

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matevž KLOPČIČ

**VPLIV GOSTOTE ZUNANJEGA SLOJA IVERNE
PLOŠČE NA NJENO TRDOTO**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matevž KLOPČIČ

**VPLIV GOSTOTE ZUNANJEGA SLOJA IVERNE PLOŠČE
NA NJENO TRDOTO**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**INFLUENCE OF PARTICLEBOARD SURFACE LAYER
DENSITY ON ITS HARDNESS**

B. SC. THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2011

Diplomski projekt je zaključek visokošolskega študija Tehnologij lesa in vlaknatih kompozitov 1. stopnje. Opravljen je bil na katedri za Lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Sergeja Medveda in za recenzenta prof. dr. Milana Šerneka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je projekt, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identičen tiskani verziji.

Matevž Klopčič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*862.2
KG	iverje/iverna plošča/sloji/gostota/trdota
AV	KLOPČIČ, Matevž
SA	MEDVED, Sergej (mentor)/ŠERNEK, Milan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2011
IN	VPLIV GOSTOTE ZUNANJEGA SLOJA IVERNE PLOŠČE NA NJENO TRDOTO
TD	Diplomski projekt (visokošolski strokovni študij – 1. st.)
OP	IX, 22 str., 9 pregl., 13 sl., 8 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Danes si težko predstavljamo življenje brez lesnih plošč, saj so nepogrešljiv material tako pri izdelavi pohištva kakor tudi pri uporabi v konstrukcijah. Proučevali smo vpliv strukture iverne plošče na njeno trdoto, predvsem z vidika vpliva gostote posameznega sloja iverne plošče. Izdelali smo 3 iverne plošče z različnimi deleži slojev, ter jim izmerili gostotni profil, trdoto površine, upogibno trdnost, odpornost proti udarcu trdega telesa ter debelinski nabrek. Ugotovili smo, da gostota zunanjega in srednjega sloja vpliva na trdoto površine, medtem ko korelacije med gostoto posameznega sloja in debelinskim nabrekom nismo zaznali. Najboljše lastnosti je imela plošča z enakim razmerjem srednjega ter zunanjega sloja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1
DC UDC 630*862.2
CX particles/particle board/layers/density/hardness
AU KLOPČIČ, Matevž
AA MEDVED, Sergej (supervisor)/ŠERNEK, Milan (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Tehnology
PY 2011
TI INFLUENCE OF PARTICLEBOARD SURFACE LAYER DENSITY
ON ITS HARDNESS
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO VIII, 22 p., 9 tab., 13 fig.,8 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Life without wood-based panels would nowadays be difficult to imagine because they are important for furniture and construction usage. Particleboard structure was researched to establish the effect on its hardness, regarding the influence of individual layer density. 3 particleboards with different share of layers were produced. Vertical density distribution, hardness, bending strength, hard body impact resistance and thickness swelling were determined. After the determination of the density profile the results showed that the density of an individual layer influenced the hardness, while thickness swelling was not influenced by surface and/or core layer density. It was found out that the board with the same share of surface and core layer had the best properties.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII

1	UVOD.....	1
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJ NALOGE	1
1.3	DELOVNE HIPOTEZE	1
2	DOSEDANJA RAZISKOVANJA	2
2.1	GOSTOTA PLOŠČE	2
2.2	GOSTOTA ZUNANJEGA SLOJA	2
2.3	MEHANSKE LASTNOSTI IN TRDOTA	2
3	MATERIALI IN METODE	3
3.1	MATERIALI	3
3.2	METODA DELA	4
3.2.1	Določanje gostotnega profila	7
3.3	DOLOČANJE TRDOTE POVRŠINE	8
3.4	UPOGIBNA TRDNOST	9
3.5	ODPORNOST PROTI UDARCU TRDEGA TELES 10	
3.6	DEBELINSKI NABREK	11
4	REZULTATI.....	12
4.1	TRDOTA POVRŠINE	16
4.2	MODUL ELASTIČNOSTI	17
4.3	POVRŠINSKA ODPORNOST	18
4.4	DEBELINSKI NABREK	19

5	DISKUSIJA	21
----------	------------------------	-----------

5.1	SKLEPI	21
-----	--------	----

6	VIRI.....	22
----------	------------------	-----------

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Povprečne vrednosti izmerjenih rezultatov.....	12
Preglednica 2: Maksimalna izmerjena gostota (kg/m^3).....	13
Preglednica 3: Povprečne gostote slojev (kg/m^3).....	13
Preglednica 4: Globina vtisa pri sili 1000 N.....	16
Preglednica 5: Sila potrebna za globino vtisa 2,5mm.....	16
Preglednica 6: Rezultati modula elastičnosti.....	17
Preglednica 7: Debelinski nabrek (%) in vpijanje vode (%) pri plošči A.....	19
Preglednica 8: Debelinski nabrek (%) in vpijanje vode (%) pri plošči B.....	19
Preglednica 9: Debelinski nabrek (%) in vpijanje vode (%) pri plošči C.....	19

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema razreza plošče v preskušance	4
Slika 2: Stroj za oblepljanje iveri (FM 130 D12F).....	5
Slika 3: Hidravlična stiskalnica za stiskanje plošč	5
Slika 4: Stroj za testiranje ZWICK/Z100	6
Slika 5: Vpenjalna glava stroja za testiranje ZWICK/Z100	6
Slika 6: Določanje gostotnega profila	7
Slika 7: Shematski prikaz določanja trdote površine	8
Slika 8: Shematski prikaz določanja upogibne trdnosti	9
Slika 9: Shematski prikaz ugotavljanja odpornosti proti udarcu trdega telesa	10
Slika 10: Potapljanje vzorcev v vodi.....	11
Slika 11: Maksimalna gostota po debelini plošče	14
Slika 12: Gostota sloja po debelini plošče	14
Slika 13: Natančen grafični prikaz gostotnega profila	15

1 UVOD

Človek in gozd sta bila že od nekdaj tesno povezana. Pozitivne lastnosti lesa je človek poznal že pred milijoni let. Razlika davnega ter današnjega časa je le, da ga danes, zaradi naših potreb, izkoriščamo v večjem obsegu, predvsem pa bolj ekonomično.

Zaradi naših potreb, se je poraba masivnega lesa znatno zvišala, posledično pa smo bili priča velikemu krčenju gozdov. Prav to nas je prisililo k bolj ekonomični porabi lesa, zato smo razvili najrazličnejše lesne plošče iz furnirja, iveri in vlaken, ki so omogočale lažjo izdelavo izdelkov, manjšo porabo masivnega lesa ter posledično manjše stroške.

Danes si težko predstavljamo življenje brez lesnih plošč, saj so nepogrešljiv material tako pri izdelavi pohištva kakor tudi pri uporabi v konstrukcijah. So kompakten, cenovno ugoden lesni kompozit, ki ima kljub sorazmerno enostavni zgradbi odlične mehanske lastnosti.

Lastnosti iverne plošče so odvisne od strukture plošče (deleža posameznega sloja, njegove debeline, gostote,...) in gradnikov iz katerih je narejena. Gostota posameznega sloja, kompaktnost plošče, trdota in trdnost so bistveni dejavniki, ki določajo lastnosti plošče.

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V nalogi bomo proučili vpliv strukture iverne plošče na njeno trdoto, predvsem z vidika vpliva gostote posameznega sloja iverne plošče.

1.2 CILJ NALOGE

Cilj naloge je ugotoviti vpliv gostote zunanjega sloja iverne plošče na njeno trdoto.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da bo imela iverna plošča z največjo gostoto najboljše upogibne, tlačne in mehanske lastnosti.

2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA

Slovenijo naj bi prekrivalo 58,5 % gozdov, kar nas uvršča na tretje mesto v Evropi po gozdnatosti (Zavod za gozdove Slovenije, 2008). Ta podatek nam pove, da imamo na razpolago ogromno lesne surovine, ki pa je žal ne znamo dobro izkoristiti. Veliko lesa uvažamo, namesto da bi uporabljali kvaliteten les, ki zraste na naših tleh, le-tega pa izvažamo in nato uvažamo polproizvode kot npr. deske, plošče,... Seveda premalo pozornosti posvečamo tudi lesnim podjetjem, ki bi se lahko pod okriljem takšne količine gozdov, kot jo imamo, odlično razvijala.

Kljub vsemu, imamo v Sloveniji kar nekaj podjetij, ki se ukvarjajo z izdelavo lesnih proizvodov. Nekatere izmed njih odpadno surovino uporabijo za ogrevanje, drugi pa jo bodisi zmeljejo ali pa preprosto prodajo drugim podjetjem, ki se ukvarjajo z izdelavo lesnih plošč. Najbolj znana izmed njih je tovarna Lesna - TIP Otiški vrh, ki se ukvarja z izdelavo ivernih plošč, že od leta 1973.

Danes poznamo različne vrste lesnih plošč za veliko namenov, kot so iverne plošče, OSB plošče, vezane plošče, vlaknene plošče, itd. Vsako izmed njih uporabljamo za specifične namene, saj se močno razlikujejo tako po zgradbi, kot po mehanskih lastnostih. V diplomski nalogi, se bomo zaradi najobsežnejše izbire ter porabe osredotočili na iverne plošče.

2.1 GOSTOTA PLOŠČE

Gostota plošče je pomemben podatek, ki nam v veliki meri že sam po sebi pove kakšne lastnosti ima plošča. Načeloma drži podatek da gostejši kot je material, boljše lastnosti ima. Kljub temu zaradi specifične namembnosti plošče delimo v tri skupine po gostoti. Prve so lahke plošče z gostoto do 500 kg/m^3 , sledijo normalne plošče gostote od 500 do 800 kg/m^3 ter težke plošče z gostoto nad 800 kg/m^3 .

2.2 GOSTOTA ZUNANJEGA SLOJA

Plošče s povišano gostoto vsebujejo iveri mehkih lesnih vrst z gostoto 0,3 do $0,5 \text{ g/cm}^3$ ker s tem dosežemo večjo zgostitev materiala, kot z ivermi gostejših lesnih vrst. Plošča z gostoto 1 g/cm^3 ima tako lahko faktor stiskanja celo 2,9:1. Tako izdelana plošča ima v primerjavi z običajnimi ploščami višjo upogibno trdnost in togost (Maloney, 1993).

Plošče s povišano gostoto imajo boljše mehansko-fizikalne lastnosti. Izjema je le debelinski nabrek, saj gostejše plošče nabrekajo bolj kot srednje goste (Maloney, 1993).

2.3 MEHANSKE LASTNOSTI IN TRDOTA

Lastnosti ivernih plošč (upogibna trdnost, modul elastičnosti, razslojna trdnost in debelinski nabrek) so odvisne tako od parametrov izdelave plošč (oblepljanje, natresanje, stiskanje), kot tudi od velikosti iverja (debelina, širina, dolžina), (Medved, 2000).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

Za izdelavo plošče smo uporabili industrijsko izdelano iverje. Iverje smo vzeli iz redne proizvodnje pred strojem za oblepljanje in je bilo sestavljeno iz:

- 78 % iglavcev, od tega je 99 % smrekovega iverja,
- 7 % bukve,
- 2 % hrasta in
- 13 % ostalih listavcev (jelša, akacija, breza, gaber).

Za lepljenje smo uporabili urea–formaldehidno (UF) lepilo. Lepilna mešanica za oblepljanje iverja je bila sestavljena po recepturi, ki temelji na absolutno suhi masi iverja in je sestavljena iz:

- UF lepilne smole proizvajalca Nafta Lendava z oznako Lendur. Vsebnost suhe snovi je bila 65,5 %.
- Utrjevalca v obliki 20 % raztopine amonijevega sulfata.
- Količina dodane vode je bila odvisna od vlažnosti iverja posameznega sloja.

Iverje za zunanji sloj smo oblepili z 10,5 %, iverje srednjega sloja pa s 6,5 % lepila (suha snov lepila - glede na maso suhega iverja).

3.2 METODA DELA

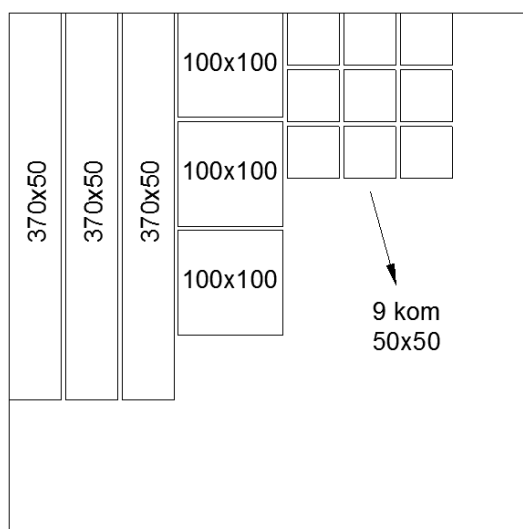
Da bi ugotovili kakšen vpliv ima gostota zunanjega sloja iverne plošče na njeno trdoto smo naredili tri iverne plošče dimenzij 500 mm x 500 mm x 17 mm z različnimi deleži zunanjega in srednjega sloja. Ploščo A smo izdelali z razmerjem 30 % zunanjega ter 70 % srednjega sloja, ploščo B z 40 % zunanjega ter 60 % srednjega sloja, ploščo C pa z enakima deležema zunanjega ter srednjega sloja.

Iverje smo oblepili v laboratorijskem stroju za oblepljanje iverja (slika 2) in sicer najprej za zunanji, nato pa za srednji sloj. Boljšo razpršitev lepila smo dosegli tako, da smo v šobo dovajali stisnjen zrak pod tlakom 3,5 bara.

Oblepljeno iverje smo natresli v okvir dimenzij 500 mm × 500 mm, nameščen na natresno pločevino. Najprej smo natresli spodnji zunanji sloj, nato srednji sloj, nanj pa še zgornji zunanji sloj.

Stiskanje pogače v ogrevani hidravlični stiskalnici (slika 3) smo opravili pri temperaturi 180° C in specifičnem tlaku 3 N/mm². Čas stiskanja z zapiranjem in odpiranjem stiskalnice je bil 5 minut. Zadnji dve minuti je bilo potrebno opraviti postopno odpiranje stiskalnice zaradi odvajanja vodne pare iz plošče, ki bi sicer lahko povzročilo njeno razslojitev. Daljši čas stiskanja je posledica izdelave plošč z višjo gostoto. S preliminarnimi preskusi smo namreč ugotovili, da je pri krajših časih prišlo do razslojitve plošč ob odprtju stiskalnice.

Po končanem stiskanju smo plošče 60 min ohlajali pri temperaturi 25° C in relativni zračni vlažnosti 40±5 %, nakar smo jih vstavili v klima komoro, v kateri je bila standardna klima (temperatura 20±2° C in relativna zračna vlažnost 65±5 %). Plošče smo klimatizirali do konstantne mase in jih nato razžagali na preskušance po shemi, ki je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Shema razreza plošče v preskušance



Slika 2: Stroj za oblepljanje iveri (FM 130 D12F)



Slika 3: Hidravlična stiskalnica za stiskanje plošč

Tlačno ter upogibno trdnost smo merili z univerzalnim testirnim strojem ZWICK/Z100, ki je prikazan na slikah 4 in 5.



Slika 4: Stroj za testiranje ZWICK/Z100

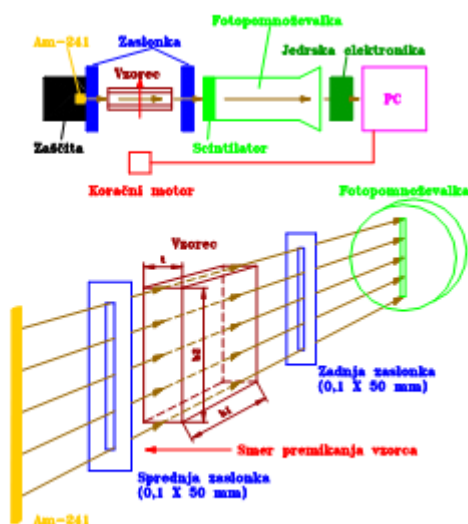


Slika 5: Vpenjalna glava stroja za testiranje ZWICK/Z100

3.2.1 Določanje gostotnega profila

Meritve smo opravili na vzorcih dimenzije $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ z merilnikom gostotnih profilov MGP–201 (slika 6). Zasnovan je na merjenju spremembe intenzitete žarkov gama pri prehodu skozi vzorec iverne plošče. Kot vir sevanja je bil uporabljen radioaktiven izotop Am–241 z energijo žarkov gama 60 keV in aktivnostjo $3,7\text{ GBq}$. Miza se premika s hitrostjo $0,1\text{ mm/sec}$ (v eni sekundi se izmeri intenziteta žarkov pri prehodu skozi vzorec na pasu dolžine b_1 , širine b_2 in debeline $0,1\text{ mm}$). Ko pričnemo z meritvami, se zaslonka odpre in žarki potujejo skozi preskušane in skozi fotopomnoževalko s scintilatorjem. Fotopomnoževalka je v povezavi s scintilatorjem, v katerem fotoni (žarki gama) sprožijo svetlobne sunke (scintilacije). Nastale scintilacije zazna fotokatoda, ki se nahaja v fotopomnoževalki, kjer se pomnožijo v elektronski plaz. Signale iz fotopomnoževalke obdelamo z jedrsko elektroniko in zbiramo v računalniku (PC) za nadaljnjo uporabo.

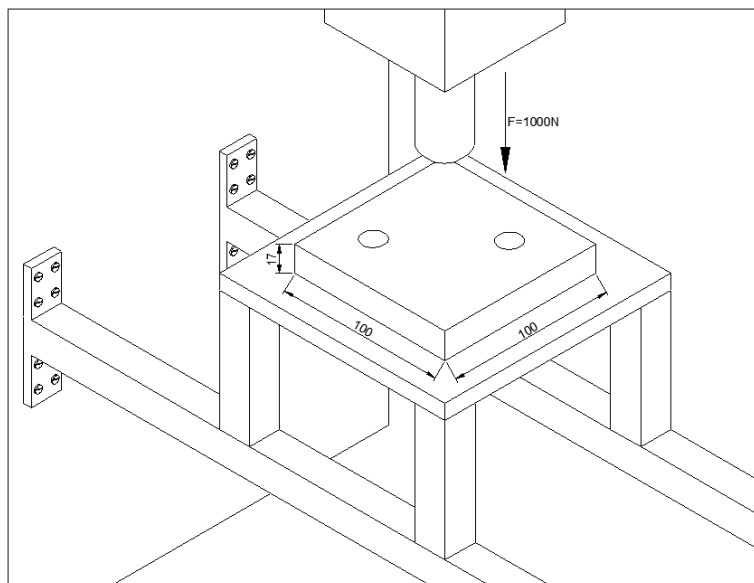
Na osnovi števila impulzov na časovno enoto (intenziteta prehoda skozi zrak) in števila impulzov, ki so registrirani po absorpciji žarkov gama (intenziteta prehoda skozi vzorec), lahko izračunamo prostorninsko maso v $0,1\text{ mm}$ debelem odseku vzorca. Celotni profil dobimo z zaporedjem meritev na posameznih odsekih.



Slika 6: Določanje gostotnega profila

3.3 DOLOČANJE TRDOTE POVRŠINE

Trdoto površine smo ugotavljali na treh preskušancih velikosti 100 mm x 100 mm, in sicer na dveh mestih – na sredini in na robu preskušanca (slika 7). Trdoto površine smo merili z zgoraj omenjen univerzalnim strojem ZWICK/Z100. Z silo 1000 N smo pritisnili na označeno mesto. Ugotavljali smo kako globoko je jeklena krogla premera 25 mm prodrla (vtisnila) v ploščo.

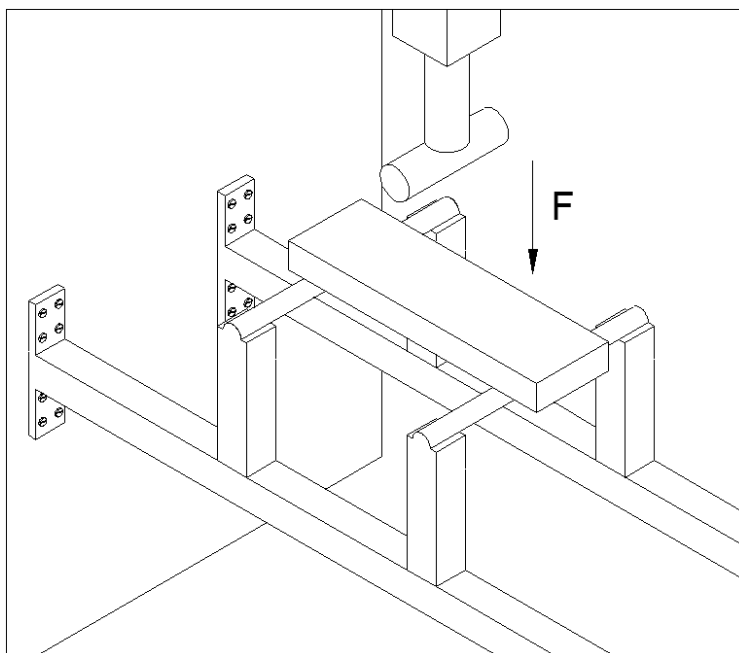


Slika 7: Shematski prikaz določanja trdote površine

Pri drugem poskusu pa smo ugotavljali, kakšna sila je potrebna, da jeklena krogla premera 25 mm prodre 2,5 mm globoko v preskušanec.

3.4 UPOGIBNA TRDNOST

Upogibno trdnost smo določali v skladu s SIST EN 310 na treh preskušanih dimenzij 370 mm x 50 mm. Shematski prikaz preskušanja je predstavljen na sliki 8.

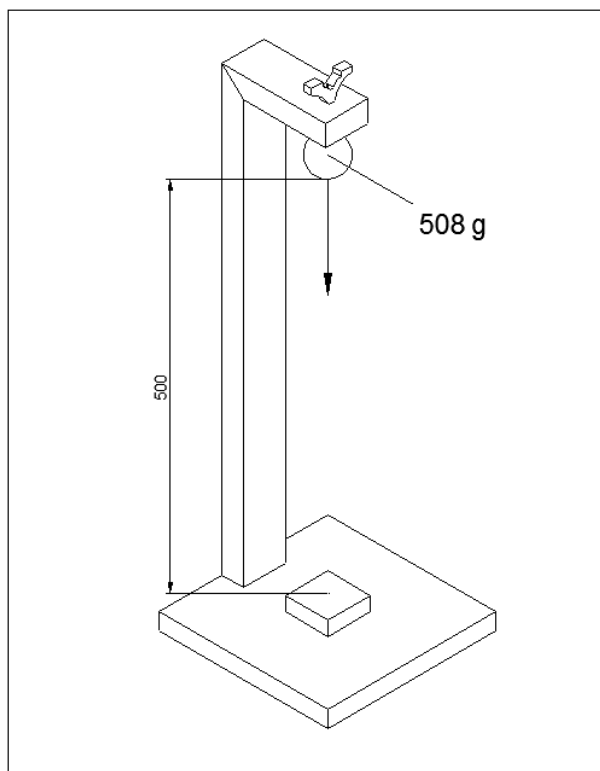


Slika 8: Shematski prikaz določanja upogibne trdnosti

3.5 ODPORNOST PROTI UDARCU TRDEGA TELESA

Pri vrednotenju nosilnega materiala so odločilnega pomena lastnosti površine, ki so definirane z geometrijo in poroznostjo površine. Geometrijsko stanje površine izražamo s stopnjo hrapavosti in valovitosti, poroznost pa s površinsko absorpcijo barve, olja, lakov in vode. Površina lesnih plošč mora biti gladka, ravna in zaprta. Pomemben dejavnik površine plošč pa je tudi njihova odpornost, ki jo poleg strukturnih dejavnikov v veliki meri določa tudi trdnost. Če želimo preveriti odpornost proti udarcem oziroma zunanjih dejavnikov, moramo površino plošče obremeniti z določeno silo.

Preskus smo izvedli tako, da smo 508 gramsko železno kroglo spustili iz višine 0,5 m, 1 m in 1,5 metra na vzorec (slika 9).



Slika 9: Shematski prikaz ugotavljanja odpornosti proti udarcu trdega telesa

3.6 DEBELINSKI NABREK

Debelinski nabrek smo določili v skladu s standardom SIST EN 319. Osem preskušancem dimenzij 50 mm x 50 mm smo na sredini izmerili debelino. Nato smo jih za 24 ur potopili v vodo (slika 10). Po 24 ih urah smo jih vzeli iz vode, popivnali odvečno vodo in izmerili debelino. Iz razmerja razlik debeline po in pred potopitvijo smo izračunali debelinski nabrek.

Formuli za debelinski nabrek, ter vpijanje vode:

Debelinski nabrek (G_t) izračunamo z formulo $Gt = \frac{t_2 - t_1}{t_1}$

Vpijanje vode (G_m) pa izračunamo z formulo $Gm = \frac{m_2 - m_1}{m_1}$

Simboli:

G_t – Debelinski nabrek (%)

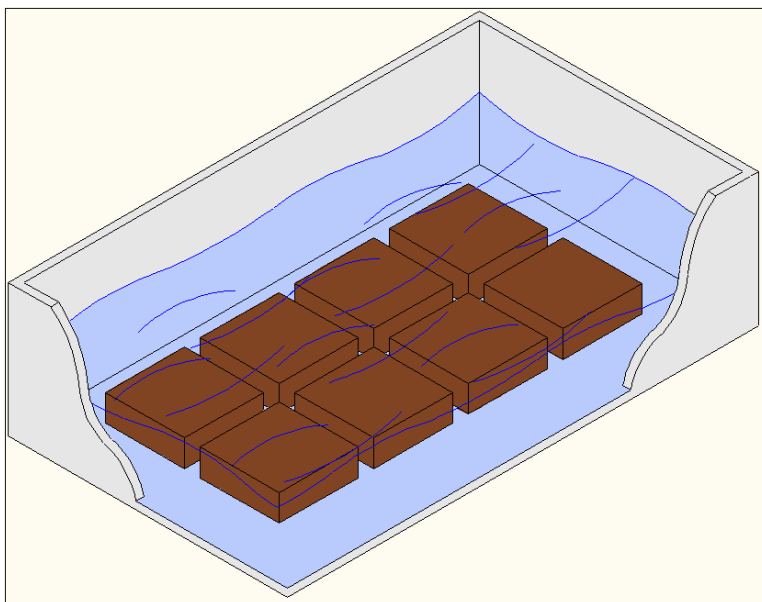
G_m – Vpijanje vode (%)

t_1 – Debelina preskušanca pred potapljanjem (mm)

t_2 – Debelina preskušanca po potapljanju (mm)

m_1 – Masa preskušanca pred potapljanjem (g)

m_2 – Masa preskušanca po potapljanju (g)



Slika 10: Potapljanje vzorcev v vodi

4 REZULTATI

Lastnosti iverne plošče so odvisne od strukture plošče torej deleža posameznega sloja (preglednica 1).

Preglednica 1: Povprečne vrednosti izmerjenih rezultatov

Oznaka	Debelina (mm)	Gostota (g/cm ³ ali kg/m ³)	Upogibna trdnost (N/mm ²)	Trdota površine 1 (mm)	Trdota površine 2 (N)	Debelinski nabrek Gt / Gm (%)
A	17,21	708	17,52	0,789	5910	34 / 87
B	16,80	702	16,27	0,846	5200	32 / 87
C	17,09	720	17,02	0,717	5830	32 / 87

V preglednici vidimo povprečne vrednosti rezultatov, pridobljenih na podlagi preizkusov.

Najnižjo upogibno trdnost smo ugotovili pri plošči B s 40 % deležem zunanje sloja, najvišjo pa pri plošči s 30 % deležem zunanje sloja (oznaka A).

Najgloblji vtis v površino z silo 1000 N smo ugotovili pri plošči B s 40 % deležem zunanje sloja, najmanjši vtis pa smo zabeležili pri plošči C s 50 % deležem zunanje sloja. Za globino vtisa 2,5 mm je bila največja sila potrebna pri plošči A s 30 % deležem zunanje sloja, najmanjšo silo pa smo izmerili pri plošči B s 40 % deležem zunanje sloja.

Pri plošči A z deležem zunanje sloja 30 % smo zabeležili največji debelinski nabrek, pri ploščah B s 40 % ter C s 50 % deležem zunanje sloja, pa smo izmerili enak debelinski nabrek. Vse tri plošče so po 24 urnem namakanju v vodi, sprejele enako količino vode.

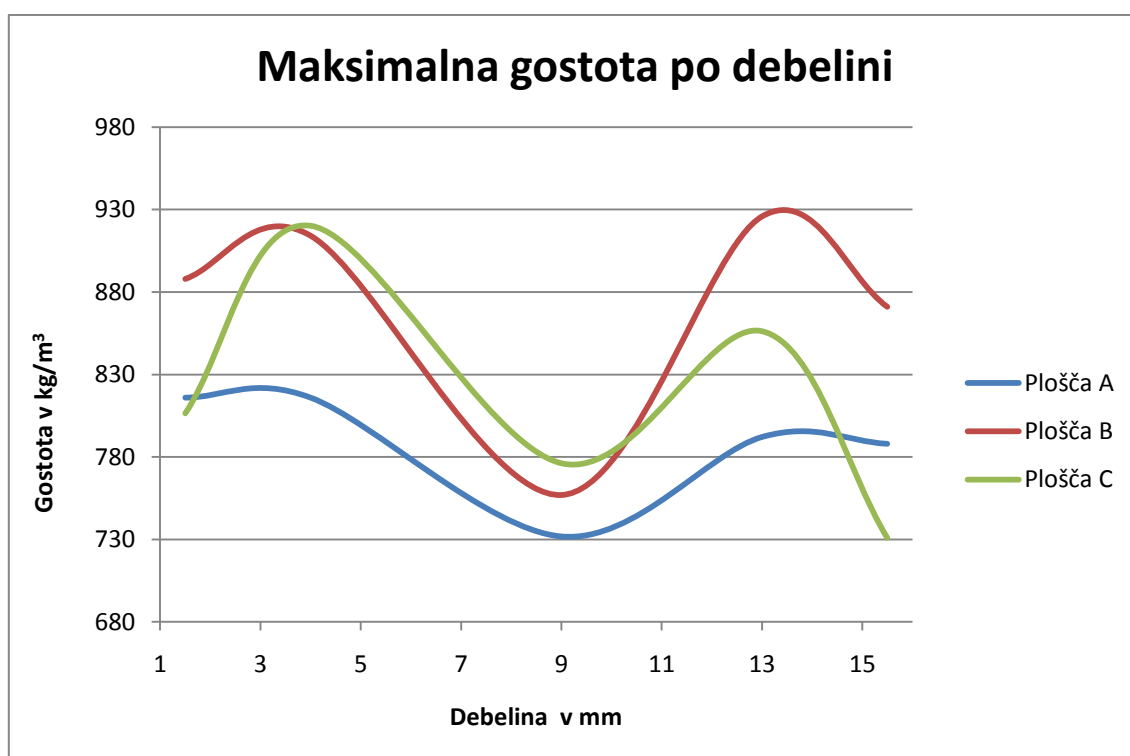
Pri vseh ploščah smo pridobili tudi gostotni profil. V preglednici 2 vidimo maksimalno izmerjeno gostoto v različnih slojih, v tabeli 3 pa vidimo povprečno gostoto slojev. Opazimo lahko, da sta si zunanja sloja sorazmerno simetrična, kar se dobro vidi tudi na grafih (slika 11, 12). Srednji sloj ima po pričakovanjih manjšo gostoto kot zunanja sloja. Vrednosti sicer malenkost odstopajo ena od druge, vendar smo kljub temu dosegli želene gostote.

Preglednica 2: Maksimalna izmerjena gostota (kg/m^3)

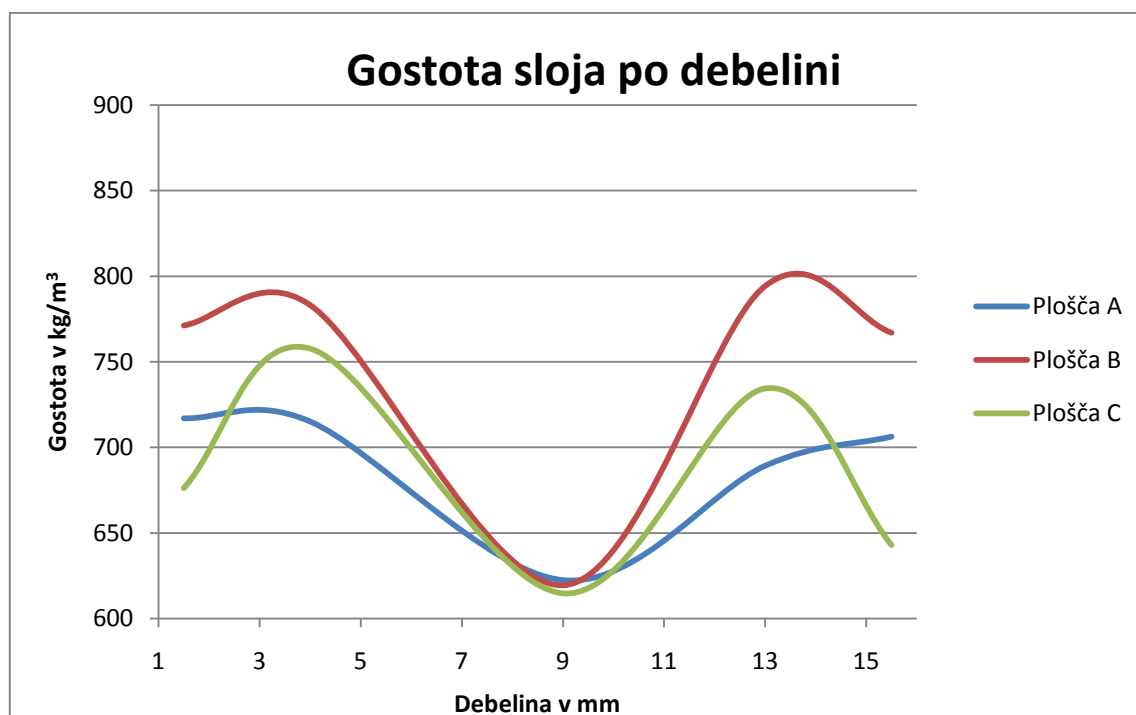
Maksimalno	Prvih 1,5 mm	Prve 4 mm	Srednji sloj	Zadnje 4 mm	Zadnjih 1,5mm
A1	770	770	696	770	770
A2	909	909	786	805	794
A3	769	769	713	801	801
Povprečje	816	816	732	792	788
B1	856	879	749	906	860
B2	952	993	784	976	890
B3	855	871	737	896	862
Povprečje	888	914	757	926	871
C1	755	807	711	796	673
C2	824	957	776	885	730
C3	841	997	841	887	791
Povprečje	806	920	776	856	731

Preglednica 3: Povprečne gostote slojev (kg/m^3)

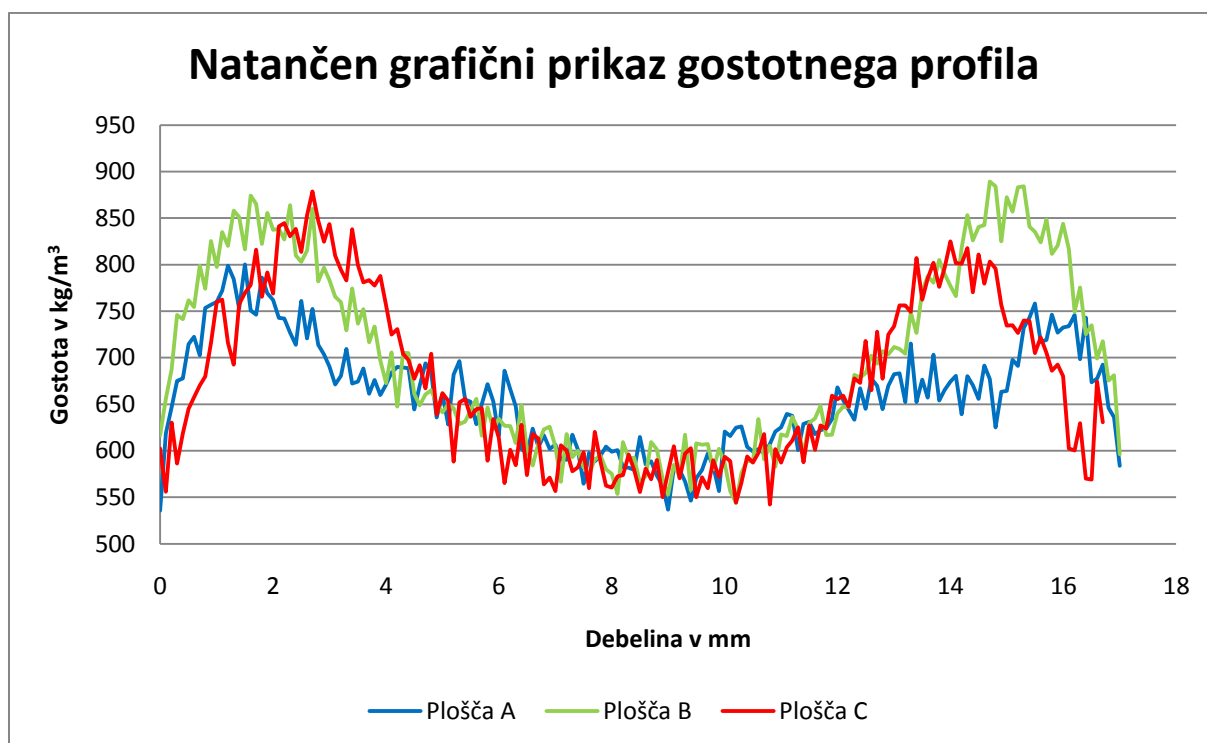
Gostota sloja	Prvih 1,5 mm	Prve 4 mm	Srednji sloj	Zadnje 4 mm	Zadnjih 1,5mm
A1	689	692	611	659	770
A2	783	768	647	709	794
A3	679	685	609	700	801
Povprečje	717	715	622	689	788
B1	763	767	636	783	860
B2	828	841	626	822	890
B3	723	742	596	778	862
Povprečje	771	783	619	794	871
C1	611	674	555	668	673
C2	712	789	629	754	730
C3	705	810	661	781	791
Povprečje	676	758	615	734	731



Slika 11: Maksimalna gostota po debelini plošče



Slika 12: Gostota sloja po debelini plošče



Slika 13: Natančen grafični prikaz gostotnega profila

4.1 TRDOTA POVRŠINE

Tabela 4 in 5 prikazujeta rezultate, ki smo jih pridobili z preskušanjem trdote površine vzorcev. V tabeli 4 vidimo globine ugreza pri sili 1000 N v mm, v tabeli 5 pa vidimo silo, ki je bila potrebna za globino ugreza 2,5 mm.

Preglednica 4: Globina vtisa pri sili 1000 N

	Test 1 (mm)	Test 2 (mm)
A1	0,949	0,894
A2	0,782	0,815
A3	0,704	0,590
B1	0,558	1,017
B2	1,004	0,718
B3	0,631	1,146
C1	0,513	0,582
C2	0,710	0,944
C3	0,515	1,035

Preglednica 5: Sila potrebna za globino vtisa 2,5 mm

	Test 1 (F)	Test 2 (F)
A1	7374 N	5351 N
A2	4960 N	5235 N
A3	4977 N	7560 N
Povprečje	5770 N	6049 N
B1	5206 N	3080 N
B2	7251 N	5014 N
B3	5680 N	4969 N
Povprečje	6046 N	4354 N
C1	6340 N	6824 N
C2	5920 N	6119 N
C3	4398 N	5390 N
Povprečje	5553 N	6111 N

Iz preglednica lahko razberemo, da smo največjo silo za globino ugreza 2,5 mm potrebovali pri plošči A, skoraj enako silo smo potrebovali pri plošči B ter nekoliko manjšo silo pri plošči C.

4.2 MODUL ELASTIČNOSTI

Iz preglednice 6 lahko razberemo dimenzije preskušancev, silo ter elastični modul posamezne plošče.

Preglednica 6: Rezultati modula elastičnosti

	Širina (mm)	Debelina (mm)	Sila (N)	Modul (N/mm ²)
A1	50,04	17,30	16,95	3100
A2	50,05	17,50	17,90	3200
A3	50,08	17,38	17,71	3000
	Povprečje:		17,52	3100
	Širina (mm)	Debelina (mm)	Sila (N)	Modul (N/mm ²)
B1	50,00	16,75	16,24	3000
B2	50,01	16,65	14,88	2900
B3	50,04	16,70	17,70	3000
	Povprečje:		16,27	2967
	Širina (mm)	Debelina (mm)	Sila (N)	Modul (N/mm ²)
C1	50,02	16,85	16,40	2900
C2	50,04	17,00	17,16	3000
C3	50,05	17,11	17,50	2900
	Povprečje:		17,02	2933

V preglednici lahko vidimo, da smo pri plošči A, ki ima največji delež srednjega sloja, izmerili največjo vrednost modula elastičnosti. Po pričakovanjih ji sledi plošča B, pri plošči C pa smo izmerili najmanjšo vrednost modula elastičnosti. Po rezultatih lahko sklepamo, da razmerje srednjega ter zunanje sloja bistveno vpliva na modul elastičnosti plošč.

4.3 POVRŠINSKA ODPORNOST

Plošče smo testirali tako, da smo iz višine pol metra, ter metra in pol na vzorec spustili kovinsko kroglo mase 508 gramov. Po vsakem udarcu krogle na površino vzorca, smo natančno opazovali spremembe na površini. Poskus smo ponovili večkrat na vsakem vzorcu, vendar nikjer na površini vzorca ni bilo videti kakršnihkoli sprememb. Čeprav smo pričakovali, da bo sila krogle povzročila kakšno manjšo poškodbo na površini vzorcev, se to ni zgodilo. Zato lahko zagotovimo, da imajo plošče takšnih gostot ter ostalih karakteristik zelo dobro površinsko odpornost.

4.4 DEBELINSKI NABREK

Namen poskusa debelinskega nabreka je, da ugotovimo kolikšno količino vode lahko sprejme vzorec ter kakšne so dimenzijske spremembe vzorca po 24 urnem potapljanju v vodi.

Preglednica 7: Debelinski nabrek (%) in vpijanje vode (%) pri plošči A

	t ₁	m ₁	t ₂	m ₂	G _t	G _m
A1	17,18	30,74	23,019	57,77	34,00	87,93
A2	17,22	28,41	22,488	55,21	30,63	94,33
A3	17,39	32,64	23,828	59,95	37,03	83,67
A4	17,15	31,7	23,05	58,05	34,42	83,12
A5	17,34	31,8	23,319	59,26	34,48	86,35
A6	17,12	27,98	22,38	54,06	30,69	93,21
A7	17,13	31,49	23,216	58,04	35,50	84,31
A8	17,14	30,53	23,136	56,98	35,01	86,64
Povp.					33,97	87,45

Preglednica 8: Debelinski nabrek (%) in vpijanje vode (%) pri plošči B

	t ₁	m ₁	t ₂	m ₂	G _t	G _m
21	17,10	31,15	23,016	57,59	34,59	84,88
22	16,57	27,69	21,27	52,65	28,40	90,14
23	16,57	28,32	21,426	53,66	29,31	89,48
24	16,76	31,53	22,313	56,98	33,13	80,72
25	17,06	29,6	22,765	56,16	33,46	89,73
26	17,12	29,07	22,764	55,16	32,99	89,75
27	16,64	30,76	21,863	56	31,43	82,05
28	16,58	29,3	21,752	54,75	31,19	86,86
Povp.					31,81	86,70

Preglednica 9: Debelinski nabrek (%) in vpijanje vode (%) pri plošči C

	t ₁	m ₁	t ₂	m ₂	G _t	G _m
31	17,03	29,74	22,302	56,3	30,93	89,31
32	16,91	30,44	22,479	56,83	32,91	86,70
33	17,29	33,87	23,478	61,02	35,77	80,16
34	17,30	34,08	23,076	61,16	33,38	79,46
35	16,87	28,63	21,85	54,59	29,50	90,67
36	17,01	28,48	21,903	54,94	28,74	92,91
37	16,97	28,48	22,431	55,13	32,21	93,57
38	17,31	33,74	23,388	60,65	35,14	79,76
Povp.					32,32	86,57

V preglednici lahko vidimo, da vzorci sprejmejo približno enako količino vode ne glede na gostoto zunanjega ter srednjega sloja. Po rezultatih lahko sklepamo, da različno razmerje zunanjega ter srednjega sloja ne vpliva bistveno na količino sprejete vode, ter spremembe dimenzij plošče.

5 DISKUSIJA

V nalogi smo želeli ugotoviti kako delež zunanjega sloja iverne plošče vpliva na njeno trdoto. Naredili smo tri iverne plošče debeline 17 mm z različnim deležem zunanjega ter srednjega sloja. Plošča A (30 % zunanjega ter 70 % srednjega sloja), plošča B (40 % zunanjega ter 60 % srednjega sloja), plošča C (50 % zunanjega ter 50 % srednjega sloja).

Pri merjenju trdote površine smo dobili povprečne rezultate v prid plošči A in C, kljub temu da na grafičnem prikazu vidimo, da v povprečju nimata najvišjih gostot. Razlog za takšne rezultate je, da imata omenjeni plošči najvišjo izmerjeno gostoto le v zunanjem delu sloja. Preskušanec smo testirali le do globine ugreza 2,5 mm, prav zato smo dobili takšne rezultate. Če pogledamo natančen grafični prikaz gostotnega profila, lahko vidimo simetrijo gostot med sloji. Šele pri globini dva do tri milimetre je gostota narejenih ivernih plošč največja, medtem ko je gostota plošče na sredini (od pet do dvanajst milimetrov) skoraj enaka pri vseh treh ploščah, kar nam pove da ima sredina plošče enake lastnosti ne glede na razmerje slojev. Takšna oblika grafa nam pove, da je iverna plošča izdelana simetrično.

Pri testu odpornosti proti udarcu trdega telesa smo pričakovali rahle poškodbe na površini plošč, vendar nismo opazili nobenih površinskih sprememb. Prav tako nismo zasledili bistvenih razlik med ploščami pri testu upogibno trdnosti ter debelinskega nabreka.

Rezultati temeljijo na ivernih ploščah enakih dimenzij za vse tri vrste plošč. Za natančnejše rezultate bi morali uporabiti več dimenzij plošč. Prav tako pa bi lahko opravili več meritev glede mehanskih lastnosti plošč, morali pa bi narediti tudi več ivernih plošč z različnimi sloji zunanjega ter notranjega sloja. Le takrat bi dobili popolno sliko o vplivu gostote zunanjega sloja iverne plošče na njeno trdoto.

5.1 SKLEPI

Ugotovili smo, da vpliv gostote zunanjega sloja iverne plošče ne vpliva bistveno na njeno trdoto. Rezultati trdote površine sicer kažejo, da ima od vseh treh plošč, najboljše lastnosti plošča A, katera ima najmanjši delež zunanjega sloja (30 %), vendar so razlike v rezultatih majhne.

6 VIRI

Čermak M. 1996. Furnirji in plošče. Ljubljana, Lesarska založba: 204 str.

Maloney T.M. 1993. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco, Miller Freeman: 681 str.

Medved S. 2010. Določanje gostotnega profila. (Osebni vir).

Medved S. 2009. Študijsko gradivo za laboratorijske vaje pri predmetu vlakninska in iverna lesna tvoriva. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 47 str.

SIST EN 310. Lesne plošče - Določanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti. Woodbased panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. 1996

SIST EN 319. Iverne in vlaknene plošče - Določanje razplastne trdnosti pravokotno na površino plošče. Particleboards and fibreboards - Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. 1996

Thoemen H., Irle M., Šernek M. 2010. Wood-Based Panels, London, Brunel University Press: 283 str.

Zavod za gozdove Slovenije. 2008. Splošni podatki in dejstva o gozdovih v Sloveniji 2008. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije
<http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/index.html> (15.apr.2011)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu za vso podporo in nasvete pri izdelavi tega dela. Zahvalil bi se tudi recenzentu prof. dr. Milanu Šerneku za strokovno mnenje o tem delu.

Vsem v diplomski nalogi že imenovanim kot tudi tistim neimenovanim, ki so kakorkoli pomagali pri nastajanju tega dela, z globokim spoštovanjem iskrena hvala.