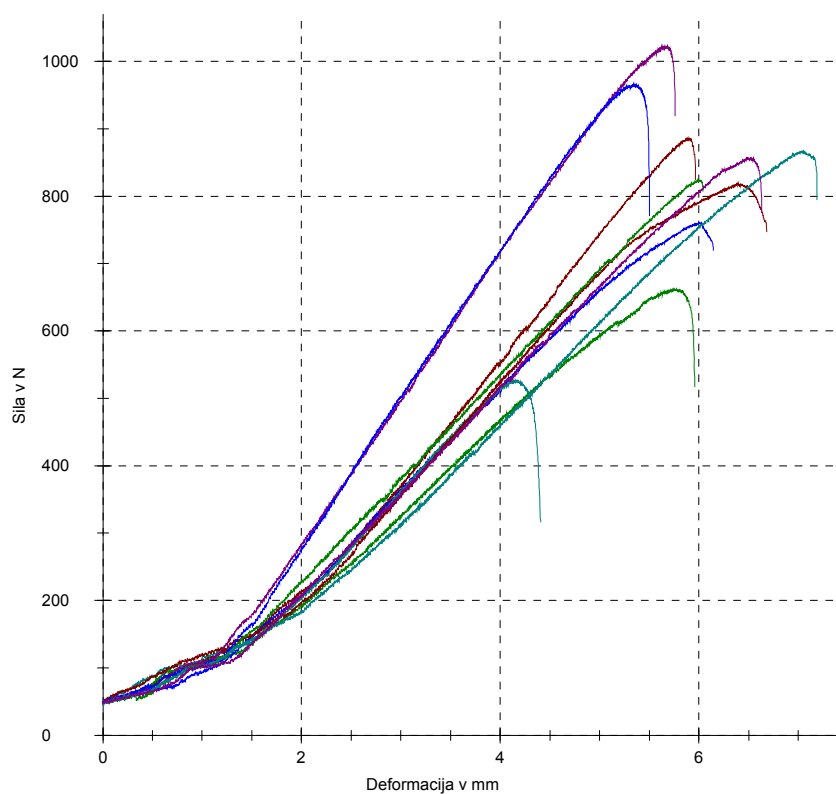
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	macesen	icema	20,2	19,8	208,85	459,47	835,39	4,17	1,63	2,62	37,22	2010,32
2	macesen	icema	19,8	19,9	217,13	477,69	868,53	4,8	1,83	3,02	40,08	1837,03
3	macesen	icema	20,1	19,8	377,05	829,5	1508,18	7,93	2,43	4,24	67,87	2014,85
4	macesen	icema	19,7	20,1	183,42	403,52	733,67	5,37	1,87	3,28	33,86	1316,47
5	macesen	icema	19,8	20,1	157,41	346,3	629,63	3,65	1,36	2,32	28,76	1634,37
6	macesen	icema	20,2	20,2	192,66	423,86	770,66	4,46	1,56	2,65	33,66	1651,05
7	macesen	icema	20,3	20,2	170,89	375,97	683,57	3,61	1,49	2,33	29,56	1872,45
8	macesen	icema	20	19,4	137,95	303,49	551,79	4,19	1,42	2,55	25,6	1223,31
9	macesen	icema	19,9	19,2	218,67	481,08	874,7	4,62	1,75	2,85	41,41	2043,30
10	macesen	icema	19,8	19,8	229,46	504,82	917,86	5,19	1,88	3,21	42,57	1745,80
najmanjša vrednost											25,60	1223,31
največja vrednost											67,87	2043,30
srednja vrednost											38,06	1734,90
standardni odklon											11,30	270,69



Priloga Z: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga AA: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Icema 145/12

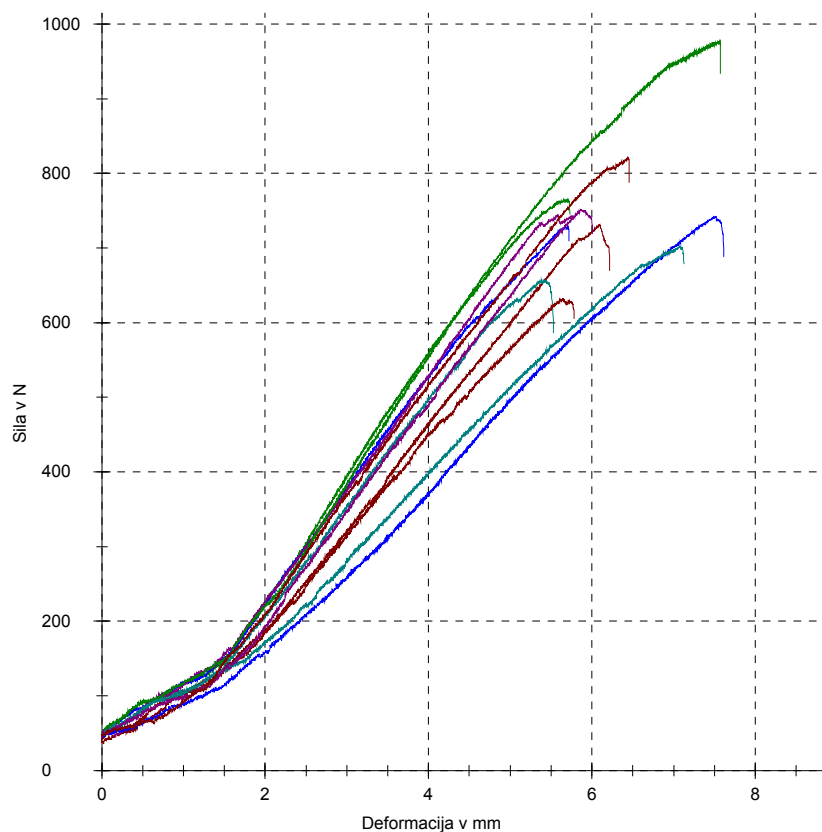
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	meranti	icema	20,2	20	221,56	487,44	886,26	5,87	2,08	3,64	39,1	1339,93
2	meranti	icema	19,7	19,8	165,69	364,52	662,77	5,75	1,76	3,26	31,05	1134,83
3	meranti	icema	19,9	20	190,16	418,35	760,64	6,01	1,85	3,35	34,57	1250,90
4	meranti	icema	19,8	20,2	131,78	289,92	527,13	4,15	1,35	2,57	23,96	1071,37
5	meranti	icema	20,2	19,8	255,67	562,47	1022,66	5,66	1,87	3,3	45,57	1703,75
6	meranti	icema	20,2	19,9	204,8	450,57	819,21	6,38	2,07	3,56	36,32	1303,29
7	meranti	icema	19,8	19,8	205,96	453,11	823,83	6,01	1,86	3,47	38,21	1294,43
8	meranti	icema	20,2	19,8	241,79	531,95	967,18	5,37	1,85	3,14	43,1	1786,21
9	meranti	icema	20,2	20,2	216,75	476,85	866,99	7,02	2,25	4,1	37,87	1094,38
10	meranti	icema	19,9	20,2	214,44	471,76	857,74	6,48	2,04	3,73	38,6	1239,60
najmanjša vrednost											23,96	1071,37
največja vrednost											45,57	1786,21
srednja vrednost											36,84	1321,87
standardni odklon											5,76	228,95



Priloga BB: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga CC: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Icema 145/12

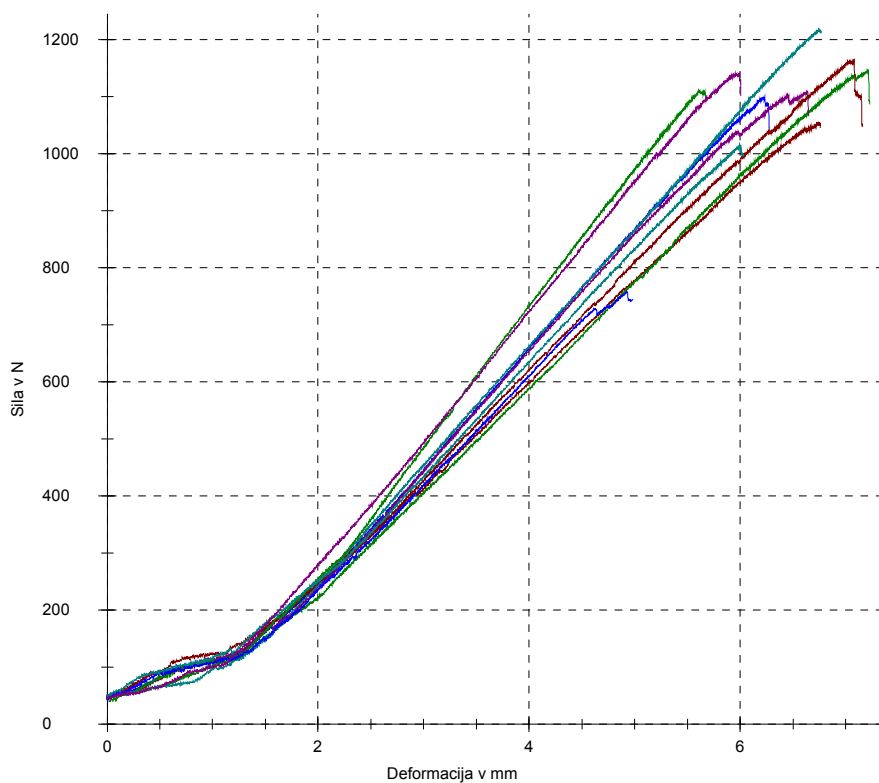
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	smreka	icema	20,2	19,9	182,84	402,25	731,36	6,08	1,95	3,56	32,42	1076,78
2	smreka	icema	20,2	19,7	191,32	420,9	765,26	5,65	1,78	3,15	34,27	1337,51
3	smreka	icema	19,8	20,1	182,26	400,97	729,04	5,67	1,74	3,13	33,31	1306,97
4	smreka	icema	20,2	19,6	164,34	361,55	657,37	5,38	1,68	3,06	29,59	1146,42
5	smreka	icema	19,8	19,6	186,11	409,45	744,46	5,56	1,73	3,22	34,88	1276,83
6	smreka	icema	19,7	19,8	158,18	347,99	632,71	5,64	1,78	3,23	29,64	1120,71
7	smreka	icema	19,9	19,9	244,49	537,88	977,97	7,54	2,2	3,9	44,68	1426,23
8	smreka	icema	19,8	19,7	185,54	408,18	742,14	7,49	2,25	4,27	34,59	934,10
9	smreka	icema	20,1	19,8	175,71	386,56	702,84	7,07	2,03	3,89	31,63	913,72
10	smreka	icema	20,2	19,8	187,85	413,27	751,39	5,86	1,97	3,43	33,48	1226,10
najmanjša vrednost											29,59	913,72
največja vrednost											44,68	1426,23
srednja vrednost											33,85	1176,54
standardni odklon											4,03	161,12



Priloga DD: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Icema 145/12

Priloga EE: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

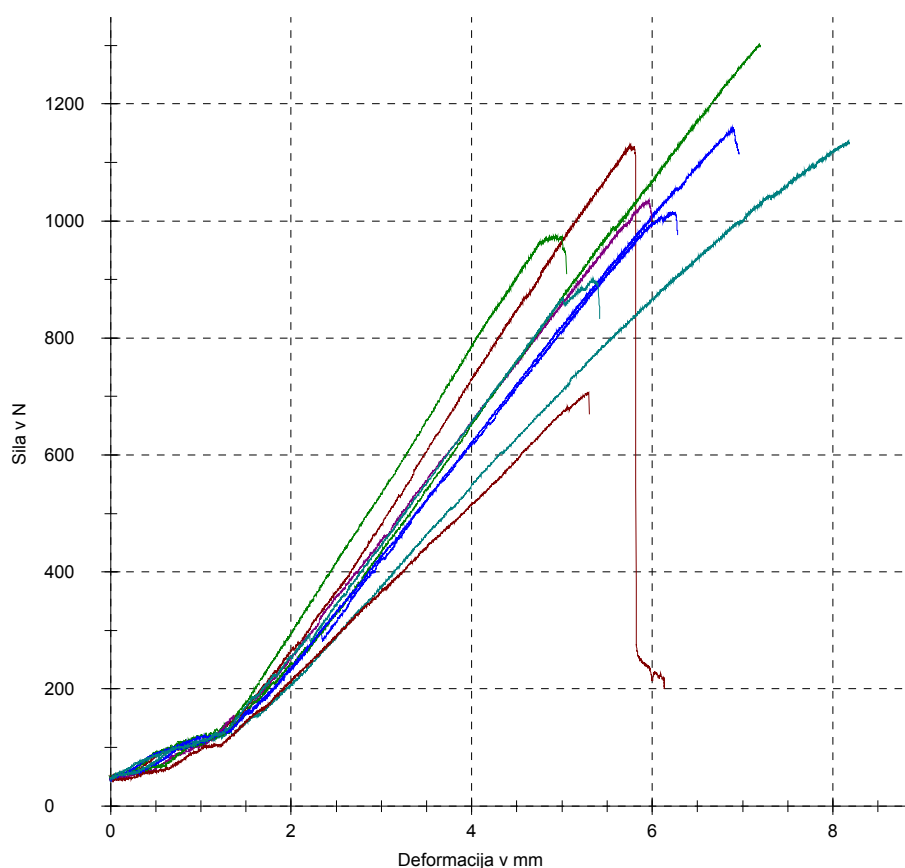
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	češnja	kazeinsko	19,9	19,9	263,79	580,34	1055,16	6,73	2,11	3,88	48,2	1477,96
2	češnja	kazeinsko	19,9	19,9	286,75	630,86	1147,02	7,21	2,34	4,24	52,4	1496,71
3	češnja	kazeinsko	20	19,9	274,79	604,54	1099,16	6,22	2,19	3,75	49,71	1720,77
4	češnja	kazeinsko	20	19,9	304,51	669,92	1218,03	6,74	2,28	4,03	55,09	1699,83
5	češnja	kazeinsko	20,3	20	277,49	610,48	1109,97	6,63	2,21	3,79	48,48	1632,53
6	češnja	kazeinsko	20,2	19,7	291,19	640,62	1164,77	7,08	2,25	4,1	52,16	1507,55
7	češnja	kazeinsko	20,2	19,7	277,88	611,33	1111,51	5,61	2,13	3,51	49,78	1928,57
8	češnja	kazeinsko	20,2	20,1	189,5	416,89	757,99	4,93	1,74	2,99	33,27	1423,04
9	češnja	kazeinsko	20,2	19,7	253,76	558,26	1015,03	6	2	3,62	45,46	1500,23
10	češnja	kazeinsko	20,2	19,8	285,21	627,46	1140,84	5,96	2,03	3,59	50,83	1742,23
najmanjša vrednost											33,27	1423,04
največja vrednost											55,09	1928,57
srednja vrednost											48,54	1612,94
standardni odklon											5,67	150,83



Priloga FF: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Priloga GG: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

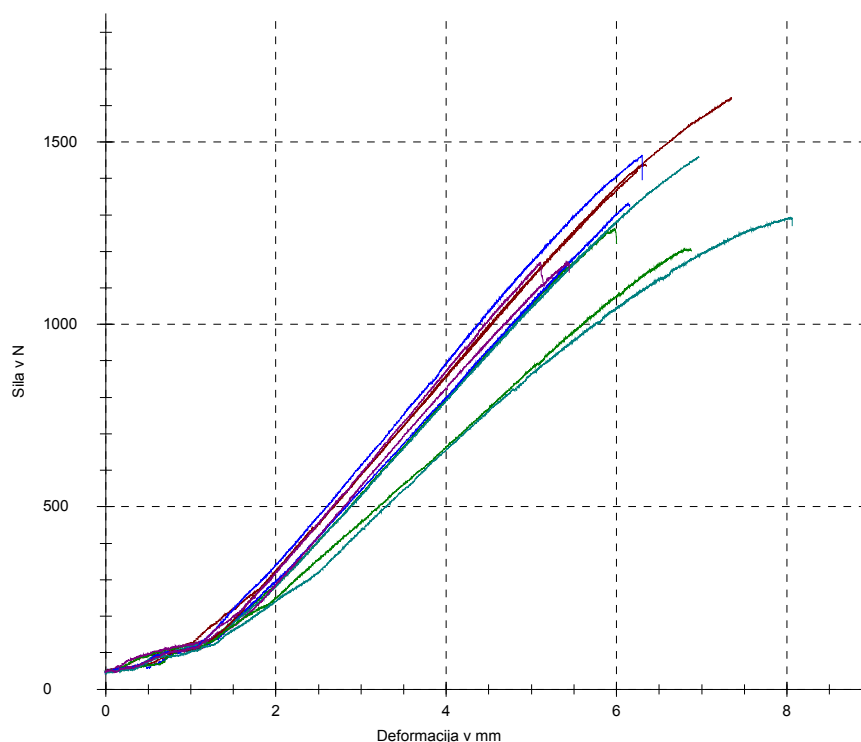
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	hrast	kazeinsko	20,2	19,8	282,7	621,93	1130,78	5,76	2,11	3,56	50,39	1857,86
2	hrast	kazeinsko	19,7	20,1	243,72	536,18	974,87	4,94	1,78	3,01	44,99	2005,26
3	hrast	kazeinsko	20,1	19,7	289,84	637,64	1159,34	6,89	2,29	4,08	52,44	1574,08
4	hrast	kazeinsko	20,1	19,7	284,05	624,9	1136,19	8,16	2,46	4,48	51,39	1366,98
5	hrast	kazeinsko	20,2	19,8	258,77	569,29	1035,07	5,95	2,02	3,55	46,12	1611,70
6	hrast	kazeinsko	19,5	20	176,76	388,87	707,03	5,29	1,76	3,15	33,47	1333,58
7	hrast	kazeinsko	19,5	20	325,73	716,6	1302,91	7,18	2,47	4,29	61,68	1876,86
8	hrast	kazeinsko	19,9	19,9	254,14	559,1	1016,55	6,23	2,1	3,71	46,44	1565,34
9	hrast	kazeinsko	20,2	20	225,19	495,42	900,77	5,35	1,82	3,23	39,74	1506,73
10	hrast	kazeinsko	20,2	19,8	285,21	627,46	1140,84	5,96	2,03	3,59	50,83	1742,23
najmanjša vrednost											33,47	1333,58
največja vrednost											61,68	2005,26
srednja vrednost											47,75	1644,06
standardni odklon											7,25	210,76



Priloga HH: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Slika 12: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

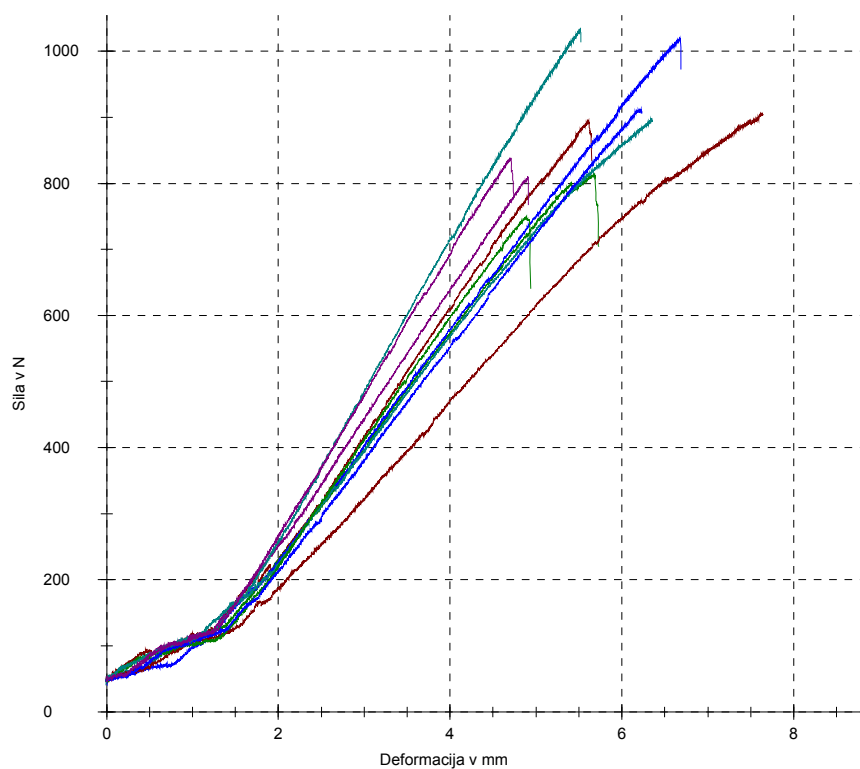
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	macesen	kazeinsko	20,5	19,8	405,24	891,53	1620,95	7,35	2,31	4,11	70,13	2052,58
2	macesen	kazeinsko	19,9	19,3	315,7	694,54	1262,8	5,98	2,13	3,61	59,48	2181,14
3	macesen	kazeinsko	20,2	19,7	332,68	731,9	1330,73	6,13	2,16	3,73	59,6	2029,54
4	macesen	kazeinsko	20,3	20,1	364,71	802,37	1458,86	6,96	2,33	4,04	63,41	1972,70
5	macesen	kazeinsko	20,1	20	292,35	643,17	1169,4	5,42	2,02	3,32	52,1	2153,42
6	macesen	kazeinsko	20,1	19,7	359,7	791,33	1438,79	6,33	2,12	3,77	65,08	2119,23
7	macesen	kazeinsko	19,8	19,9	301,81	663,97	1207,23	6,8	2,23	3,99	55,71	1726,41
8	macesen	kazeinsko	20	20,1	365,87	804,92	1463,49	6,29	2,09	3,68	65,53	2225,54
9	macesen	kazeinsko	19,7	20,2	323,23	711,1	1292,9	8,04	2,51	4,26	59,37	1859,96
10	macesen	kazeinsko	20,2	20,2	292,35	643,17	1169,4	5,1	1,91	3,18	51,08	2150,21
najmanjša vrednost											51,08	1726,41
največja vrednost											70,13	2225,54
srednja vrednost											60,15	2047,07
standardni odklon											5,76	148,55



Priloga II: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Priloga JJ: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

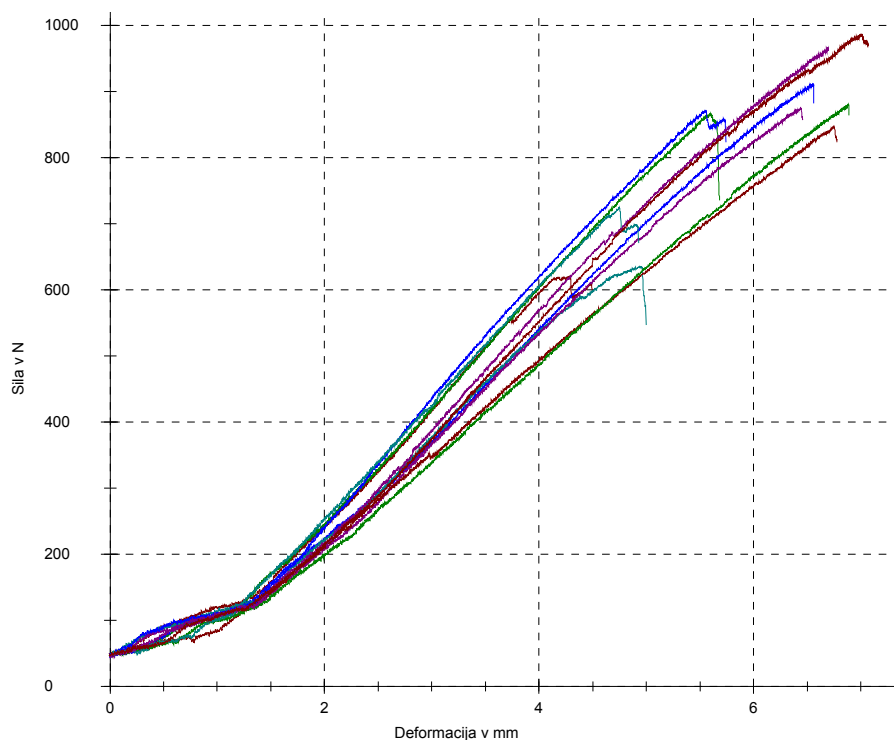
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	smreka	kazeinsko	20,1	19,7	155,15	341,33	620,59	4,28	1,48	2,59	28,07	1358,82
2	smreka	kazeinsko	19,8	20,2	216,71	476,75	866,82	5,59	1,8	3,31	39,41	1423,38
3	smreka	kazeinsko	20	20,1	227,9	501,38	911,59	6,56	2,03	3,76	40,82	1274,09
4	smreka	kazeinsko	19,7	19,7	158,81	349,39	635,26	4,94	1,58	2,84	29,91	1301,51
5	smreka	kazeinsko	19,7	19,8	218,83	481,42	875,32	6,44	2,08	3,67	41,01	1413,91
6	smreka	kazeinsko	20	20,2	211,69	465,72	846,76	6,74	1,99	3,78	37,73	1138,14
7	smreka	kazeinsko	20,2	19,7	220,18	484,4	880,72	6,88	2,17	3,99	39,44	1158,72
8	smreka	kazeinsko	19,6	19,7	218,06	479,73	872,23	5,56	1,88	3,23	41,49	1693,52
9	smreka	kazeinsko	20,2	20,1	181,2	398,64	724,8	4,75	1,57	2,83	31,81	1349,97
10	smreka	kazeinsko	19,7	20,1	241,6	531,52	966,4	6,69	2,15	3,79	44,6	1490,89
najmanjša vrednost											28,07	1138,14
največja vrednost											44,6	1693,52
srednja vrednost											37,43	1360,29
standardni odklon											5,25	153,60



Priloga KK: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Priloga LL: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

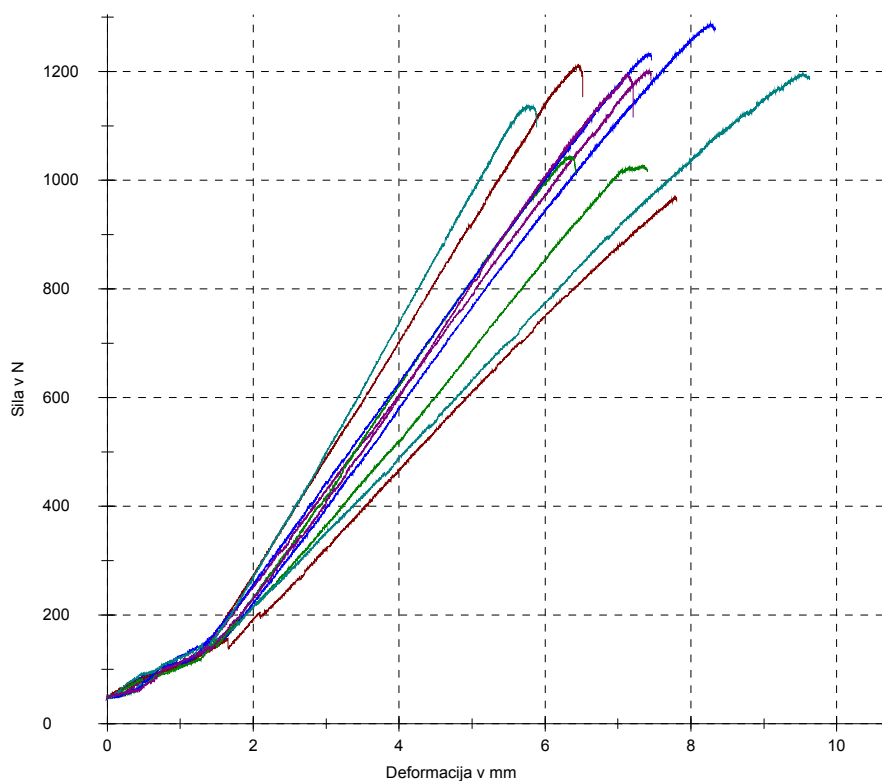
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	meranti	kazeinsko	20	19,9	223,84	492,45	895,36	5,61	1,96	3,39	40,49	1529,14
2	meranti	kazeinsko	20,4	19,6	203,39	447,45	813,55	5,68	1,84	3,26	35,91	1338,65
3	meranti	kazeinsko	19,8	19,8	255,1	561,22	1020,41	6,67	2,16	3,9	47,32	1483,50
4	meranti	kazeinsko	20,2	20,1	224,61	494,15	898,45	6,34	2	3,56	39,44	1351,62
5	meranti	kazeinsko	20,3	20,2	202,61	445,75	810,46	4,91	1,71	3,01	35,05	1434,43
6	meranti	kazeinsko	19,8	19,6	226,54	498,39	906,17	7,61	2,28	4,19	42,45	1212,41
7	meranti	kazeinsko	20,1	20,1	187,76	413,06	751,03	4,89	1,81	3	33,29	1503,26
8	meranti	kazeinsko	20,2	19,9	228,09	501,79	912,35	6,22	2,09	3,69	40,45	1351,61
9	meranti	kazeinsko	19,9	20,1	258,58	568,87	1034,3	5,51	2	3,36	46,78	1866,72
10	meranti	kazeinsko	19,6	20,1	209,56	461,04	838,25	4,69	1,74	2,91	39,08	1840,60
najmanjša vrednost											33,29	1212,41
največja vrednost											47,32	1866,72
srednja vrednost											40,03	1491,19
standardni odklon											4,40	201,97



Priloga MM: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z AURO kazeinskim lepilom

Priloga NN: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

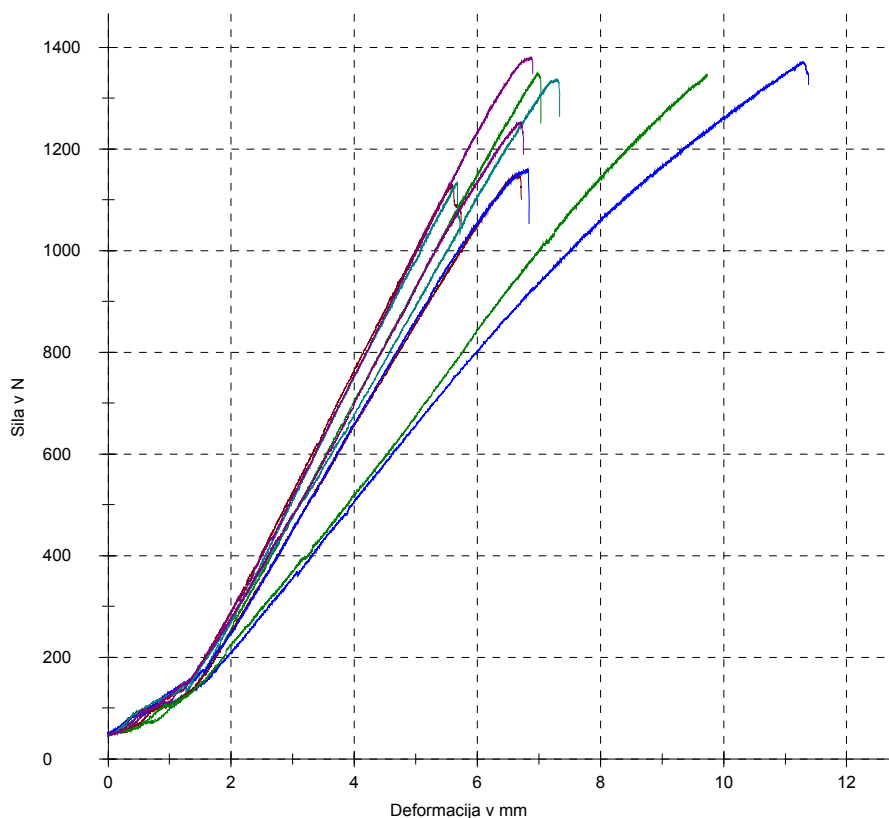
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	češnja	rakolitTM80	19,9	19,6	303,06	666,74	1212,25	6,45	2,15	3,84	56,23	1805,60
2	češnja	rakolitTM80	19,9	19,8	257,01	565,43	1028,06	7,35	2,3	4,28	47,2	1293,77
3	češnja	rakolitTM80	19,8	20,1	322,14	708,7	1288,54	8,26	2,58	4,68	58,87	1529,01
4	češnja	rakolitTM80	20,2	19,7	299,02	657,83	1196,06	9,52	2,63	5,17	53,57	1127,50
5	češnja	rakolitTM80	20,1	19,5	300,56	661,23	1202,23	7,42	2,27	4,31	54,94	1446,98
6	češnja	rakolitTM80	19,6	20,1	242,76	534,07	971,03	7,79	2,45	4,46	45,27	1241,08
7	češnja	rakolitTM80	20	20	261,06	574,33	1044,24	6,37	2,16	3,76	46,99	1585,93
8	češnja	rakolitTM80	20,1	19,7	308,26	678,18	1233,05	7,41	2,27	4,26	55,77	1505,93
9	češnja	rakolitTM80	20	19,7	284,37	625,62	1137,49	5,76	2,07	3,54	51,97	1908,99
10	češnja	rakolitTM80	20	20	298,82	657,41	1195,29	7,11	2,39	4,27	53,79	1544,99
najmanjša vrednost											45,27	1127,50
največja vrednost											58,87	1908,99
srednja vrednost											52,46	1498,98
standardni odklon											4,30	228,49



Priloga OO: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

Priloga PP: Rezultati testiranja preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

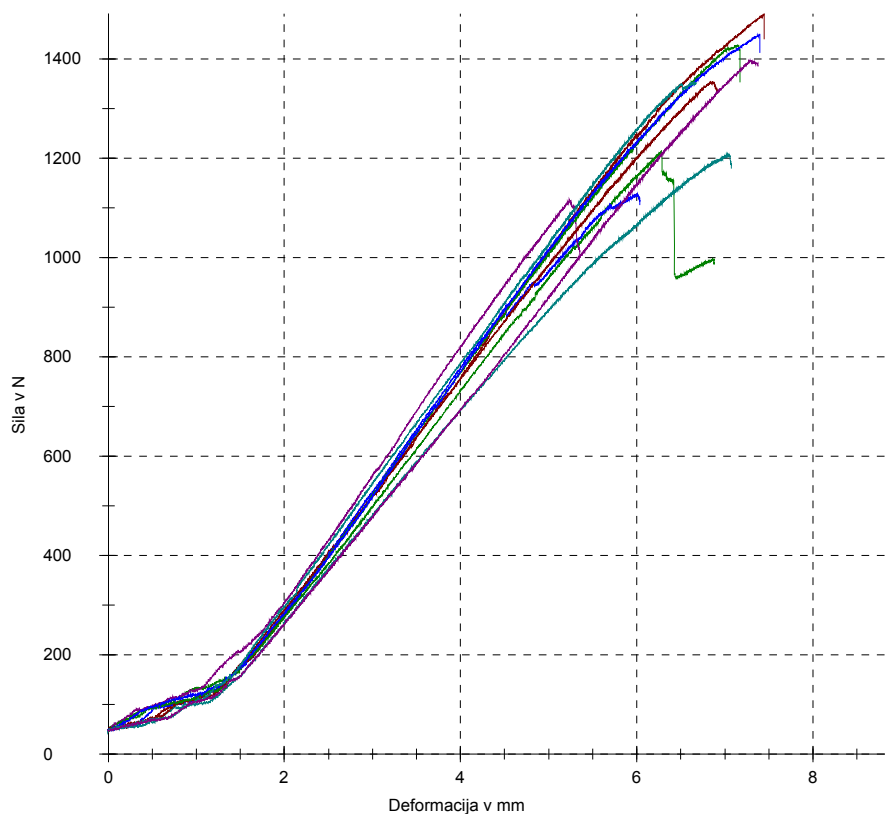
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	hrast	rakolitTM80	19,9	19,5	282,45	621,38	1129,79	5,58	1,97	3,43	52,67	1957,80
2	hrast	rakolitTM80	19,9	20,1	337,36	742,18	1349,42	6,99	2,36	4,17	61,03	1829,92
3	hrast	rakolitTM80	20,2	20,2	342,94	754,48	1371,77	11,28	2,9	5,65	59,91	1164,87
4	hrast	rakolitTM80	20,2	19,9	283,41	623,5	1133,64	5,66	2,07	3,47	50,26	1919,39
5	hrast	rakolitTM80	20,1	19,9	344,87	758,71	1379,48	6,82	2,27	4,02	61,77	1896,52
6	hrast	rakolitTM80	20,2	20,2	287,46	632,4	1149,82	6,63	2,18	3,89	50,22	1570,17
7	hrast	rakolitTM80	20,1	20,2	336,78	740,91	1347,11	9,73	2,78	5,39	59,42	1223,34
8	hrast	rakolitTM80	20	19,9	289,96	637,91	1159,84	6,79	2,22	3,89	52,46	1696,14
9	hrast	rakolitTM80	19,9	19,7	334,27	735,4	1337,09	7,27	2,31	4,28	61,7	1699,80
10	hrast	rakolitTM80	19,8	19,7	313,27	689,2	1253,09	6,69	2,18	3,98	58,41	1770,02
najmanjša vrednost											50,22	1164,87
največja vrednost											61,77	1957,80
srednja vrednost											56,79	1672,80
standardni odklon											4,56	264,20



Priloga QQ: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz hrasta lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

Priloga RR: Rezultati testiranja preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

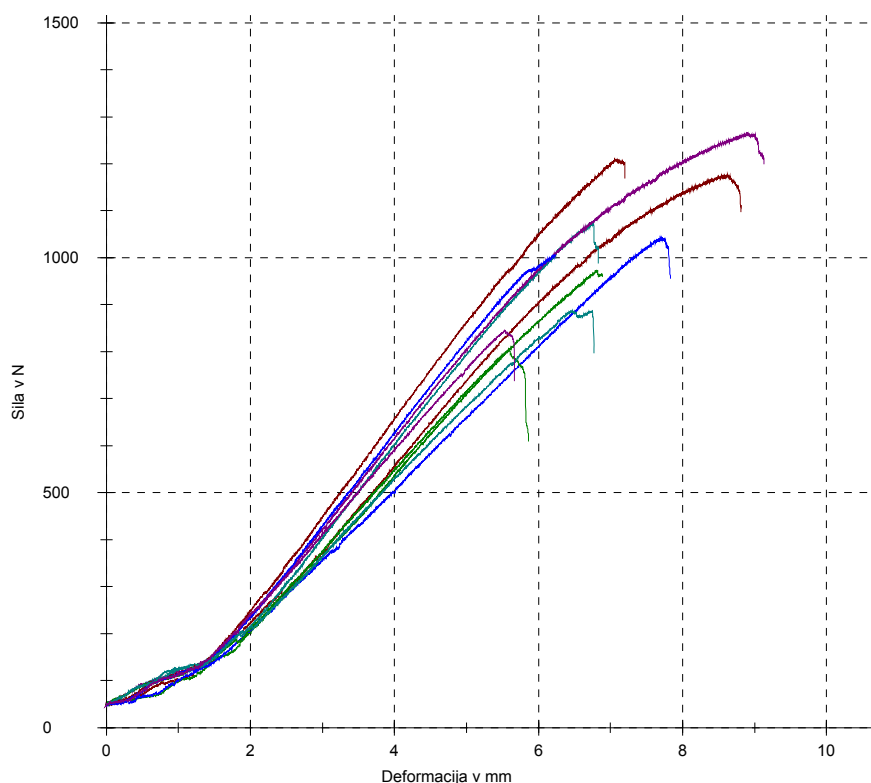
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	macesen	rakolitTM80	20,1	20,1	372,61	819,75	1490,46	7,44	2,37	4,24	66,07	1898,55
2	macesen	rakolitTM80	20,1	19,8	303,83	668,43	1215,33	6,28	2,12	3,74	54,69	1814,07
3	macesen	rakolitTM80	19,8	19,8	282,06	620,53	1128,25	6	1,98	3,37	52,33	2053,29
4	macesen	rakolitTM80	19,9	19,4	302,29	665,04	1209,16	7,04	2,17	3,86	56,66	1819,55
5	macesen	rakolitTM80	19,7	19,1	279,36	614,6	1117,46	5,24	1,89	3,22	54,27	2237,06
6	macesen	rakolitTM80	19,8	19,9	338,51	744,73	1354,05	6,86	2,23	3,96	62,48	1970,02
7	macesen	rakolitTM80	20	19,6	357,01	785,42	1428,03	7,13	2,33	4,07	65,57	2035,02
8	smreka	rakolitTM80	19,8	19,9	362,4	797,29	1449,61	7,39	2,35	4,1	66,89	2084,96
9	macesen	rakolitTM80	20	20,1	338,51	744,73	1354,05	6,65	2,16	3,83	60,63	1960,49
10	macesen	rakolitTM80	19,8	19,8	349,49	768,89	1397,98	7,29	2,41	4,34	64,83	1832,38
najmanjša vrednost											52,33	1814,07
največja vrednost											66,89	2237,06
srednja vrednost											60,44	1970,54
standardni odklon											5,24	129,14



Priloga SS: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz macesna lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

Priloga TT: Rezultati testiranja preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

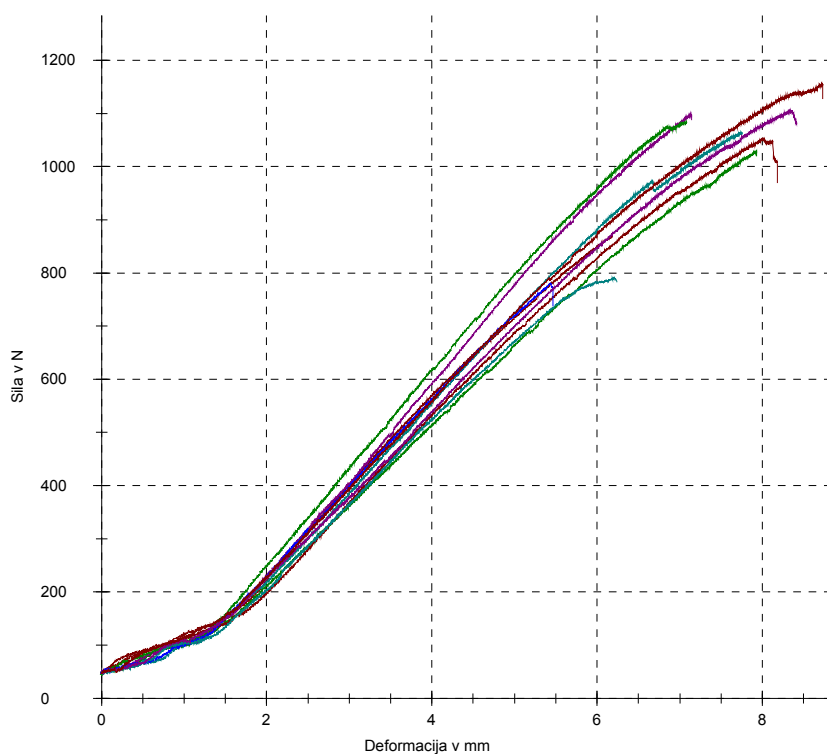
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	meranti	rakolitTM80	19,9	19,9	294,39	647,66	1177,57	8,62	2,53	4,48	53,79	1497,15
2	meranti	rakolitTM80	19,8	19,9	243,34	535,34	973,34	6,79	2,23	3,99	44,91	1391,96
3	meranti	rakolitTM80	19,8	19,7	260,68	573,49	1042,7	7,71	2,34	4,43	48,6	1268,46
4	meranti	rakolitTM80	19,9	19,8	268,57	590,86	1074,3	6,76	2,31	3,94	49,32	1642,25
5	meranti	rakolitTM80	20	19,8	316,36	695,98	1265,42	8,89	2,45	4,42	57,52	1576,64
6	meranti	rakolitTM80	20	20	302,48	665,46	1209,94	7,06	2,29	4,04	54,45	1680,08
7	meranti	rakolitTM80	19,8	19,9	201,53	443,36	806,11	5,59	1,94	3,39	37,2	1399,26
8	meranti	rakolitTM80	19,7	20,2	251,62	553,56	1006,48	6,23	2,08	3,63	46,22	1634,72
9	meranti	rakolitTM80	20,2	20,2	222,14	488,71	888,57	6,46	2,11	3,76	38,81	1257,55
10	meranti	rakolitTM80	20	20	211,55	465,4	846,18	5,53	1,84	3,3	38,08	1408,35
najmanjša vrednost											37,20	1257,55
največja vrednost											57,52	1680,08
srednja vrednost											46,89	1475,64
standardni odklon											6,84	146,07



Priloga UU: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

Priloga VV: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

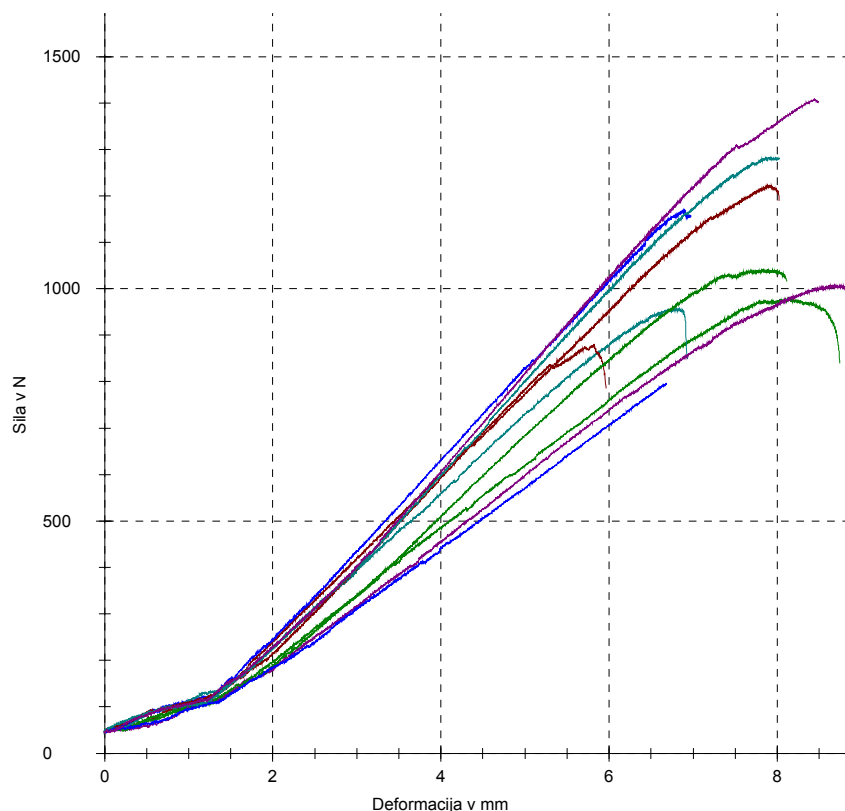
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	smreka	rakolitTM80	19,7	20,2	217,33	478,12	1030,37	6,17	1,97	3,43	39,92	1498,97
2	smreka	rakolitTM80	19,9	20,2	257,59	566,7	1105,9	7,93	2,31	4,33	46,37	1245,82
3	smreka	rakolitTM80	20,2	20,2	342,94	754,48	1371,77	11,28	2,9	5,65	42,27	1164,87
4	smreka	rakolitTM80	20,2	19,8	266,46	586,2	1099,73	7,74	2,29	4,16	47,49	1357,82
5	smreka	rakolitTM80	20,1	19,7	274,93	604,85	1053,49	7,13	2,24	4,08	49,74	1452,58
6	smreka	rakolitTM80	20,2	19,8	263,37	579,42	1085,86	8	2,4	4,29	46,94	1327,94
7	smreka	rakolitTM80	20,1	20,2	271,46	597,22	780,68	7,08	2,12	3,89	47,9	1454,09
8	smreka	rakolitTM80	19,5	19,8	195,17	429,37	791,47	5,44	1,78	3,18	37,33	1476,71
9	smreka	rakolitTM80	19,5	19,8	197,87	435,31	1105,9	6,19	1,94	3,43	37,84	1406,71
10	smreka	rakolitTM80	20	20,2	276,47	608,24	1156,76	8,32	2,33	4,43	49,27	1267,01
najmanjša vrednost											37,33	1164,87
največja vrednost											49,74	1498,97
srednja vrednost											44,51	1365,25
standardni odklon											4,49	106,33



Priloga WW: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Rakollit TM 80 + trdilec WS 1

Priloga XX: Rezultati testiranja preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Titebond D3

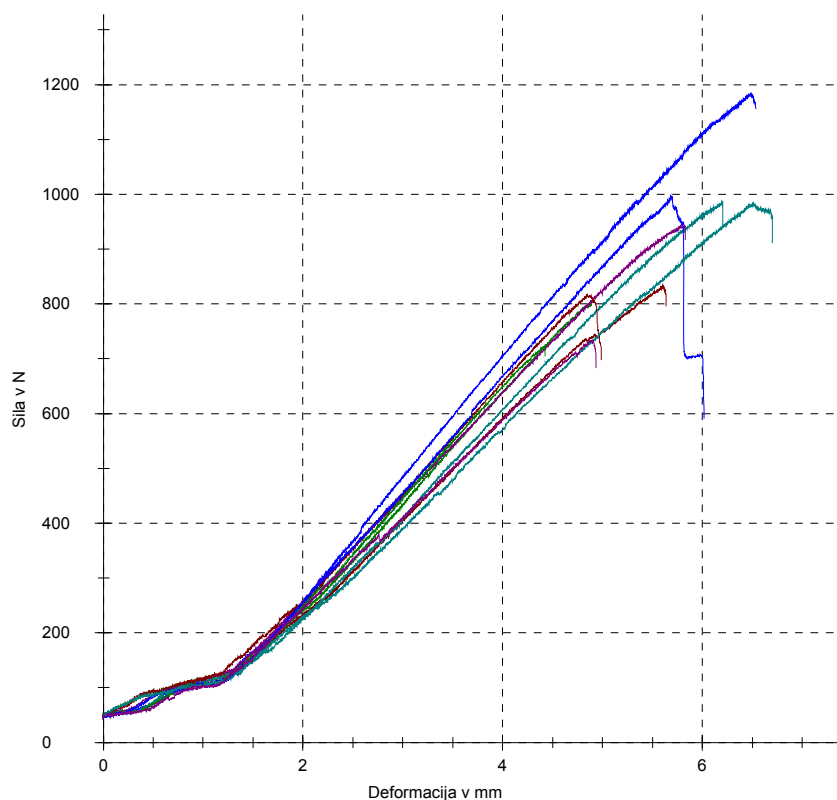
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	češnja	titebond	20	19,8	305,86	672,89	1223,43	7,9	2,36	4,43	55,61	1450,71
2	češnja	titebond	20	19,8	244,88	538,74	979,52	8,14	2,34	4,39	44,52	1172,83
3	češnja	titebond	19,6	19,8	292,54	643,6	1170,17	6,89	2,25	4,06	55,38	1686,07
4	češnja	titebond	20,1	19,8	239,48	526,85	957,91	6,84	2,06	3,81	43,11	1323,59
5	češnja	titebond	20,1	19,8	252,02	554,44	1008,08	8,74	2,51	4,7	45,37	1113,06
6	češnja	titebond	19,8	20	219,99	483,97	879,95	5,82	2,03	3,43	40,4	1574,06
7	češnja	titebond	20	19,9	260,32	572,7	1041,27	7,82	2,49	4,35	47,09	1367,20
8	češnja	titebond	20,1	19,9	198,95	437,7	795,81	6,67	2,15	3,99	35,63	1040,61
9	češnja	titebond	20,1	19,8	320,91	706	1283,64	7,92	2,54	4,54	57,77	1551,97
10	češnja	titebond	19,9	19,7	351,98	774,35	1407,91	8,44	2,73	4,8	64,97	1703,34
najmanjša vrednost											35,63	1040,61
največja vrednost											64,97	1703,34
srednja vrednost											48,99	1398,35
standardni odklon											8,61	223,56



Priloga YY: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz češnje lepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga ZZ: Rezultati testiranja preizkušancev iz meranti zlepljeno z lepilom Titebond D3

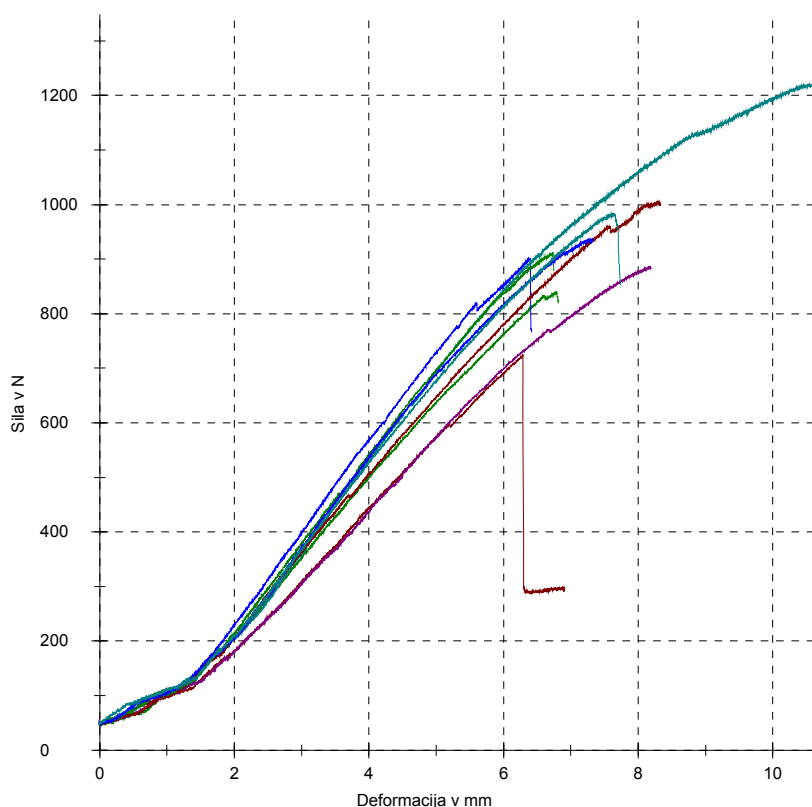
	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	meranti	titebond	19,8	19,8	208,22	458,07	832,86	5,6	1,82	3,29	38,63	1433,20
2	meranti	titebond	20,2	20,1	200,3	440,67	801,21	4,89	1,73	3,03	35,17	1446,41
3	meranti	titebond	20,2	20	296,21	651,66	1184,84	6,49	2,17	3,76	52,27	1757,53
4	meranti	titebond	20,2	20,1	246,42	542,13	985,69	6,2	2,12	3,66	43,27	1502,10
5	meranti	titebond	19,8	19,8	235,81	518,78	943,24	5,82	1,88	3,37	43,75	1601,39
6	meranti	titebond	19,7	20,2	203,97	448,73	815,88	4,84	1,67	2,96	37,47	1592,23
7	meranti	titebond	19,8	19,9	180,62	397,37	722,48	4,42	1,64	2,76	33,34	1623,67
8	meranti	titebond	20,1	19,7	249,13	548,08	996,5	5,68	1,95	3,45	45,07	1614,57
9	meranti	titebond	19,8	19,7	245,65	540,43	982,61	6,5	2,13	3,81	45,8	1487,07
10	meranti	titebond	20,1	19,8	183,52	403,73	734,06	4,89	1,65	2,96	33,04	1354,93
najmanjša vrednost											33,04	1354,93
največja vrednost											52,27	1757,53
srednja vrednost											40,78	1541,31
standardni odklon											5,94	111,81



Priloga AAA: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz merantija lepljeno z lepilom Titebond D3

Priloga BBB: Rezultati testiranja preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Titebond D3

	Vzorec	Lepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	Σ	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	smreka	titebond	19,5	19,8	181,19	398,63	724,78	6,28	2	3,67	34,66	1149,37
2	smreka	titebond	19,8	19,8	210,14	462,31	840,55	6,78	2,03	3,72	38,98	1258,20
3	smreka	titebond	20,2	19,8	225,58	496,27	902,3	6,39	1,97	3,55	40,21	1360,51
4	smreka	titebond	19,8	19,8	305,27	671,59	1221,08	10,53	2,68	4,87	56,63	1410,46
5	smreka	titebond	19,8	19,8	221,72	487,78	886,87	8,17	2,32	4,36	41,13	1099,75
6	smreka	titebond	19,7	20,1	251,43	553,15	1005,73	8,3	2,29	4,32	46,41	1253,48
7	smreka	titebond	19,9	19,7	228,08	501,79	912,34	6,73	2,08	3,78	42,1	1344,07
8	smreka	titebond	20	19,8	234,45	515,79	937,81	7,32	2,19	3,87	42,2	1370,16
9	smreka	titebond	20	19,8	246,03	541,27	984,12	7,63	2,26	4,08	44,73	1327,25
10	smreka	titebond	19,8	19,8	305,27	671,59	1218,11	10,53	2,68	4,87	56,63	1410,46
najmanjša vrednost											34,66	1099,75
največja vrednost											56,63	1410,46
srednja vrednost											44,37	1298,37
standardni odklon											6,83	101,17



Priloga CCC: Sila v odvisnosti od povesa pri štiri točkovni obremenitvi preizkušancev iz smreke lepljeno z lepilom Titebond D3