Sorpcijska svojstva OSB ploča izloženih djelovanju vodene pare

Bešić, Haris

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:634139

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
STUDIJ DRVNE TEHNOLOGIJE

HARIS BEŠIĆ

SORPCIJSKA SVOJSTVA OSB PLOČA IZLOŽENIH DJELOVANJU VODENE PARE

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2016.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

AUTOR:	Haris Bešić 24.09.1992., Zagreb 0068215720
NASLOV:	Sorpcijska svojstva OSB ploča izloženih djelovanju vodene pare
TITLE:	Sorption properties of OSB boards exposed to impact of water vapour
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: 10 Tablica: 5 Navoda literature: 4

SAŽETAK:

S obzirom na to da su OSB ploče namijenjene uporabi u uvjetima povišene vlage, njihova sorpcijska svojstva vrlo su bitna. Pri tome se prvenstveno misli na vrijednosti sadržaja vode, odnosno debljinskog bubrenja uslijed nepovoljnog izlaganja djelovanju vode i/ili vodene pare. Potonje navedenim svojstvima definira se dimenzijska stabilnost ploča u realnim uvjetima uporabe i iz tog su razloga u ovom završnom radu, laboratorijski utvrđena sorpcijska svojstava OSB ploča. Svojstva ploča utvrđena su na osnovi razlika vrijednosti mase i debljine prije i nakon njihova izlaganja u atmosferi zasićenoj vodenom parom. Pri tome je jedan set uzoraka tretiran brtvilom na bazi epoksidne smole kojim su se zatvarali rubovi uzoraka, a na drugom setu uzoraka istim tipom brtvila zatvarane su plohe (lice i naličje ploče). Rezultati ispitivanja ukazuju na dominantan efekt upijanja vode iz atmosfere zasićene vodenom parom preko rubova ploča. Rezultatima je također utvrđeno da kombinirani utjecaj povišene temperature i vode u obliku zagrijane vodene pare destruktivno djeluje na strukturu OSB ploča, čime se smanjuje njihova dimenzijska stabilnost.

PREDGOVOR

OSB ploče inženjerski su materijali kod kojih se uporabom iverja relativno velikih dimenzija, uz primjenu izocijantanih smola i uz orijentaciju iverja ovisno o širini/duljini ploče postižu vrlo dobra fizikalno-mehanička svojstva. Ipak, ovi tipovi ploča podložni su djelovanju vode i vodene pare, koji narušavaju njihovu dimenzijsku stabilnost i time djelom ograničavaju potencijal njihova iskorištenja. Stoga je vrlo bitno poznavati sorpcijska svojstva ploča, kojima se definiraju potencijalna mjesta njihove uporabe.

U ovom završnom radu, laboratorijskim ispitivanjem uzoraka, utvrđene su promjene vrijednosti fizikalnih svojstava komercijalnih OSB ploča izloženih djelovanju vodene pare. Pri tome je dodatno istražen efekt zatvorenosti pojedinih ploha/rubova ploča na apsorpciju vode, odnosno utjecaj smjerova difuzije vode na sorpcijska svojstva ploča.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. CILJ RADA 2

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 3

3.1. Dimenzijska stabilnost troslojnih OSB ploča 3

3.2. Debljinsko bubrenje OSB ploča pod utjecajem dogoročnog cikličkog izlaganja djelovanju vode 4

3.3. Karakterizacija sorpcijskih procesa OSB ploča pod utjecajem dugotrajnog cikličkog izlaganja promjeni sadržaja vode 5

3.4. Efekt sadržaja vode na savojna svojstva komercijalnih OSB ploča 6

4. MATERIJAL I METODE RADA 7

4.1. Ispitivani materijal 7

4.2. Metode istraživanja 7

4.2.1. Utvrđivanje sorpcijskih svojstava 7

4.2.1.1. Određivanje dimenzija 8

4.2.1.2. Određivanje gustoće 8

4.2.1.3. Utvrđivanje sadržaja vode 8

4.3.1.4 Ispitivanje debljinskog bubrenja i upijanja vode 9

4.3. Mjerna oprema korištena u istraživanju 11

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

Posljednjih desetljeća proizvodnja ploča od usitnjenog drva naglo se poveća. Razlog tomu je pomanjkanje kvalitetne drvne sirovine te ne mogućnost praćenja tempa porasta broja stanovnika. Da bi se ublažio deficit drva valjalo je pronaći način kako integralno iskorištavati drvnu sirovinu. Glavni način takvog iskorištavanja su ploče od usitnjenog drva. S obzirom na sve veću potrebu za proizvodima od drva, ploče od usitnjenog drva nastoje zamijeniti masivno drvo, a da se pritom zadrže visoke vrijednosti uporabnih svojstva gotovih proizvoda.

Ploče od usitnjenog drva inženjerski su materijali koji se sastoje od drvnog iverja obljepljenog sintetskim vezivom. Danas postoji jako velik broj sintetskih veziva na tržištu i svako ima određena svojstva. Uz to, pločama od usitnjenog drva mogu se dodavati različiti dodaci (instekticidi, fungicidi, retardanti i hidrofobna sredstva) kojima se mijenjaju fizikalno-mehanička svojstva ploča. Iz tog razloga ploče od usitnjenog drva nalaze vrlo široku primjenju.

2. CILJ RADA

Ploče iz orijentiranog strand iverja (OSB, od engl. oriented strand bord) su posebna skupina ploča od usitnjenog drva s vodoravnim iverjem američkog podrijetla namijenjenje uporabi u graditeljstvu koje se proizvode od makro iverja znatno većih dimenzija od standardnog iverja. Iz razloga što se najčešće upotrebljavaju u graditeljstvu, izložene su nepovoljnom djelovanju atmosferilija, odnosno oborinama, vjetru, promjenama temperature, isušivanu i bubrenju. Iz tih razloga znanstvenicima je oduvijek bila važna dimenzijska stabilnost OSB ploča. Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj otvorenosti ploha/rubova ploče na sorpciju vode u atmosferi zasićenoj vodenom parom.

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 te debljinskog bubrenja (apsolutno i relativno),
- mjerenje dimenzija i mase uzoraka – potrebnih za izračun gustoće, sadržaja vode i debljinskog bubrenja (apsolutnog i relativnog),
- premazivanje rubova i ploha uzoraka brtvilom na bazi epoksidne smole
- mjerenje dimenzija i mase premazanih uzoraka – potrebnih za izračun gustoće, sadržaja vode i debljinskog bubrenja (apsolutnog i relativnog),
- stavljanje uzoraka u vodenu kupelj, u atmosferu zasićenu vodenom parom,
- mjerenje dimenzija i mase uzoraka nakon 2, 4, 6 i 8 sati tretmana - potrebnih za izračun gustoće, sadržaja vode, upijanja vode, te debljinskog bubrenja,
- statistička obrada i tumačenje dobivenih podataka s diskusijom.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Pregled dosadašnjih istraživanja djelomično je ograničan budući da se do sada nisu sustavno ispitivala sorpcijska svojstva OSB ploča sa zaštićenim rubovima (plohama). Obrađena istraživanja odnose se na ispitivanja dimenzijske stabilnosti OSB ploča u ovisnosti o položaju i veličini iverja, masi iverja pojedinog sloja, dodatka smole i nepovoljnom izlaganju atmosferi s povišenom vlagom zraka.

3.1. Dimenzijska stabilnost troslojnih OSB ploča

Dimenzijska stabilnost važno je svojstvo za primjenu OSB ploča. S obzirom na to da promjene vrijednosti relativne vlage zraka utječu na promjene dimenzija ploča u punom većem razmjeru nego primjerice promjene temperature, poznavanje utjecaja vode i vlage bitno je za pravilnu primjenu OSB ploča. Nadalje, dimenzijske promjene mogu biti, a najčešće i jesu, signifikantni faktor unutarnjeg naprezanja. Dimenzijska stabilnost glavni je faktor izdržljivosti ploče jer promjene u dimenzijama, između ostaloga, mogu dovesti i do narušavanja adhezivnih veza u samoj ploči.

U svom radu autori Lee i Wu (2002) ispitali su odnos bubrenja i savojnih svojstava troslojnih OSB ploča u ovisnosti o položaju iverja u ploči, masi iverja, dodatku smole, gradijentu vertikalne gustoće ploča i sadržaju vode. Pri tome su glavni ciljevi rada bili:

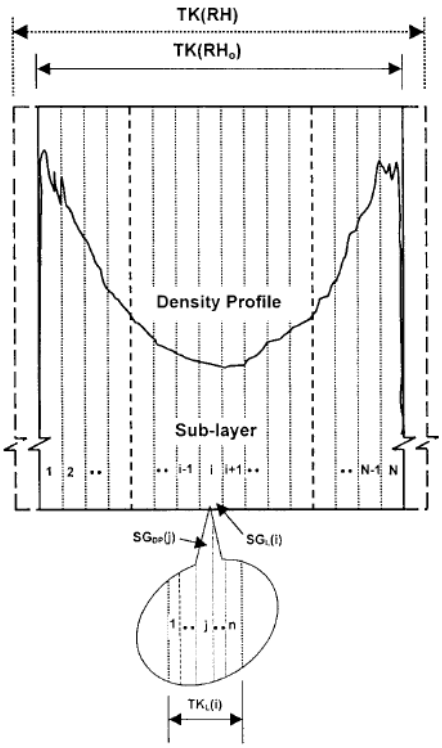
a) Istražiti efekte obrade panela koji utječu na linearno povećanje dimenzija, modul elastičnosti i modula loma OSB ploča
b) Razviti analitički model za predviđanje linearne ekspanzije, efektivnog modula elastičnosti i unutarnjeg naprezanja
c) Potvrditi model testiranjem troslojnih ploča u različitim konstrukcijama

Eksperiment je obuhvatio izradu i ispitivanje 32 troslojne OSB ploče iz borovog iverja dužine 76 mm, uz dodatak smole od 4 i 6 %. Rezultati ispitivanja pokazali su da linearno povećanje dimenzija, modul loma i modul elastičnosti jako variraju ovisno o parametrima izrade ploča. Pritom je utvrđeno da su masa iverja i položaj iverja dva glavna faktora za kontroliranje unutarnjeg naprezanja ploča izrađenih uz navedeni dodatak smole. Također je utvrđeno da linearno povećanje dimenzija ploča u načelu krivolinijski prati promjenu sadržaja vode; sa većom stopom bubrenja na manjim sadržajima vode. Povećanje dodatka smole sa 4 na 6 % ima jako mali utjecaj na ispitivana svojstva. Na osnovi podataka dobivenih ispitivanjem ploča, autori su zatim razvili model za predviđanje trenda promjene linearnog povećanja dimenzija i

efektivnog modula elastičnosti kao funkcija mase iverja, položaja iverja i dodatka smole. Predloženi model pritom bi se mogao koristiti za optimiranje navedenih svojstava s ciljem uravnoteženja vrijednosti ispitivanih svojstva, efekt čega je najizraženiji u potencijalnom širenju primjene OSB ploča u još zahtjevnijim konstrukcijskim uvjetima.

3.2. Debljinsko bubrenje OSB ploča pod utjecajem dogoročnog cikličkog izlaganja djelovanju vode

Autori Wu i Lee (2002) u svom radu mjerili su debljinsko bubrenje OSB ploča dugoročno ciklički izlaganih diferencijalnoj relativnoj vlazi zraka pri 25 °C. Mjerenje je obavljeno stavljanjem uzoraka ploča u klimatski kontroliranu komoru dok isti nisu postigli stanje ravnotežnog sadržaja vode na zadanoj relativnoj vlazi zraka. Eksperiment se vršio na 44 jednoslojne i 32 troslojne OSB ploče izrađene iz borovog iverja različitih dimenzija. Na osnovi dobivenih rezultata navedeni autori razvili su model za predviđanje debljinskog bubrenja OSB ploča po gradijentu gustoće baziran na mjerenju debljinskog bubrenja određenog sloja i njegove gustoće (sl. 1.)



Slika 1. *Raspodjela ispitivanih ploča u slojeve ovisno o gradijentu gustoće profila*

Rezultati ispitivanja pokazali su da je histereza debljinskog bubrenja u svim pločama rezultat cikličkog izlaganja povišenoj i niskoj relativnoj vlagi zraka. Najveća histereza zabilježena je tijekom prvog ciklusa adsorpcije (prvog ciklusa izlaganja ploča djelovanju povišene vlage zraka). Kasnije se adsorbcijski proces usporava. Debljinsko bubrenje očekivano se povećalo s povećanjem sadržaja vode u pločama, uslijed upijanja vlage iz atmosfere s visokim relativnim sadržajem vlage i povećanjem gustoće dok se smanjuje sa povećanjem sadržaja smole u ploči. Položaj i masa iverja kod jednoslojnih ploča također pokazuju signifikantni efekt na debljinsko bubrenje dok kod troslojnih ploča taj efekt nije toliko izražen. Modelom predviđeno debljinsko bubrenje odgovaralo je eksperimentalnim podacima. Debljinsko bubrenje vanjskih slojeva je generalno manje uspoređujući sa srednjim slojem zato jer su ovdje zabilježene manje promjene ravnotežnog sadržaja vode.

3.3. Karakterizacija sorpcijskih procesa OSB ploča pod utjecajem dugotrajnog cikličkog izlaganja promjeni sadržaja vode

OSB ploče u radu autora Wu i Ren (2000) izložene su cikličkom utjecajem povišene vlage zraka. Slično kao i u ranije obrađenom radu i ovi autori mjerenje su obavili stavljanjem uzoraka ploča u klimatski kontroliranu komoru dok isti nisu postigli stanje ravnotežnog sadržaja vode na zadanoj relativnoj vlazi zraka. Odnos relativne vlage zraka i ravnotežni sadržaj vode uzoraka uvršteni su u Nelsonov sorpcijski model koji se zasniva na Gibbsovoj slobodnoj energiji:

$$\boxed{\frac{RH}{100} = \exp\left\{\left(-\frac{W_W}{R \times T}\right)\exp\left[A \times \left(1 - \frac{EMC}{M_V}\right)\right]\right\}} \qquad \text{.....(1)}$$

RH – relativna vlaga, %
exp – eksponencijalna funkcija
W_W – molekulska masa vode, mol^{-1}
R – univerzalna plinska konstanta, cal/mol/°K
T – apsolutna temperatura, °K
A – prirodni logaritam Gibbsove slobodne energije po gramu apsorbirane vode
MV – konstanta materijala kojom se aproksimira zasićenje vlakanaca, %

Ovaj model je uzet da bi se kroz njega razvilo predviđanje distribucije ravnotežnog sadržaja vode kroz ploču s gradijentom gustoće i sa predviđanjem

promjene ravnotežnog sadržaja vode kroz OSB ploču pod utjecajem vlage zraka.

Rezultati ispitivanja pokazali su da slojevi s manjom gustoćom postižu veći stupanj ravnotežnog sadržaja vode dok slojevi sa većom gustoćom postižu manji stupanj ravnotežnog sadržaja vode. Također, istraživanje je pokazalo da se kod utjecaja dugoročnog cikličkog izlaganja OSB ploča povišenoj vlazi zraka sorpcijska izoterma može previdjeti navedenim Nelsonovim modelom.

3.4. Efekt sadržaja vode na savojna svojstva komercijalnih OSB ploča

Glavna primjena OSB ploča su zidne, krovne i podne obloge, te je stoga kod ovih ploča vrlo bitna čvrstoća i krutost. Iznosi oba dva svojstava mogu biti znatno smanjenji uslijed povećanja sadržaja vode što je dodatno popraćeno sa debljinskim bubrenjem. Vodeći se potonje navedenim autori Wu i Suchsland (1997) mjerili su sadržaj vode, debljinsko bubrenje i savojna svojstva OSB ploča iz dvije vrste drva, s ciljem:

a) Razvijanja eksperimentalnih podataka za izračun modula elastičnosti i modula loma te debljinskog bubrenja za različite nivoe sadržaja vode
b) Istraživanja odnosa čvrstoće i krutosti sa sadržajem vode i debljinskim bubrenjem

Ploče korištene u eksperimentu izrađene su iz topolovine i borovine primjenom fenol-formaldehidne smole. Rezultati ispitivanja pokazali su da smanjenje krutosti i savojne čvrstoće radi povećanja sadržaja vode postoji samo u higroskopnom području. Preneseno, to znaći da se zbog nepovratnog debljinskog bubrenja signifikantni dio ploče neće vratiti u početno stanje kada iste osušimo do suhog stanja. Također, rezultati su pokazali da se modul elastičnosti i modul loma linearno smanjuju sa povećanjem sadržaja vode. Za promjenu sadržaja vode sa 4 na 24 %, kombinirani efekt povećanja sadržaja vode i debljinskog bubrenja vodi do gubitka modula elastičnosti od 72 % u paralelnom smjeru i 83 % u okomitom smjeru. Što se tiče modula loma pri istoj promjeni sadržaja vode vidi se gubitak od 58 % u paralelnom smjeru i 67 % u okomitom smjeru. Na osnovi tako dobivenih podataka autori su predložili jednađbu za opis modula elastičnosti i modula loma kao funkcije debljinskog bubrenja.

4. MATERIJAL I METODE RADA

4.1. Ispitivani materijal

Istraživanje je provedeno na troslojnim OSB pločama tip OSB/3, odnosno nosivim pločama za primjenu u uvjetima povišene vlage, s vodoravnim položajem makro iverja. Ovaj tip ploča se najčešće upotrebljava u graditeljstvu i time ploče dolaze u neposredan kontakt s vodom. Uz to ploče su često izložene diferencijalnoj klimi uz često navlaživanje i isušivanje. Debljina ploča određenih za provedbu eksperimentalnog dijela ovog rada bila je 25 mm. Uzorkovanje i krojenje uzoraka OSB ploča obavljeno je u skladu s odrednicama HRN EN normi.

4.2. Metode istraživanja

U radu ispitivani materijali tretirani su i ispitivani u skladu s važećim HRN EN normama za fizikalno-mehanička svojstva. Materijali su ispitivani prije i poslije procesa izlaganja atmosferi povišene relativne vlage zraka. Nakon krojenja i kondicioniranja, a prije izlaganja uzoraka djelovanju povišene vlage zraka, jednoj grupi uzoraka premazivanjem brtvilom na bazi epoksidne smole, zaštićene su plohe (lice i naličje ploče), a drugoj bočni bridovi (rubovi, čela ploča). Uz navedene grupe uzoraka, kao kontrolni korišteni su i uzorci bez ikakvih mehaničkih barijera za difuziju vode (nezaštićeni uzorci). Prije samog izlaganja uzorcima su izmjerene dimenzije i utvrđena je njihova masa, a isti su zatim podvrgnuti djelovanju povišene vlage zraka. Tretman uzoraka sastojao se iz njihova izlaganja djelovanju vodene pare u električnoj kupelji kroz maksimalno 8 sat. Konkretno, tretman izlaganja djelovanju vodene pare, odnosno atmosferi povišene relativne vlage zraka trajao je 2,4,6 i 8 sati.

4.2.1. Utvrđivanje sorpcijskih svojstava

Sorpcijska svojstva određena su na osnovi rezultata ispitivanja fiziklanih svojstava OSB ploča. Fizikalna svojstva koja su pritom ispitana bila su gustoća, apsolutno upijanje vode, relativno upijanje vode te debljinsko bubrenje. 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 paralalno s ispitivanjem debljinskog bubrenja; prema HRN EN 317:2000.

4.2.1.1. Određivanje dimenzija

Prilikom određivanja 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 koristi se 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. Uz mjerenje dimenzija prije izlaganja, dimenzije su se također mjerile i tijekom cijelog procesa tretmana kako bi se mogle odrediti sve promjene fizikalne prirode.

4.2.1.2. Određivanje gustoće

Gustoća je određena prije, tijekom i poslije tretmana uzoraka. Sveukupno je ispitano 30 uzoraka, kvadratnog oblika, dimenzija 50 × 50 mm. Uzorcima su prije ispitivanja izmjerene dimenzije i utvrđena im je masa, a nakon svakih 2 sata izlaganja po 6 uzoraka je izvađeno iz kupelji i izmjerena im je promjena dimenzija kako bi mogli uvidjeti tijek porasta gustoće u tom periodu. Svakom ispitnom uzorku izmjerena je masa preciznom vagom s točnošću od 0,01 g. Svakih 2 sata izlaganja po 6 uzoraka iz svake grupe izvađeno je iz kupelji i izmjereno s ciljem praćenja promjena

mase, a time i gustoće uzoraka ploča. Gustoća je izražena kao omjer mase i volumena ploče, prema formuli:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad .....(2)$$

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

Ukupno 30 ispitnih uzoraka za mjerenje sadržaja vode bili su dimenzija 50 × 50 mm i vagani su prije izlaganja i po završetku određenog vremenskog perioda izlaganja s ciljem utvrđivanja količine vode u ploči u trenutku ispitivanja kao i promjenu sadržaja vode nakon tremana. Radi preciznosti mjerenja, masa ispitnih uzoraka izmjerena je na vagi s dopuštenim odstupanjem od samo ± 0,05 g. Sadržaj vode (%) izračunat je na način da se razlika masa prije i nakon tretmana podjelila sa masom prije samog tretmana.

$$u_r = \frac{m_u - m_0}{m_0} \times 100 \qquad .....(3)$$

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 utvrđeni se s ciljem dobivanja spoznaje o ponašanju ploča pri promjenama vlage zraka ili direktnog utjecaja vodene pare, u realnim uvjetima uporabe. Određivanje debljinskog bubrenja izvršeno je postavljenjem 30 uzoraka OSB ploče dimenzija 50 × 50 mm iznad razine vode u električnoj vodenoj kupelji zagrijanoj na 100 °C. Kao što je ranije rečeno, prije izlaganja uzorci su klimatizirani i izmjerena in+m je masa i debljina. U kupelj, uzorci su postavljeni vertikalno, bez međusobnog dodirivanja ili kontakta sa stjenkama

kupelji. Svakih 2 sata izlaganja označeni uzorci zaštićenih ploha/rubova veđeni su iz kupelji, vagani su i izmjerena im je debljina.

Debljinsko bubrenje (Q_X) utvrđeno je kao razlika debljine ispitnog uzorka nakon klimatizacije (prije tretmana) i njegove debljine nakon svakog ciklusa izlaganja. Izražena je s točnošću od 0,1 mm, a izračunato je prema formuli:

$$Q_X = \frac{d_u - d_0}{d_0} \times 100 \qquad \text{.....(4)}$$

Q_X – debljinsko bubrenje nakon x (2,4,6 ili 8) sata izlaganja, %
d_o – debljina ispitnog uzorka prije tretmana, mm
d_u – debljina klimatiziranog nakon tretmana, mm

Kao što je ranije navedeno, paralelno s utvrđivanjem debljinskog bubrenja utvrđeno je i apsolutno i relativno upijanje vode. Apsolutno upijanje vode (U_a) izračunato je kao odnos mase ispitnog uzorka nakon tretmana i mase klimatiziranog uzorka prije tretmana. Rezultat je izražen s točnošću od 0,1 g, a izračunat je prema formuli:

$$U_a = m_v - m_u \qquad \text{.....(5)}$$

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 izračunato je prema formuli:

$$U_r = \frac{m_v - m_u}{m_u} \times 100 \qquad \text{.....(6)}$$

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

Tretman uzoraka vodenom parom izvršen je korištenjem laboratorijske vodene kupelji proizvođača Cole-Parmer, model WD28C12E (sl. 2).

Slika 2. *Laboratorijska vodena kupelj*

Za tretman uzoraka suhim zrakom (sušenje) korišten je laboratorijski sušionik sa prisilnim strujanjem zraka proizvođača Memmert, model UF 110 plus (sl. 3). Laboratorijski sušionik mora omogućiti izmjenu zraka oko 30 puta u jednom satu. Nakon sušenja uzorci su hlađeni u eksikatoru.

Slika 3. *Laboratorijski sušionik*

Debljina uzoraka mjerena je digitalnim mikrometrom (sl. 4) s pomakom mjernih površina po načelu vijka, mjernog područja od 25-50 mm, točnosti mjerenja na dvije decimale.

Slika 4. *Digitalni mikrometar*

Duljina i širina uzoraka mjerena je digitalnim pomičnim mjerilom mjernog područja od 0-150 mm (sl. 5). Digitalni mikrometar i mjerilo umjereni su i ovjereni markicom odgovarajućeg nadzornog tijela.

Slika 5. *Digitalno pomično mjerilo*

Masa uzoraka mjerena je tehničkom vagom s mogućnošću mjerenja na dvije decimale. Tehnička vaga primijenjena u ispitivanju, umjerena je i ovjerena markicom odgovarajućeg nadzornog tijela.

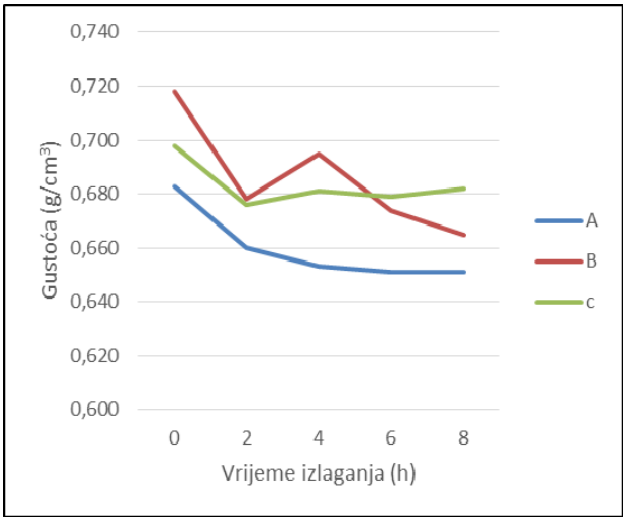
5. REZULTATI

Radi lakšeg razumijevanja podataka dobivenih istraživanjem potrebno je objasniti oznake pojedinih grupa uzoraka ploča, podjeljenih ovisno o tome koja dio pojedinog uzorka je zaštićen premazom na bazi epoksidne smole. Grupe uzoraka označene su slovima A, B i C, što redom predstavlja uzorke kod kojih niti jedna ploha ili rub nije zaštićen (A), uzorke kod kojih su rubovi zaštićeni (B), odnosno uzorke kod kojih su plohe zaštićene epoksidnim premazom (C).

5.1. Gustoća

Tablica 1. *Vrijednosti gustoće pojedinih grupa uzoraka OSB ploče*

Vrijeme izlaganja (h)	**Oznaka grupe uzoraka**			
	A	**B**	**C**	
0	0,683	0,718	0,698	**Gustoća** (g/cm^3)
2	0,660	0,678	0,676	
4	0,653	0,695	0,681	
6	0,651	0,674	0,679	
8	0,651	0,665	0,682	



Slika 6. *Grafički prikaz rezultata ispitivanja gustoće uzoraka OSB ploče*

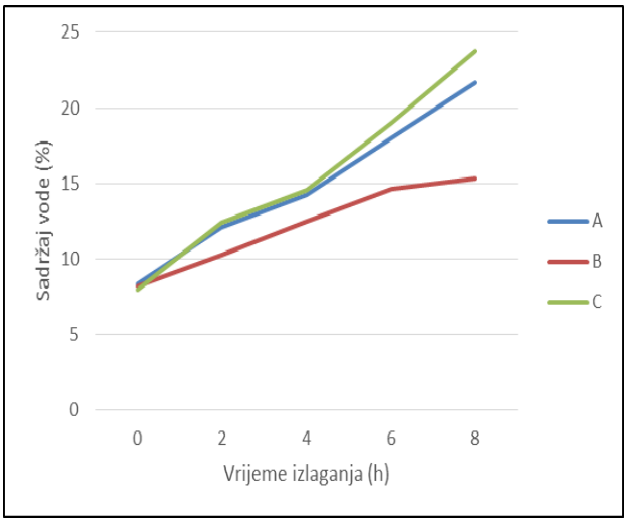
Iz navedenih rezultata u tablici 1. i na slici 6. vidljiv je kontinuirani pad gustoće u navedenom periodu izlaganja uzoraka djelovanju vodene pare. Razlog tomu je povećanje dimenzija koje je puno intenzivnije od samog povećanja mase što na kraju

utječe na smanjenje gustoće same ploče. Vodena para destruktivno utječe na vezivo korišteno za izradu ploča (poliuretanska smola), te dolazi do popuštanja zaostalih naprezanja u njezinoj strukturi i stoga se naglo mijenjaju dimenzije ispitnih uzoraka. Dodatno, važno je napomenuti i samo upijanje vode koje drvo apsorbira iz vodene pare koje također utječe na promjenu dimenzija, ali i mase. Na grafičkom prikazu (sl. 6.) moguće je uočiti da se u slučaju uzoraka koji nisu tretirani brtvilom i onih kod kojih su samo plohe zaštićene, intezitet pada gustoća kroz vrijeme smanjuje što se također može povezati sa smanjenjem kohezijsko-adhezijske čvrstoće veziva. U slučaju uzoraka kod kojih su rubovi tretirani brtvilom zabilježen je najveći postotni pad vrijednosti gustoće, a taj pad najviše je izražen nakon tretmana od samo 2 sata.

5.2. Sadržaj vode

Tablica 2. *Vrijednosti sadržaja vode pojedinih grupa uzoraka OSB ploče*

Vrijeme izlaganja (h)	**Oznaka grupe uzoraka**			
	A	**B**	**C**	
0	8,34	8,16	7,94	**Sadržaj vode** (%)
2	12,08	10,24	12,39	
4	14,22	12,49	14,54	
6	18,02	14,65	19,00	
8	21,67	15,33	23,75	



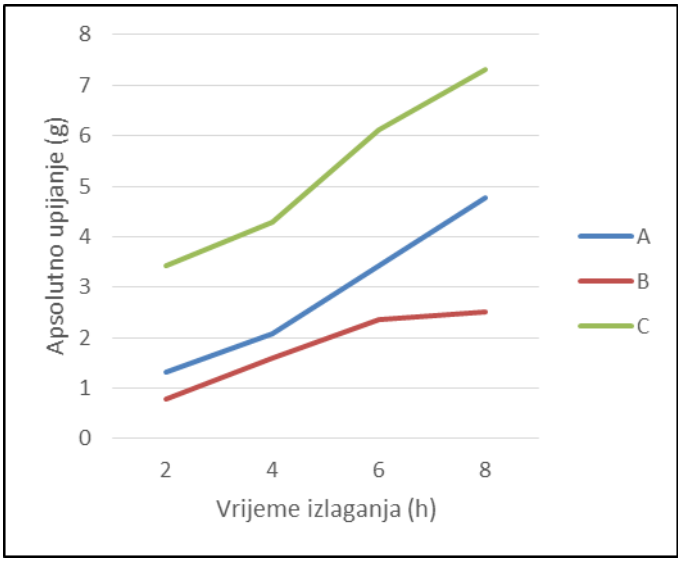
Slika 7. *Grafički prikaz rezultata ispitivanja sadržaja vode uzoraka OSB ploče*

Iz dobivenih rezultata ispitivanja sadržaja vode (tabl. 2; sl. 7) vidljiv je zamjetan porast vrijednosti u ovisnosti o periodu izlaganja uzoraka djelovanju vodene pare. Navedena tendencija posljedica je higroskopnost drva, budući da drvo nastoji ući u ravnotežu sa okolnim zrakom te upija ili ispušta vodu ovisi u kakvom su odnosu. Trend promjena najmanje je izražen kod uzoraka grupe B pa možemo zaključiti da najveći dio upijanja ili ispuštanja vode prolazi preko rubova ploča, te njihovom zaštitom možemo reducirati trend povećanja sadržaja vode.

5.3. Apsolutno upijanje vode

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

Vrijeme izlaganja (h)	**Oznaka grupe uzoraka**			
	A	**B**	**C**	
2	1,33	0,78	3,43	**Apsolutno upijanje vode** (g)
4	2,08	1,60	4,30	
6	3,43	2,37	6,11	
8	4,76	2,52	7,32	



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

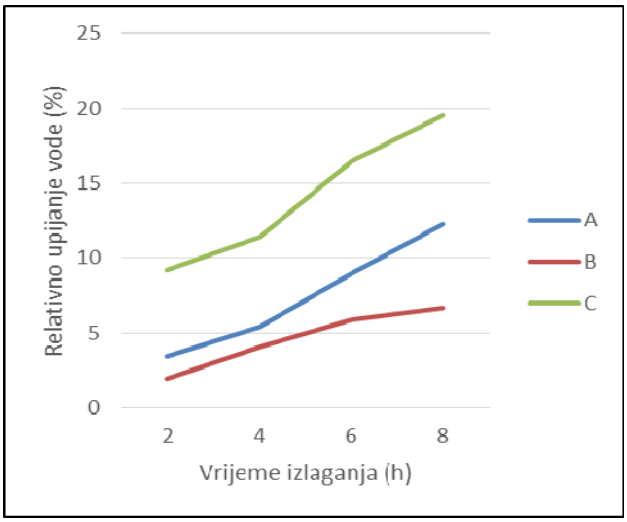
Iz dobivenih rezultata (tabl. 3; sl. 8) vidljiv je trend povećanja iznosa apsolutnog upijanja vode ovisno o produljenju perioda izlaganja uzoraka djelovanju vodene pare. Navedenu tendenciju promjene vrijednosti najjednostavnije je opisati promjenama vrijednosti sadržaja vode, usijed higroskopnosti drva u uvjetima dokidanja

kohezijsko-adhezijskih veza adheziva korištenog za proizvodnju OSB ploča. U slučaju uzoraka grupe C kod kojih su plohe tretirane brtvilom jasno je zamjetno najveće povećanje vrijednosti apsolutnog upijanja, što sugerira da je apsorpcija vode kroz uzorke ploča najintenzivnija kroz rubove. Navedeno je u skladu s anatomskih karakteristikama drva (korištenog iverja), s obzirom na to da su upravo u smjeru duljine pojedinog iverja orijentirani i provodni elementi drva.

5.4. Relativno upijanje vode

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

Vrijeme izlaganja (h)	**Oznaka grupe uzoraka**			
	A	**B**	**C**	
2	3,45	1,96	9,23	**Relativno upijanje vode** (%)
4	5,42	4,03	11,38	
6	8,93	5,87	16,46	
8	12,3	6,67	19,56	



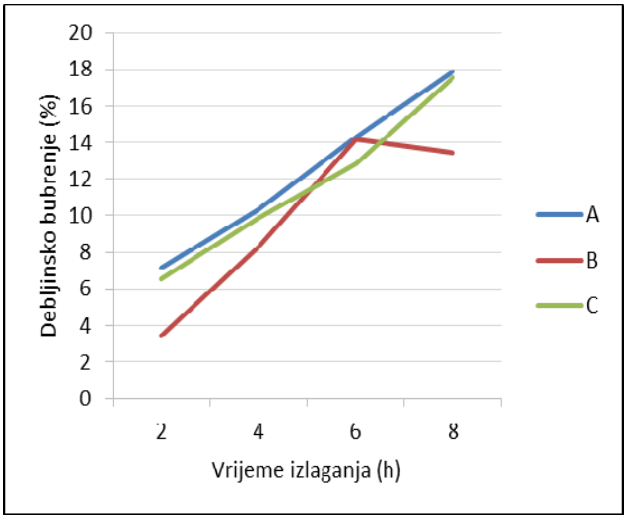
Slika 9. *Grafički prikaz rezultata ispitivanja relativnog upijanja vode uzoraka OSB ploče*

Tendencija promjena vrijednosti relativnog upijanja vode (tabl. 4, sl. 9) identična je onoj u slučaju apsolutnog upijanja. I u ovom slučaju najizraženija je vrijednost upijanja vode u slučaju uzoraka iz grupe C.

5.5. Debljinsko bubrenje

Tablica 5. *Vrijednosti debljinskog bubrenja pojedinih grupa uzoraka OSB ploče*

Vrijeme izlaganja (h)	**Oznaka grupe uzoraka**			
	A	**B**	**C**	
2	7,14	3,46	6,53	**Debljinsko bubrenje** (%)
4	10,32	8,30	9,87	
6	14,31	14,14	12,87	
8	17,88	13,41	17,54	



Slika 10. *Grafički prikaz rezultata ispitivanja debljinskog bubrenja uzoraka OSB ploče*

Iz dobivenih rezultata ispitivanja debljinskog bubrenja (tabl. 5, sl. 10) vidljiv je porast debljine uzoraka ovisno o produljenju vremena izlaganja uzoraka ploča djelovanju vodene pare. Navedeno je moguće pripisati porastu sadržaja vode uslijed higroskopnosti drva. Tretmanom uzoraka brtvilom, neovisno o tome jesu li zaštićivane plohe ili rubovi taj trend ostaje gotovo isti uz malu anomaliju u slučaju izlaganja uzorak iz grupe B, gdje je vidljiv pad debljinskog bubrenja nakon 8 sati izlaganja u odnosu na vrijednosti dobivene izlaganjem uzoraka kroz 6 sati. Iz ovako dobivenih podataka lako je zaključiti da neovisno o tretmanu, debljinsko bubrenje ploča izazvano upijanjem vode iz atmosfere zasićene vodenom parom nije moguć spriječiti.

6. DISKUSIJA

Rezultati gustoće dobivenih uzoraka OSB ploča pokazuju pad gustoće svaka sljedeća dva sata izlaganja. Premazivanjem uzoraka taj trend ostaje isti. Kako vodena para ima destruktivni utjecaj na adheziv korišten za izradu ploča nikakav tretman zatvaranja ploha/rubova ne pomaže u reduciranju tog trenda. Adhezijske veze veziva na toj temperaturi popuštaju i naprezanja koja su nastala prilikom prešanjem se oslobađaju. Posljedično, to rezultira povećanjem dimenzija uzoraka i padom gustoće ploča.

Sadržaj vode povećava se svakih dva sata izlaganja. Ploča upija vodu iz okolnog zraka te sadržaj vode raste. Najviše vode se upija preko rubova uzoraka jer oni nisu tehnološki obrađeni (iverje je plošno prešano, struktura rubova produkt je sabijanja iverja u smjeru debljine ploče), a i sam položaj iverja dodatno utječe na tu pojavu. Vidljivo je smanjenje inteziteta porasta sadržaja vode uslijed nanošenja zaštitnog sloja na rubove ispitnih uzoraka, što potvrđuje tezu najvećeg upijanja vode preko rubova ploče.

Rezultati apsolutnog i relativnog upijanja vode prate razultate sadržaja vode. Kako raste sadržaj vode tako rastu iznosi relativnog i apsolutnog upijanja vode. Kod plošno zaštićenih uzoraka taj je trend još izraženiji.

Promjene vrijednosti debljinskog bubrenja obrnute su tendencije u odnosu na vrijednosti gustoće ploča, što je posljedica kombiniranog utjecaja povišene temperature i vode. Vodena para smanjuje adheziju veziva i drva u ploču te ono popušta i zaostala naprezanja koja su nastala prešanjem se oslobađaju.

7. ZAKLJUČAK

- kombinirani utjecaj povišene temperature i vode u obliku zagrijane vodene pare destruktivno djeluje na strukturu OSB ploča,
- gustoća OSB ploča pod utjecajem djelovanja vodene pare opada neovisno o tome jesu li površine uzoraka (i koje) zaštićene epoksidnim brtvilom,
- sadržaj vode povećava se uslijed upijanja vode u atmosferi zasićenoj vodenom parom,
- zaštitom rubova ploča znatno se smanjuje trend upijanja vode kao i povećanje sadržaj vode što sugerira na dominantnu ulogu otvorenosti rubova ploča na efekt tretmana OSB ploča vodenom parom,
- debljinsko bubrenje povećava se uslijed djelovanja vodene pare.

8. LITERATURA

1. Lee, J. N.; Wu, Q., 2002: In- Plane Dimensional Stability of Three-Layer Oriented Strandboard. Wood and Fiber Science, 34 (1): 77-95.
2. Wu, Q.; Suchsland, O., 1997: Effect Of Moisture On The Flexural Properties Of Commercial Oriented Strandboards. Wood and Fiber Science, 29 (1): 47-57.
3. Wu, Q.; Ren, Y., 2000: Characterization Of Sorption Behavior Of Oriented Strandboard Under Long-Term Cyclic Humidity Exsposure Condition. Wood and Fiber Science, 32 (4): 404-418.
4. Wu, Q.; Lee, J. N., 2002: Thickness Swelling of Oriented Strandboard Under Long Term Cyclic Humidity Exposure Condition. Wood and Fiber Science, 34 (1): 125-139.