

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ
STUDIJ DRVNE TEHNOLOGIJE**

ZRINKA BRIDIĆ

**SORPCIJSKA SVOJSTVA OSB PLOČA IZLOŽENIH DIREKTNOM
DJELOVANJU VODE**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2016.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

AUTOR:	Bridić Zrinka 12.01.1992., Karlovac 0068216936
NASLOV:	Sorpcijska svojstva OSB ploča izloženih direktnom djelovanju vode
TITLE:	Sorption properties of OSB boards exposed to direct impact of water
PREDMET:	Ploče od usitnjenog drva
MENTOR:	Prof. dr. sc. Vladimir Jambreković
IZRADI RADA JE POMAGAO:	dr. sc. Nikola Španić
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet Zavod za tehnologije materijala
AKAD. GOD.:	2015./2016.
DATUM OBRANE:	Rujan, 2016.
RAD SADRŽI:	Stranica: 20 Slika: 9 Tablica: 5 Navoda literature: 4
SAŽETAK:	<p>Globalno gledajući, kroz proteklih 30-ak godina iznimno se povećala potreba za masivnim drvom. No, prirodni prirast šumskih sastojina i godišnji etati pojedinih država ne mogu namiriti toliko veliku potrebu za kvalitetnim drvom. Kako bi se ublažilo to pomanjkanje, povećala se proizvodnja ploča od usitnjenog drva, a razvoj tehnologije ploča pri tome je usmjeren na izradu ploča za uporabu u vrlo specifičnim, pa čak i ekstremnim uvjetima. S ciljem širenja potencijala primjene ploča istima se dodaju razni dodatci poput vodootpornih i vatrootpornih sredstava, insekticida i fungicide i sl. Osim primjenom podataka, širenje potencijala primjene ploča ostvaruje se i primjenom drva u različitim formama, pa tako razlikujem ploče od mikro i makro iverja. U potonju skupinu ploča pripadaju i ploče iz orijentiranog strand iverja (OSB, od engl. Oriented strand boards), koje su predmet istraživanja u ovom završnom radu. Konkretno, u ovom radu istražena su sorpcijska svojstva ploča direktno izloženih djelovanju vode. Uz to utvrđen je efekt zaštićivanja rubova/ploha uzoraka ploča na upijanje vode, debljinsko bubrenje i sadržaj vode i promjenu vrijednosti gustoće ploča.</p>

PREDGOVOR

Iako su OSB ploče inženjerski materijali prvenstveno namijenjeni uporabi u graditeljstvu, gdje bi dimenzijska postojanost istih trebala biti na zaista visokom nivou, ovaj tip ploča ipak je u realnim uvjetima korištenja podložan štetnom i destruktivnom djelovanju vode. Posljedica je to sorpcijskih procesa u strukturi ploča, koji su prvenstveno povezani s hidrofilnošću drva. Kako bi se pravilnije definirala mjesta uporabe OSB ploča vrlo je bitno poznavati upravo navedene sorpcijske procese.

U ovom završnom radu, laboratorijskim ispitivanjem uzoraka, utvrđene su promjene vrijednosti fizikalnih svojstava komercijalnih OSB ploča izloženih direktnom djelovanju vode. Uz to utvrđen je značaj otvorenosti ploha i rubova ploča na tendencije promjene vrijednosti ispitivanih fizikalnih svojstava.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJ RADA	2
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	3
3.1. Analiza debljinskog bubrenja troslojnih OSB ploča	3
3.2. Porast debljinskog bubrenja OSB ploča pod utjecajem vode	4
3.3. Optička tehnika za određivanje bubrenja OSB ploča	5
3.4. Savojna svojstva komercijalnih OSB ploča pod utjecajem sadržaja vode	7
4. MATERIJAL I METODE RADA	8
4.1. Ispitivani materijal	8
4.2. Metode istraživanja	8
4.2.1. Utvrđivanje sorpcijskih svojstava	8
4.2.1.1. Određivanje dimenzija	9
4.2.1.2. Određivanje gustoće	9
4.2.1.3. Utvrđivanje sadržaja vode	10
4.2.1.4. Ispitivanje debljinskog bubrenja i upijanja vode	10
4.3. Mjerna oprema korištena u istraživanju	12
5. REZULTATI	13
5.1. Gustoća	13
5.2. Sadržaj vode	14
5.3. Apsolutno upijanje vode	15
5.4. Relativno upijanje vode	16
5.5. Debljinsko bubrenje	17
6. DISKUSIJA	18
7. ZAKLJUČAK	19
8. LITERATURA	20

1. UVOD

Globalno gledajući, kroz proteklih 30-ak godina iznimno se povećala potreba za masivnim drvom. No, prirodni prirast šumskih sastojina i godišnji etati pojedinih država ne mogu namiriti toliko veliku potrebu za kvalitetnim drvom. Kako bi se ublažilo to pomanjkanje, povećala se proizvodnja ploča od usitnjenog drva, a razvoj tehnologije ploča pri tome je usmjeren na izradu ploča za uporabu u vrlo specifičnim, pa čak i ekstremnim uvjetima. S ciljem širenja potencijala primjene ploča istima se dodaju razni dodatci poput vodootpornih i vatrootpornih sredstava, insekticida i fungicide i sl. Osim primjenom dodataka, širenje potencijala primjene ploča ostvaruje se i primjenom drva u različitim formama, pa tako razlikujem ploče od mikro i makro iverja. U potonju skupinu ploča pripadaju i ploče iz orijentiranog strand iverja (OSB, od engl. Oriented strand boards), koje su predmet istraživanja u ovom završnom radu. Konkretno, u ovom radu istražena su sorpcijska svojstva ploča direktno izloženih djelovanju vode. Uz to utvrđen je efekt zaštićivanja rubova/ploha uzoraka ploča na upijanje vode, debljinsko bubrenje i sadržaj vode i promjenu vrijednosti gustoće ploča.

2. CILJ RADA

Ploče iverice iz orijentiranog strand iverja (OSB) ploče su koje svoju primjenu nalaze ponajprije u graditeljstvu. Razlog tomu su njihova dobra fizikalno-mehanička svojstva, prihvatljiva cijena i ovisno o tipu ploče, zadovoljavajuća otpornost djelovanju atmosferilija i mikroorganizama. S obzirom na to da se ovaj tip ploča koristi u građevinske svrhe, u realnim uvjetima korištenja ploče su podvrgnute djelovanju raznih faktora koji utječu na njihova svojstva, poput primjerice utjecaja atmosferilija koja uzrokuju njihovo isušivanje ili bubrenje. Kako je velika dimenzijska stabilnost OSB ploča jedan od osnovnih preduvjeta za njihovu primjenu u spomenute svrhe, cilj ovog rada bio je utvrđivanje sorpcijskih svojstava uzoraka komercijalne OSB ploče podvrgnute direktnom djelovanju vode. Uz to utvrdio se utjecaj selektivne izloženost vodi ploha i/ili rubova ploča.

Cilj istraživanja realiziran je kroz nekoliko međusobno povezanih faza:

- krojenje ploča na dimenzije uzoraka 50 x 50 x 25 (mm) za ispitivanje gustoće, sadržaja vode, upijanja vode (relativno i apsolutno) i debljinskog bubrenja,
- mjerenje dimenzija i mase uzoraka prije tretmana,
- premazivanje ploha i rubova uzoraka brtvilom na bazi epoksidne smole,
- mjerenje dimenzija i mase uzoraka zaštićenih brtvilom,
- potapanje uzoraka u posudu s vodom,
- mjerenje dimenzija i mase uzoraka nakon svakih 2, 4, 6 i 8 sati tretmana,
- statistička obrada i tumačenje dobivenih podataka.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Pregled dosadašnjih istraživanja dosta je uzak pojam obzirom da se do sada nisu ispitivala sorpcijska svojstva OSB ploča sa epoksidom zaštićenim plohami i rubovima. Uglavnom se istraživanja odnose na ispitivanje dimenzijske stabilnosti OSB ploča. U praksi veliki značaj pripisuje se promjeni u debljini. Bubljenje ploča pod utjecajem je vrlo mnogo čimbenika. Prvenstveno su to kvaliteta ivernog tepiha, vrsta drva, kvaliteta iverja, broj slojeva i njihova masa, vrsta smole te upotreba hidrofobne tvari. U posljednjih nekoliko godina pozornost je usmjerena na utjecaj omjera vrijednosti bubrenja u pojedinim slojevima na ukupno bubrenje ploča.

3.1. Analiza debljinskog bubrenja troslojnih OSB ploča

Bitno svojstvo OSB ploča je dimenzijska stabilnost. Ona je vrlo važan faktor izdržljivosti ploča jer prilikom bubrenja uslijed djelovanja vode ili vlage iz zraka može doći do narušavanja kohezijsko-adhezijskih veza smole i drvnog iverja. S obzirom na to da je primjena OSB ploča česta u eksterijeru, redovite promjene vrijednosti relativne vlage zraka utječu na promjene dimenzija, uslijed čega se javljaju unutarnja naprezanja u strukturi ploča.

Autori Gu i dr. (2005) u svom su radu ispitali sorpcijska svojstva (s naglaskom na debljinsko bubrenje i promjenu gustoće profila nakon izlaganja uzoraka djelovanju vode) 32 uzorka troslojnih OSB ploča izrađenih iz iverja borovine, topolovine i/ili trepetljikovine inicijalno proizvedenih za potrebe podopolagačkih poslova. U svom radu utvrdili su utjecaj vrste drva, vrste primijenjene smole te gustoće ploča na ranije spomenuta sorpcijska svojstva. Rezultati ispitivanja pokazali su kako je u slučaju uzorka komercijalnih OSB ploča izrađenih iz trepetljikovine najmanje debljinsko bubrenje u usporedbi s ostalim tipovima ispitivanih OSB ploča izrađenih iz borovine i/ili topolovine. Utvrđeno je kako su položaj i masa iverja glavni faktori koji utječu na unutarnje naprezanje ploča.

Na osnovi rezultata dobivenih ispitivanjem gustoće profila navedeni autori zaključili su kako površinski slojevi ploča velike gustoće imaju značajan utjecaj na ukupno debljinsko bubrenje OSB ploča. Rezultati istraživanja pokazali su i kako veća zbijenost daje pločama relativno ujednačeniju distribuciju gustoće, što smanjuje debljinsko bubrenje. Stoga su navedeni autori, na osnovi rezultata ispitivanja,

zaključili kako su upravo gustoće drva, tip primijenjene smole i gustoća površinskih slojeva glavni generatori većeg ili manjeg debljinskog bubrenja OSB ploča.

3.2. Porast debljinskog bubrenja OSB ploča pod utjecajem vode

U svom radu autori Mirski, Dziurka i Derkowski (2011) analiziraju intenzitet promjene debljine OSB ploča podvrgnutih direktnom djelovanju vode, u ovisnosti o vremenu izlaganja. Ispitivanja su provedena na komercijalno proizvedenim troslojnim OSB pločama od iverja bora (*Pinus sylvestris*) debljine 12, 15, 18 i 22 mm, dužine 300 mm i širine 50 mm. Od svake vrste ploča pripremljeno je 12 uzoraka na kojima su naznačene tri točke mjerenja debljine. Takvi uzorci nakon inicijalnog mjerenja debljine potopljeni su u vodu temperature 20 °C. Debljina je mjerena s točnošću od 0,01 mm; u početku kroz svakih 15 min, od 90 minute izlaganja na svakih slijedećih 30 minuta i zatim uz postupno povećavanje razmaka između mjerenja. U završnom razdoblju mjerenja utvrđena je debljina kod svakih 8-12 h.

Provedena ispitivanja pokazuju da se dinamika promjena debljine troslojne OSB ploče odvija u najmanje dvije faze u promatranom razdoblju promjene debljine. Prva faza pokriva period od cca 150 min i ovisi o početnom udjelu vlage u promatranj ploči koja je podvrgnuta djelovanju vode, te srednjoj gustoći ploče. S druge strane, faza nakon 150 min karakterizirana je iznimnom zavisnošću od srednjoj gustoći ispitivane ploče. Očekivano, prirast vrijednosti debljinskog bubrenja proporcionalan iznosu je upijene vode i ta ovisnost je obrnuto proporcionalna nominalnoj debljini OSB ploče. Tijekom izlaganja djelovanju vode potapanjem uzoraka u kontroliranim uvjetima, drvo upija vodu, te njen sadržaj može narasti na više od 100 %. Međutim, iznad točke zasićenja vlakanaca ono sadrži samo slobodnu vodu koja ne uzrokuje dimenzijske promjene. Autori su na temelju tijeka promjene debljine kod jedne ploče zaključili da se gotovo cijeli raspon promjene debljine može opisati eksponencijalnom funkcijom, prema formuli:

$$\Delta IT = \Delta IT_u [1 - \exp(-t / T)] \quad \dots(1)$$

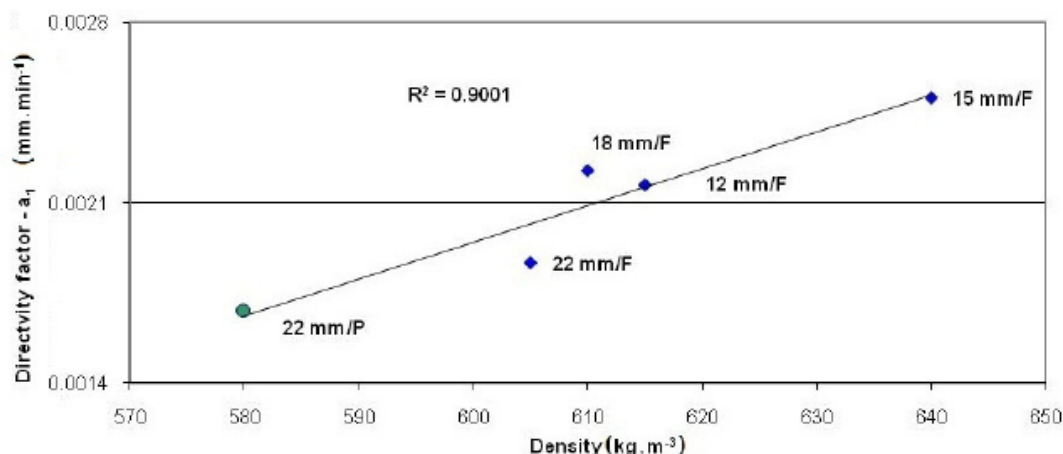
ΔIT – povećanje debljine,

ΔIT_u – određena (konačna) vrijednost prirasta debljine,

t – vrijeme,

T – vremenska konstanta

Uz navedeno autori su probali utvrditi može li tendencija promjena debljine ploče tijekom izlaganja djelovanju vode ovisiti i o njihovoj gustoći. Tako su mjerenjem utvrdila da je najveća tendencija promjene vrijednosti u slučaju ploča debljine 15 mm i gustoće 640 kg/m^3 , dok je najmanja za ploče debljine 22 mm i gustoće 640 kg/m^3 (sl. 1).



Slika 1. Utjecaj gustoće OSB ploča na tendenciju promjene debljine u prvoj fazi izlaganja ploča (<150 min)

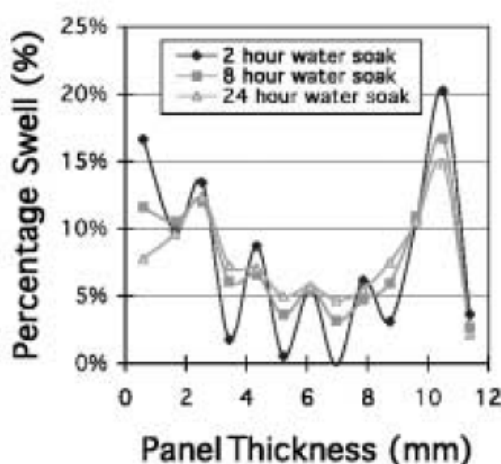
Autori dodatno navode kako je u početnom stanju izlaganja ploča djelovanju vode tendencija promjene vrijednosti debljinskog bubrenja funkcija mase, orijentacije i vrste iverja u vanjskom sloju ploča. Međutim, dimenzijske promjene ploča snažno su povezane i sa raspodjelom sadržaja vode po presjeku ploče.

3.3. Optička tehnika za određivanje debljinskog bubrenja ploča

U svom radu autori Wang i Winistrofer (2003) opisali su, s njihove strane razvijenu nerazornu optičku metodu za utvrđivanje debljinskog bubrenja slojeva unutar ploča bez njihove destrukcije. U radu razvijena optička metoda, cilja na identifikiranje udjela promjena debljine pojedinih slojeva na debljinsko bubrenje cijelih uzoraka ploča. Pri tome su utvrdili da gusti površinski slojevi ploča ponajviše doprinose sveukupnom iznosu bubrenja tijekom ranog razdoblja ciklusa izlaganja uzoraka djelovanju vode, u odnosu na njihov utjecaj nakon dovršetka 24 satnog ciklusa izlaganja. Sama tehnika zasniva se na dvije metode, točnije algoritamske metode na osnovi rezultata mjerenja gustoće profila i metode zarezivanja uzoraka. Prva metoda zasniva se na algoritmu koji koristi linearni odnos između susjednih točaka vertikalnog profila

gustoće ploče, uz pretpostavku konstantne mase horizontalnog sloja ploče nakon bubrenja (određeno eksperimentalnim putem). U slučaju upijanja vode, algoritam koristi načela apsorpcije zračenja uz odvajanje drvene mase od mase vode. Druga metoda je postupak vrlo plitkog zarezivanja slojeva na uzorcima ploča koje se zatim podvrgavaju djelovanju vode kroz 24 sata.

Rezultati ispitivanja debljinskog bubrenja OSB ploča prema obje od navedenih dvije metode pokazuju da je svaki vrlo tanki sloj po debljini ploče direktno povezan s njenom gustoćom i stoga autori sugeriraju da se kod utvrđivanja debljinskog bubrenje primjenom ovih metoda treba usredotočiti na tretmane ili procese koji utječu prvenstveno na slojeve veće gustoće (vanjski slojevi). Naime, bubrenje pojedinih slojeva povećava se s povećavanjem vremena izlaganja, pri čemu je maksimalna vrijednost bubrenja postignuta nakon 24 sata, ali uz veliko rasipanje vrijednosti u ovisnosti o promatranom sloju. Postotno bubrenje svakog od slojeva OSB ploče debljine 12 mm prikazano je na slici 2.



Slika 2. Postotno bubrenje pojedinih slojeva OSB ploče u odnosu na vrijeme izlaganja djelovanju vode

Na osnovi kompletnih rezultata ispitivanja autori su zaključili da se tehnika optičkog mjerenja debljinskog bubrenja pojedinih slojeva može koristiti za prikazivanje vrijednosti ukupnog debljinskog bubrenja OSB ploča. Pri tome su razlike kod cijelokupnog bubrenja između klasične i optičke tehnike u rasponu od 1,47 – 4,77 %.

3.4. Savojna svojstva komercijalnih OSB ploča pod utjecajem sadržaja vode

Kod OSB ploča je iznimno bitna njihova kompaktnost i čvrstoća jer se najčešće upotrebljavaju u graditeljstvu kao podne, krovne i zidne obloge, a ovaj tip ploča želi se postepeno i prilagoditi općoj uporabi. Upravo iz tog razloga su autori Wu i Suchsland (1997) mjerili savojna svojstva, sadržaj vode i debljinsko bubrenje komercijalnih OSB ploča. Njihov cilj bio je istražiti odnos krutosti i čvrstoće sa debljinskim bubrenjem i sadržajem vode te razviti eksperimentalni model za izračun modula elastičnosti i modula loma. Pritom su kao ispitni materijal koristili OSB ploče komercijalno izrađene iz iverja topolovine i borovine povezenog fenol-formaldehidnom smolom. Mjerenja navedenih fizikalno-mehaničkih svojstava provedena su nakon kondicioniranja ploča na 35, 55, 75, 85 i 95 % relativne vlage zraka, pri 24 °C.

Rezultati ispitivanja pokazali su da modul elastičnosti (MOE) i modul loma (MOR) padaju s povećanjem sadržaja vode. Pri tome je smanjenje vrijednosti MOE i MOR u linearnoj ovisnosti s promjenom vrijednosti sadržaja vode. Ispitivanjem debljinskog bubrenja utvrđena je pojava značajnih ne povratnih deformacija u slučaju povećanja sadržaja vode u rasponu od 8-10 %. Za povećanje sadržaja vode sa 4 na 24 % kombinirani utjecaj višeg sadržaja vode i većeg debljinskog bubrenja rezultira prosječnim padom vrijednosti MOE u iznosu od 72 % (paralelno) i 83 % (okomito), odnosno padom vrijednosti MOR u iznosu od 58 % (paralelno) i 67 % (okomito). Na osnovi tako dobivenih podataka autori su donijeli zaključak o međuodnosu promjene savojnih svojstava OSB ploča ovisno o promjenama sadržaja vode. Točnije, zaključili su da je svaka promjena savojnih svojstava zapravo posljedica i funkcija promjena vrijednosti debljinskog bubrenja ploča.

4. MATERIJAL I METODE RADA

4.1. Ispitivani materijali

Istraživanje je provedeno na komercijalnim troslojnim OSB pločama nominalne debljine 25 mm. Takve ploče namijenjene su uporabi u graditeljstvu i izložene su nepovoljnom djelovanju atmosferilija. Po uzorkovanju iz ploča su iskrojani ispitni uzorci u skladu s odrednicama HRN EN normi vezanih uz ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava drvnih ploča.

4.2. Metode istraživanja

Ispitivani materijali u ovom radu tretirani su i ispitivani u skladu s važećim HRN EN normama. Prije ispitivanja na jednom setu uzoraka (po 6 uzoraka za svako vrijeme izlaganja, ukupno 24 uzorka) brtvilom na bazi epoksidne smole zaštićene su ploha (lice i naličje ploče), a na drugom setu zaštićeni su rubovi. Naravno, s ciljem usporedbe, jedan set uzoraka (6 kom) nije tretiran brtvilom. Uzorcima su se prije i poslije procesa izlaganja hladnoj vodi, mjerile dimenzije i utvrđivala se masa. Sam proces izlaganja OSB ploča vodi trajao je sveukupno 8 sati, a pojedine grupe uzoraka vađene su iz vodene kupelji svakih/narednih 2 sata izlaganja.

4.2.1. Utvrđivanje sorpcijskih svojstava

Sorpcijska svojstva OSB ploča utvrđena su na osnovi rezultata ispitivanja fizikalnih svojstava. Od fizikalnih svojstava uzoraka OSB ploča ispitana je gustoća, debljinsko bubrenje, te apsolutno i relativno upijanje vode. Ispitivanja su provedena prema normama:

- dimenzije – HRN EN 324-1:1993 Ploče na osnovi drva – Određivanje dimenzija ploča-1. dio: određivanje debljine, širine i duljine (EN 324-1:1993),
- gustoća – HRN EN 323:1997 Ploče na osnovi drva – Određivanje gustoće (EN 323:1993),
- debljinsko bubrenje – HRN EN 317:2000 Ploče iverice i vlaknatice – Određivanje debljinskog bubrenja nakon potapanja u vodu (EN 317:1993),
- sadržaj vode – HRN EN 322:2003 Ploče na osnovi drva – Određivanje sadržaja vode (EN 322:1993),

- apsolutno i relativno upijanje vode – ispitivanje izvršeno paralelno s ispitivanjem debljinskog bubrenja; prema HRN EN 317:2000.

4.2.1.1. Određivanje dimenzija

Pri određivanju dimenzija, potrebno je odrediti debljinu, duljinu i širinu. Za mjerenje vrijednosti debljine koristi se mikrometarski vijak (u ovom radu digitalni mikrometarski vijak). To je mjerni instrument koji mjeri s točnošću od stotinke milimetra. Mjerenje debljine vrši se umetanjem uzorka i laganim pritezanjem ploha mjernog instrumenta, najprije pomoću kraja vijka za grubo okretanje, a zatim finim pritezanjem čekrkom. Za mjerenje duljine i širine služi pomična mjerka (mjerilo). Pomična mjerka je mjerni instrument kojim je ostvarena mogućnost mjerenja s točnošću od desetinke milimetara. Mjerenje duljine pomičnom mjerilom vrši se pomicanjem i laganim stezanjem ploha mjernog instrumenta na mjerni uzorak. Na ljestvici tijela očitavaju se puni milimetri, dok se na skali noniusa očitavaju desetinke milimetra. Dimenzije su se također mjerile tijekom cijelog procesa u razdoblju od 2, 4, 6 i 8 sati kako bi se mogle odrediti sve promjene uzoraka.

4.2.1.2. Određivanje gustoće

Gustoća je određivana prije, tijekom i poslije tretmana. Ispitano je 24 uzoraka po grupi (ukupno 48 uzoraka+6 referentnih uzoraka), kvadratnog oblika sa dimenzijama 50×50 mm. Svakom uzorku izmjerena je masa preciznom vagom s točnošću od 0,01 g prije ispitivanja. Nakon svaka 2 sata izlaganja vodi po 6 uzoraka je izvađeno iz vode i izmjerena im je dimenzijska promjena. Uz dimenzije, izmjerena je i masa te izračunata gustoća. Gustoća se izražava kao omjer mase i volumena ploče, prema formuli:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

.....(2)

ρ – gustoća ispitnog uzorka, g/cm^3
 m_u – masa ispitnog uzorka, g
 V – volumen ispitnog uzorka, cm

4.2.1.3. Utvrđivanje sadržaja vode

Ispitni uzorci (ukupno 48+6 kom) za mjerenje sadržaja vode bili su dimenzija 50 × 50 mm. Cilj ispitivanja je utvrditi količinu vode u ploči u trenutku ispitivanja kao i promjenu sadržaja vode nakon tretmana. Kod pločastih materijala na bazi drva primjenjuje se gravimetrijska metoda (metoda vaganja). Masa ispitnih uzoraka, nakon svaka dva sata izlaganja djelovanju vode, izmjerena je vagom s dopuštenim odstupanjem od ± 0,05 g. Sadržaj vode u uzorcima izražen je kao relativna vlažnost i izračunat prema:

$$u_r = \frac{m_u - m_o}{m_o} \times 100 \quad \dots(3)$$

u_r – relativna vlažnost, %

m_u – masa uzorka prije sušenja, g

m_o – masa uzorka nakon sušenja, g

4.2.1.4. Ispitivanje debljinskog bubrenja i upijanja vode

Debljinsko bubrenje i upijanje vode utvrđuje se zbog spoznaje o ponašanju ploča pri promjenama vlage zraka ili direktnog utjecaja vode, u uvjetima uporabe. Za ispitivanje je potrebna slijedeća oprema: kada s vodom, uređaj za potapanje u vodu, sito za cijedenje, mjerila (pomično mjerilo, mikrometar i vaga).

Određivanje debljinskog bubrenja vršilo se potapanjem ukupno 48+6 uzoraka OSB ploče dimenzija 50 × 50 mm u vodu. Uzorci su prije izlaganja klimatizirani, te im se izmjerila masa i debljina i nakon toga su uzorci potapljeni u kadu s vodom. Klimatizirani uzorci potapani su u okomitom položaju u vodu temperature ≈20 °C i kroz određeno razdoblje držani su potopljeni u vodi. Uzorci se pritom međusobno nisu smjeli dodirivati, pa niti sa stjenkom posude i morali su čitavom svojom površinom biti potopljeni pod vodom (ne smiju isplivati). Razina vode iznad uzoraka bila je oko 25 mm. Nakon propisana vremena (svaka dva sata) uzorci su se vadili iz vode i stavljali na žičanu mrežicu na cijedenje kroz 10 minuta. Uzorci su zatim vagani i izmjerene su njihove dimenzije.

Debljinsko bubrenje izračunato je kao razlika debljine ispitanog uzorka nakon klimatizacije (prije tretmana) i njegove debljine nakon potapanja u vodu. Izražava se s točnošću od 0,1 mm, a računa se prema formuli:

$$Q_x = \frac{d_u - d_0}{d_0} \times 100 \quad \dots(4)$$

Q_x – debljinsko bubrenje nakon x (2, 4, 6 i 8) sati izlaganja, %

d_0 – debljina ispitnog uzorka nakon tretmana, mm

d_u – debljina klimatiziranog ispitnog uzorka, mm

Apsolutno upijanje vode (U_a) odnos je mase ispitnog uzorka nakon tretmana u vodi i mase klimatiziranog uzorka prije tretmana. Rezultat se izražava s točnošću od 0,1 g, a izračunava se prema formuli:

$$U_a = m_v - m_u \quad \dots(5)$$

U_a – apsolutno upijanje vode, g

m_v – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja, g

m_u – masa ispitnog uzorka prije izlaganja, g

Relativno upijanje vode (U_r) odnos je apsolutnog upijanja vode i mase ispitnog uzorka prije tretmana, a računa se prema formuli:

$$U_r = \frac{m_v - m_u}{m_u} \times 100 \quad \dots(6)$$

U_r – relativno upijanje vode, %

m_v – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja, g

m_u – masa ispitnog uzorka prije izlaganja, g

4.3. Mjerna oprema korištena u istraživanju

Duljina i širina uzoraka mjerena je digitalnim pomičnim mjerilom mjernog područja od 0-150 mm. Debljina uzoraka mjerena je digitalnim mikrometrom s pomakom mjernih površina po načelu vijka, mjernog područja od 25-50 mm, točnosti mjerenja na dvije decimale. Digitalni mikrometar i pomično mjerilo (sl. 3) korišteni u istraživanju umjereni su i ovjereni markicom odgovarajućeg nadzornog tijela. Masa uzoraka mjerena je tehničkom vagom s mogućnošću mjerenja na dvije decimale. Tehnička vaga primijenjena u ispitivanju, umjerena je i ovjerenjena markicom odgovarajućeg nadzornog tijela.



Slika 3. Digitalno pomično mjerilo i mikrometar

Tretman uzoraka vodom izvršen je potapanjem uzoraka u metalnom kavezu u priručnu vodenu kupelj (sl. 4).



Slika 4. Tretman uzoraka u priručnoj vodenoj kupelji

Za tretman sušenja uzoraka korišten je laboratorijski sušionik sa prisilnim strujanjem zraka proizvođača Memmert, model UF 110 plus. Nakon sušenja uzorci su hlađeni u eksikatoru.

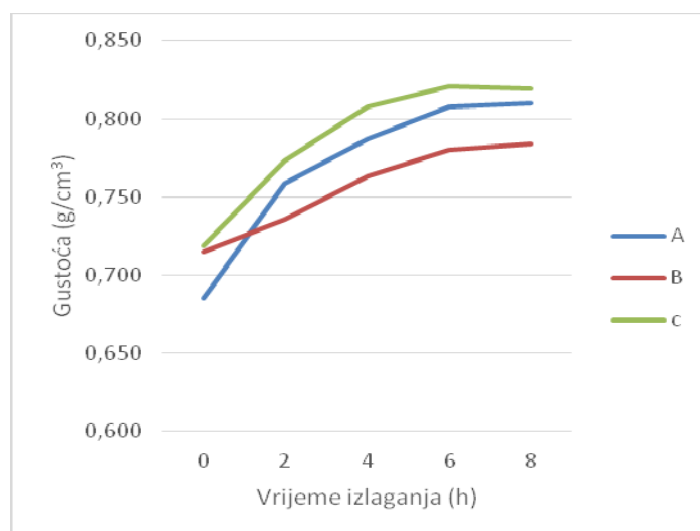
4. REZULTATI

Ispitivani uzorci mogu se podijeliti u dvije skupine; zaštićeni premazom na bazi epoksida te nezaštićeni premazom. Grupe uzoraka označeni su slovima A, B i C, što redom predstavlja uzorke kod kojih niti jedan rub ili ploha nisu bili zaštićeni (A), uzorci čiji su rubovi zaštićeni (B) i uzorci čije su plohe bile premazane zaštitnim sredstvom (C).

5.1. Gustoća

Tablica 1. Vrijednosti gustoće pojedinih grupa uzoraka OSB ploče

Vrijeme izlaganja (h)	Oznaka grupe uzoraka			Gustoća (g/cm ³)
	A	B	C	
0	0,685	0,715	0,719	
2	0,759	0,736	0,773	
4	0,787	0,763	0,808	
6	0,808	0,780	0,821	
8	0,810	0,784	0,819	



Slika 5. Grafički prikaz rezultata ispitivanja gustoće uzoraka OSB ploče

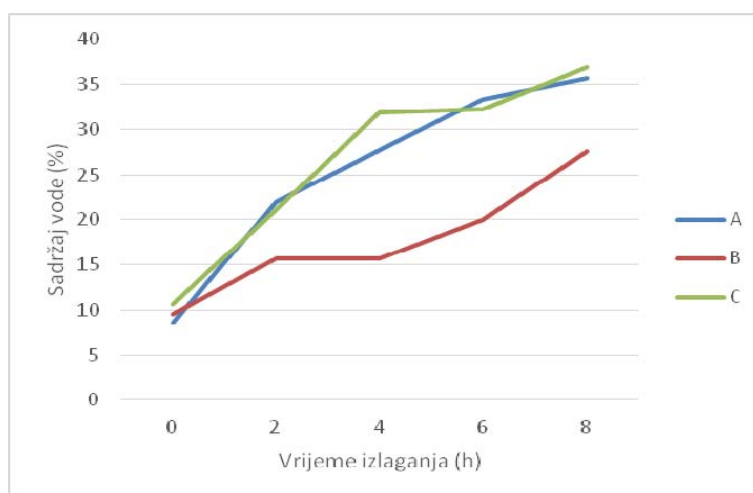
Rezultati određivanja promjene gustoće uzoraka ovisno o vremenu izlaganja djelovanju vode (tabl. 1; sl. 5) pokazuju kako gustoća uzoraka raste s vremenom. Ovakva tendencija promjene vrijednosti posljedica je matematičkog izračuna vrijednosti gustoće. Točnije ovisnosti odnosa brojnika i nazivnika o tendencijama

promjene vrijednosti mase (velik rast vrijednosti) i debljine (mali rast vrijednosti) uzoraka nakon izlaganja. Voda koju ploče upijaju povećava masu uzoraka, što posljedično uzrokuje debljinsko bubrenje uzoraka. No ta promjena nije linearna i iz tog se razloga stiče dojam povećanja gustoće uzoraka. Očekivano, gustoća uzoraka raste neovisno o tome jesu li oni zaštićeni ili ne. Povećanje vrijednosti gustoće najizraženije je u slučaju uzoraka grupe C, čime se sugerira na dominantnu ulogu otvorenosti rubova ploča na njihova sorpcijska svojstva.

5.2. Sadržaj vode

Tablica 2. Vrijednosti sadržaja vode pojedinih grupa uzoraka OSB ploče

Vrijeme izlaganja (h)	Oznaka grupe uzoraka			Sadržaj vode (%)
	A	B	C	
0	8,52	9,59	10,61	
2	21,91	15,68	21,07	
4	27,72	15,69	31,84	
6	33,31	19,95	32,32	
8	35,65	27,58	36,87	



Slika 6. Grafički prikaz rezultata ispitivanja sadržaja vode uzoraka OSB ploče

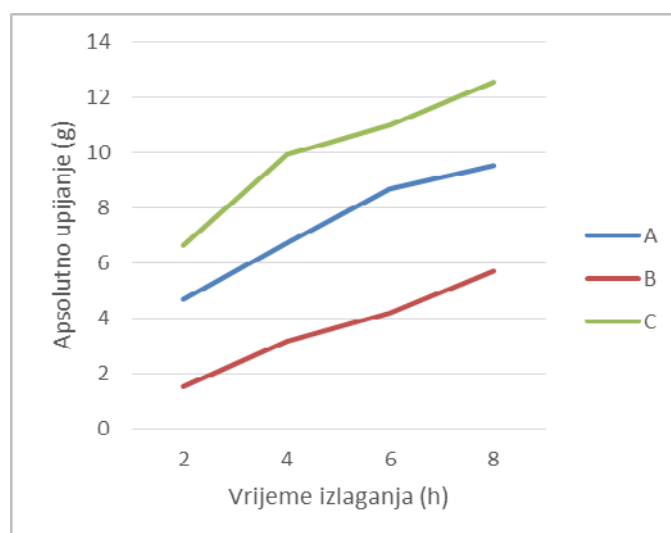
Na prikazu sadržaja vode (tabl. 2; sl. 6) uzoraka OSB ploče vidljiv je znatan porast vrijednosti u ovisnosti o periodu kojem su uzorci bili izloženi vodi. Drvo pokušava uravnotežiti svoje stanje higroskopsnosti sa okolinom pa tako ispušta ili upija vodu. Najveći trend upijanja izražen je kod uzoraka grupe C, dok je najmanji kod uzoraka grupe B što znači da su rubovi ploče dominantne površine preko kojih se odvijaju

sorpcijski procesi, stoga je potrebno zaštititi iste kako bi se trend povećanja sadržaja vode reducirao.

5.3. Apsolutno upijanje vode

Tablica 3. Vrijednosti apsolutnog upijanja vode pojedinih grupa uzoraka OSB ploče

Vrijeme izlaganja (h)	Oznaka grupe uzoraka			Apsolutno upijanje vode (g)
	A	B	C	
2	4,71	1,57	6,67	
4	6,76	3,18	9,97	
6	8,72	4,21	11,00	
8	9,55	5,73	12,59	



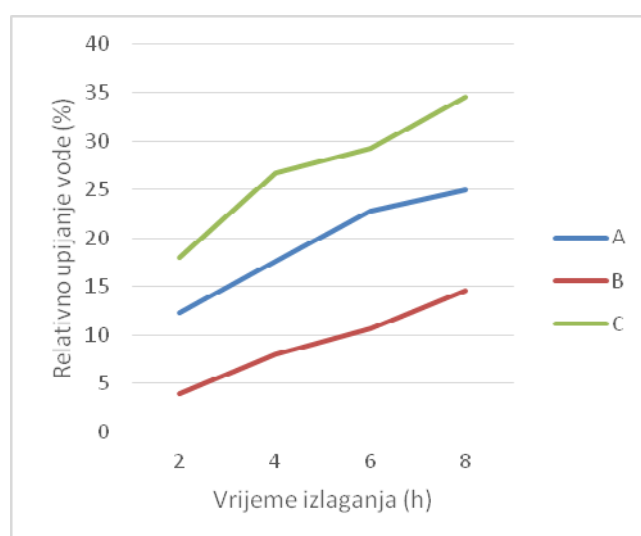
Slika 7. Grafički prikaz rezultata ispitivanja apsolutnog upijanja vode uzoraka OSB ploče

Povećanje trenda iznosa apsolutnog upijanja vode ovisno o produljenju perioda izlaganja uzoraka djelovanju vode vidljivo je iz rezultata prikazanih u tablici 3. i na slici 7. Najveće povećanje vrijednosti apsolutnog upijanja zabilježeno je kod uzoraka grupe C čije su plohe bile tretirane epoksidom, dok su rubovi ploče bili nezaštićeni. Time se opet sugerira na važnost otvorenosti rubova, ali i na efektivno „zatvaranje“ ploha (lice i naličje) uslijed vrućeg prešanja ploča. Naravno, orijentacija iverja također je zaslužna za ovakve tendencije promjena vrijednosti do sada objašnjenih svojstava, jer je smjer protezanja provodnih elemenata drva orijentiran okomito na debljinu ploče.

5.4. Relativno upijanje vode

Tablica 4. Vrijednosti relativnog upijanja vode pojedinih grupa uzoraka OSB ploče

Vrijeme izlaganja (h)	Oznaka grupe uzoraka			Relativno upijanje vode (%)
	A	B	C	
2	12,34	3,97	17,98	
4	17,69	7,98	26,75	
6	22,83	10,66	29,27	
8	24,99	14,62	34,57	



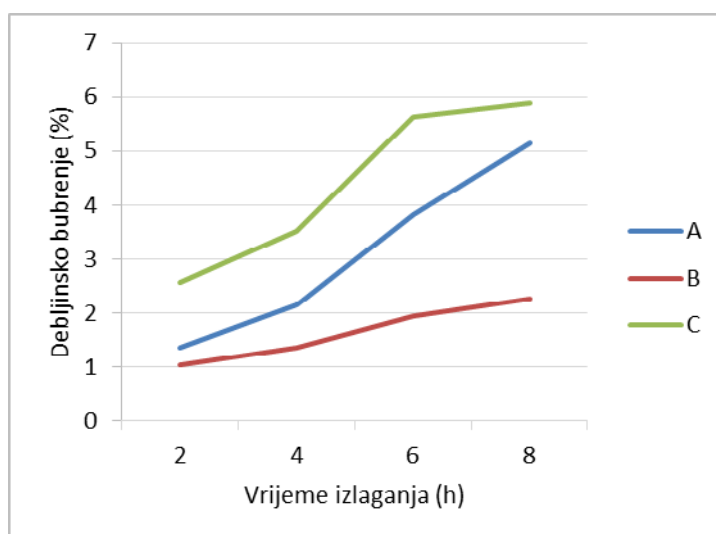
Slika 8. Grafički prikaz rezultata ispitivanja relativnog upijanja vode uzoraka OSB ploče

Iz dobivenih rezultata (tabl. 4; sl. 8) vidljiv je trend povećanja iznosa relativnog upijanja vode. Najizraženija vrijednost relativnog upijanja je zabilježena kod uzoraka grupe C. Trend povećanja vrijednosti relativnog upijanja vode identičan je onome u slučaju apsolutnog upijanja. Zanimljiv je podatak da je relativno upijanje vode uzoraka koji nisu tretirani brtvilom veće od upijanja vode uzoraka čiji rubovi su bili zabrtvljeni (grupa B). Ovime je još jednom potvrđen značaj otvorenosti rubova na sorpcijske procese OSB ploča, ali i efektivnost korištenja epoksidnog brtvila, koje evidentno nije izgubilo svoju funkciju kroz vremenski period unutar kojeg su uzorci ploča izlagani djelovanju vode.

5.5. Debljinsko bubrenje

Tablica 5. Vrijednosti debljinskog bubrenja pojedinih grupa uzoraka OSB ploče

Vrijeme izlaganja (h)	Oznaka grupe uzoraka			Debljinsko bubrenje (%)
	A	B	C	
2	1,36	1,03	2,58	
4	2,16	1,37	3,52	
6	3,82	1,94	5,64	
8	5,15	2,26	5,89	



Slika 9. Grafički prikaz rezultata ispitivanja debljinskog bubrenja uzoraka OSB ploče

Iz dobivenih rezultata ispitivanja debljinskog bubrenja (tabl. 5, sl. 9) vidljiv je porast debljine uzoraka ovisno o produljenju vremena izlaganja uzoraka ploča djelovanju vode. U skladu s anatomskim karakteristikama ploče, s obzirom na to da su upravo u smjeru duljine pojedinog iverja orijentirani i provodni elementi drva, logično je da će uzorci čije su plohe tretirane brtvilom imati najizraženiji trend povećanja iznosa debljinskog bubrenja. Sudeći prema dobivenim rezultatima lako je zaključiti da neovisno o tretmanu, debljinsko bubrenje ploča izazvano upijanjem vode nije moguće spriječiti.

6. DISKUSIJA

U ovom završnom radu analizirana su sorpcijska svojstva komercijalnih OSB ploča izloženih direktnom djelovanju vode. Rezultati ispitivanja pokazali su da voda utječe na destrukciju ploče, što sloj brtvila bilo na rubu, bilo na plohi ploča ne može u potpunosti zaustaviti. Brtvljenjem rubova samo djelomično se može smanjiti efekt prodiranja vode u strukturu ploče. Produljenjem vremena izlaganja uzoraka djelovanju vode uzorci ploča upijaju vodu pa tako sadržaj vode raste, a s njim mijenjaju se i ostala promatrana svojstva. Pritom položaj iverja i otvorenost rubova uzoraka imaju najveći efekt na destrukciju strukture ploča. Ujedno, djelovanjem vode smanjuje se adhezija veziva te ono popušta i dopušta da se zaostala naprezanja koja su nastala prešanjem oslobode. Kako se moglo očekivati prirast kod bubrenja je proporcionalan iznosu upijene vode i ta ovisnost je obrnuto proporcionalna nominalnoj debljini OSB ploče. S porastom vremena izlaganja uzoraka OSB ploča u hladnoj vodi, ne linearno raste i vrijednost debljinskog bubrenja.

7. ZAKLJUČAK

- direktnim izlaganjem uzoraka OSB ploča djelovanju vode, ne linearno s vremenom izlaganja mijenjaju se promatrana fizikalna svojstva,
- voda destruktivno djeluje na strukturu OSB ploča,
- upijanje vode koje automatski uvjetuje tendenciju promjene vrijednosti ostalih ispitivanih svojstava odvija se prvenstveno preko nezaštićenih rubova ploča,
- zaštitom rubova smanjuje se proces upijanja vode, povećanje sadržaja vode i debljinsko bubrenje,
- produljenjem vremena izlaganja gustoća uzoraka postaje funkcija intenziteta promjena vrijednosti debljine uzoraka i njihove mase.

8. LITERATURA

1. Gu, H., Wang, S., Neimsuwan, T., Wang S., 2005: Comparison study of thickness swell performance of commercial oriented strandboard flooring products. *Forest Products Journal*, 55 (12): 239-245.
2. Mirski R., Dziurka, D., Derkowski, A., 2011: Dynamics of changes in thickness of commercial OSB/3 subjected to soaking. *Wood Research*, 56 (3): 403-412.
3. Wang, S., Winistorfer, P.M., 2003: An optical technique for determination of layer thickness swell of MDF and OSB. *Forest Products Journal*, 53 (9):64-71.
4. Wu, Q., Suchsland, O., 1997: Effect of moisture on the flexural properties of commercial oriente strandboards. *Wood and Fiber Science*, 29 (1): 47-57.