Utjecaj tretmana površine natrijevim silikatom na fizikalna svojstva ploča od usitnjenog drva

Bigač, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:108:612450

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDIPLOMSKI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA

VEDRAN BIGAČ

UTJECAJ TRETMANA POVRŠINE NATRIJEVIM SILIKATOM NA FIZIKALNA SVOJSTVA PLOČA OD USITNJENOG DRVA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, rujan 2019.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

AUTOR:	Vedran Bigač 19.06.1988., Zagreb 0130995488
NASLOV:	Utjecaj tretmana površine natrijevim silikatom na fizikalna svojstva ploča od usitnjenog drva
TITLE:	Influence of surface treatment with sodium silicate on physical properties of fragmented wood panels
PREDMET:	Ploče od usitnjenog drva
MENTOR:	Doc. dr. sc. Nikola Španić
IZRADU RADA JE POMOGAO:	-
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet Zavod za tehnologije materijala
AKAD. GOD.:	2018./2019.
DATUM OBRANE:	13.09.2019.
RAD SADRŽI:	Stranica: 20 Slika: 8 Tablica: 6 Navoda literature: 3

SAŽETAK:

Zaštita drva i proizvoda od drva od utjecaja vode, vlage iz zraka, sunčevog svjetla i nametnika jedan je od najvažnijih faktora upotrebljivosti tehničkog drva. Masivno drvo te ploče od usitnjenog drva moraju se zaštititi nekom vrstom premaza ili oblijepiti furnirom ili folijama kako bi se osigurala postojanost, stabilnost te produžio uporabni vijek uz eventualno poboljšavanje mehaničkih svojstava. Natrijev silikat pokazao se, pod uvjetom da se pravilno osuši, kao funkcionalna vrsta zaštite masivnog drva, povećavajući mehanička svojstva i smanjujući penetraciju i razvoj gljiva uzročnika propadanja drva. Svrha ovog rada bila je utvrditi može li se natrijev silikat primijeniti na ploče iverice, odnosno utvrditi do kakvih fizikalnih promjena dolazi na pločama ivericama uslijed tretiranja površine natrijevim silikatom. Radom je utvrđeno kako tretman površine ploča iverica natrijevim silikatom utječe na promjene debljine, gustoće, sadržaja vode, apsolutnog i relativnog upijanja vode te na emisiju slobodnog formaldehida.

PREDGOVOR

Natrijev silikat, ili vodeno staklo kako se još naziva, je vodena otopina natrijevog silikata. Primjena je široka a koristi se u građevinarstvu, za impregnaciju papira i drva, u proizvodnji silikata i lijepila, u kućanstvima itd. Pokazalo se kako premaz natrijevog silikata poboljšava određena svojstva masivnog drva, penetracijom u lumene te taloženjem čestica blokira razvoj gljiva uzorčnika propadanja drva. U ovom radu utvrdio se utjecaj tretmana površine neoplemenjenih ploča iverica natrijevim silikatom na njihova fizikalna svojstava i emisiju slobodnog formaldehida.

	IZJAVA **O IZVORNOSTI RADA**	**OB ŠF 05 07** Revizija: 1 Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

vlastoručni potpis

Vedran Bigač

U Zagrebu, 13. rujna 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. CILJ RADA 2

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 3

3.1. Karakteristike starenja drva površinski tretiranog vodenim staklom, siloxanom ili DMDHEU 3

3.2. Drvo tretirano natrijevim-silikatom 4

3.3. Tretman drva polisilikatnom kiselinom dobivenom iz natrij-silikata s ciljem smanjenja mogućnosti zaraze gljivama uzročnicama truleži 6

4. MATERIJALI I METODE RADA 7

4.1. Materijali 7

4.2. Metode istraživanja 8

4.2.1. Određivanje fizikalnih svojstava i koncentracije slobodnog formaldehida 9

5. REZULTATI I DISKUSIJA 11

5.1. Debljina 11

5.2. Gustoća 12

5.3. Sadržaj vode 14

5.4. Apsolutno upijanje vode 15

5.5. Relativno upijanje vode 16

5.6. Koncentracija slobodnog formaldehida 17

6. ZAKLJUČAK 18

7. LITERATURA 20

1. UVOD

Drvo kao prirodni materijal te ploče od usitnjenog drva kao proizvod sastavljen od usitnjenog drva i lijepila, podliježu utjecaju atmosferilija te u relativno kratkom vremenskom roku može doći do stanja njihove neupotrebljivosti. Voda, vlaga iz zraka, temperatura i sunčevo svjetlo utječu na drvo te stvaraju pogodnu podlogu za razvoj bakterija, gljiva i u konačnici za napad insekata koji uništavaju drvo. Shodno tome, površinu drva je potrebno zaštititi od tih utjecaja kako bi se osigurala dugotrajnija upotreba i zadržala kvalitativna svojstva masivnog drva i drvnih ploča. Ploče od usitnjenog drva najčešće se oplemenjuju raznim folijama i laminatima, a u zadnje vrijeme nešto manje furnirima od prirodnog drva. Oblaganje poboljšava mehanička i fizikalna svojstva ploča. Proces oblaganja ploča zahtjeva određene strojeve i alate te planirani proizvodni program, ali i dodatne materijale kao što su lijepilo, folije za površinu, ABS trake za rubove itd. Takav proces podiže cijenu izrade ploča, a u konačnici podiže i cijenu za krajnjeg kupca.

Natrijev silikat se u raznim ispitivanjima pokazao kao djelotvorna zaštita za masivno drvo ukoliko se pravilno nanese i osuši. U ovom se radu analogija površinske zaštite masivnog drva natrijavim silikatom nastojala primijeniti na ploče od usitnjenog drva i kakav je utjecaj natrijevog silikata nanešenog na površinu ploča iverica, na fizikalna svojstva (promjene) ploča. Uzorci su pritom podijeljeni u tri skupine, a tretman izlaganja i ispitivanja trajao je ukupno 4 tjedna.

2. CILJ RADA

Cilj rada je eksperimentalnim metodama utvrditi kako natrijev silikat djeluje na promjene fizikalnih svojstava ploča iverica. Ispitivale su se promjene debljine, gustoće, sadržaja vode, apsolutnog i relativnog upijanja vode te emisije formaldehida. Ispitivanje je izvršeno na tri seta uzoraka:

1. kontrolni set, bez premaza – oznake V5, V6, V7, V8
2. set uzoraka premazanih vodenim staklom stavljen u prešu na 1 minutu (1 MPa, 100 °C) – oznake V1, V2, V3 , V4
3. set uzoraka premazan vodenim staklom i stavljen u prešu na 6 minuta (1 MPa, 100 °C) – oznake V1P, V2P, V3P, V4P

Tretirani i kontrolni uzorci klimatizirani su u klimatizacijskim komorama u kojima su stvoreni uvjeti povišene vlage zraka. Svaki tjedan je iz komore izvađen po jedan uzorak iz svakog seta te su vršena mjerenja, a nakon završetka 4. tjedna uzorci su raspiljeni u svrhu određivanja sadržaja vode i emisije formaldehida. Također je svaki tjedan iz posude s vodom u komori uzeto 10 ml vode radi određivanja koncentracije slobodnog formaldehida. Nakon obavljenih svih potrebnih radnji i mjerenja provedena je analiza rezultata. Točnije, usporedba promjena svojstava na uzorcima iz svakog tjedna te usporedba tretiranih i netretiranih uzoraka.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Drvo i proizvodi od drva pod utjecajem atmosferilija gube svoja fizikalna i mehanička svojstva. Voda, vlaga iz zraka, sunčeva svjetlost i temperatura te kombinacija tih utjecaja znatno utječu na svojstva drva. Površina drva brzo se oštećuje uslijed nezaštićene izloženosti vanjskim utjecajima. Posljedice toga su estetske naravi kao što su promjena boje, hrapavost površine, površinske pukotine, prodor prljavštine i razvoj gljiva uzročnika promjene boje. Ove početne površinske promjene mogu biti vrlo brze nakon čega mogu uslijediti dugogodišnja razdoblja bez znakova propadanja (Feist, 1982). Čimbenici utjecaja degradacije površine su sunčeva svjetlost (UV- i vidljiva svjetlost) i voda u obliku kiše (Hon, 2001). Energija UV svjetla dovoljna je za cijepanje veza drvenih stanica (Pfeffer, Mai i Militz, 2012). Kako bi se pozitivna svojstva drva zadržala što je duže moguće, potrebno je drvo, odnosno površinu drva zaštititi nekom vrstom premaza. U današnje vrijeme postoji veliki izbor različitih prirodnih i sintetskih premaza koji čuvaju površinu drva od erozije te štite drvo od napada bakterija i gljiva. U prošlosti su kao konzervansi za drvo, uključujući otopinu krom-bakar-arsenata (CCA), kreozot i pentaklorofenol, korišteni za kontrolu razgradnje. Navedeni konzervansi vrlo su učinkoviti, dugotrajni i isplativi. No u novije vrijeme navedeni spojevi se više ne smiju koristiti zbog svoje toksičnosti i/ili kancerogenosti. Stoga su današnja sredstva mahom vezana uz spojeve bakra kao dokazanog prohibitora reakcije degadacije drva.

3.1. Karakteristike starenja drva površinski tretiranog vodenim staklom, siloxanom ili DMDHEU

Autori Pfeffer, Mai i Militz (2012) proveli su istraživanje o utjecaju atmosferilija na površinu drva te o mogućnosti prevencije promjene boje i napada gljiva. Predmet istraživanja također je bilo mjerenje i praćenje prodora gljiva u radijalnom smjeru te promjene kemijske strukture površine drva. Istraživanje se radilo na uzorcima bijelog bora (*Pinus sylvestris)* i obične bukve (*Fagus sylvatica)*. Uzorci su izrezani na dimenzije 150 x 74 x 18 mm i tretirani natrijevim silikatom, amino-alkil-funkcionalnim oligomerni siloksanom i 1,3-dimetilol-4,5-dihidroksi-etilen ureom (DMDHEU). Uzorci su postavljeni na postolje za izlaganje koje je orijentirano prema jugozapadu a s obzirom na podlogu je

nagnutno za 45 stupnjeva kako bi se spriječilo nakupljanje vode. Eksperiment je trajao 24 mjeseca. Svaka 3 mjeseca su se radila mjerenja promjene boje, a svakih 3 mjeseca tokom prve godine mjerile su se promjene kemizma površine na 5 nasumičnih mjesta u ranom drvu. Na kraju su uzorci raspiljeni kako bi se mogao determinirati obujam prodora gljiva u radijalnom smjeru pomoću elektronskog mikroskopa. Rezultati su pokazali kako niti jedan premaz nije spriječio promjenu boje, odnosno sivljenje površine drva. Međutim, autori su zaključili kako razvoj gljiva na površini drva nije posljedica raspdanja lignina.“ Siva boja površine rezultat je ispiranja produkata raspadanja lignina. Promjena boje na površini bila je kombinacija rasta gljiva i razgradnje lignina. Gljivična infekcija svih obrađenih uzoraka bila je usporavana dok razgradnja lignina nije bila. Stoga razgradnja lignina nije utjecala na početnu gljivičnu infekciju na obrađenim površinama drva (Pfeffer, Mai i Militz, 2012). Analizom ostalih rezultata zaključeno je kako je najveća prednost sva tri premaza sprečavanje razvoja i prodiranja hifa u radijalnom smjeru. Kontrolni uzorci pokazali su pojavu hifa u radijalnom smjeru, međutim na svim tretiranim uzorcima prodor je bio spriječen. Površinske pukotine su vidljive na svim uzorcima, a niti u njima nije zabilježena pojava micelija, izuzev uzoraka tretiranih DMDHEU premazom. Glavna razlika između tretiranih i netretiranih uzoraka bila je dubina radijalnog prodora hifa. U tretiranim uzorcima prodor je ograničen tijekom 24 mjeseca izloženosti.

Na osnovi rezultata ispitivanja navedeni autori zaključili su da promjene strukture drva i blokiranje puteva prodiranja gljiva uzrokovanih različitim načinom djelovanja primijenjenih kemikalija mogu biti glavni utjecajni faktor za ograničavanje rasta gljiva, i posebno za radijalno prodiranje hifa. Razlozi ovih rezultata i zaključaka leže u tome da se natrijev silikat, odnosno soli silikata, talože u lumenima stanica drva te na taj način sprečavaju prodor vode i micelija. Pritom siloksan i DMDHEU djeluju na sličnom principu.

3.2. Drvo tretirano natrijevim-silikatom

Autori Peng, Han i Gardner (2010) istraživali su utjecaj natrijevog silikata kao površinskog premaza na masivnom drvu. Istraživanje je obuhvatilo mjerenja čvrstoće na savijanje, upijanja vode i stanja površine drva, odnosno pojavu pukotina. Korišteni su uzorci bora (*Pinus spp.*), otopina natrijevog silikata, te otopina natrijevog silikata sa dodacima celuloznih nanofibrila. Uzorci su raspiljeni

na dimenzije potrebne za određivanje upijanja vode (125 x 13 x 10 mm) i statičko ispitivanje čvrstoće na savijanje (203 x 12,7 x 12,7 mm). Pripremljeno je 5 različitih otopina sa slijedećim sastavima:

- 15% Na; 0% celulozni nanofibrili
- 5% Na; 1% celulozni nanofibrili
- 15% Na; 1% celulozni nanofibrili
- 25% Na; 1% celulozni nanofibrili
- 15% Na; 2% celulozni nanofibrili

Od ranije je poznato da je proces sušenja natrijevog silikata nakon nanošenja bitan za polimerizaciju te formiranje zaštitnog sloja koji daje bolja mehanička i zaštitna svojstva. Stoga pogrešan proces nanošenja i sušenja daje negativne karakteristike kao što su povećano upijanje vode, smanjena čvrstoća na savijanje te izluživanje kemikalija u okoliš nakon ispiranja.

Sam proces impregnacije i sušenja odvijao se prema standardnoj proceduri impregnacije drva. Uzorci su sušeni u sušioniku na temperaturi od 105°C kroz 24 sata i potom izvagani. Nakon vaganja stavljeni su u posudu za impregnaciju te natopljeni otopinom i pritisnuti dovoljno da potonu. Zatim je primijenjen vakuum od 635 mm stupca žive na pola sata te pritisak od 586 kPa na dva sata. Uzorci su izvađeni i očišćeni a zatim sušeni prema patentu US Patent 6,040,057. Uzorci su prvo ostavljeni 3 dana na sobnoj temperaturi, a zatim sušeni u sušioniku na 200 °C kroz 6 minuta. Nakon sušenja stavljeni su u plastične vrećice na tjedan dana i zatim ponovno u sušionik na 105°C 24 sata te izvagani.

Rezultati ispitivanja su pokazali kako su čvrstoća na savijanje i modul elastičnosti drastično porasli kod tretiranih uzoraka, najviše 75 %, pri ćemu je čvrstoća rasla sa povećanjem količine nanosa. Svi su tretirani uzorci pokazali taloženje natrijevog silikata u lumenima drvnih stanica. Funkcija tih naslaga je ojačati drvo poput armature u armiranom betonu, a upravo time autori objašnjavaju poboljšana svojstva savijanja obrađenih uzoraka drva. Upijanje vode je također smanjeno zbog taloženja čestica silikata u lumenima. Nije zabilježena razlika između uzoraka tretiranih natrijevim silikatom i otopinom natrijevog silikata sa dodacima celuloznih nanofibrila.

3.3. Tretman drva polisilikatnom kiselinom dobivenom iz natrij-silikata s ciljem smanjenja mogućnosti zaraze gljivama uzročnicama truleži

U svom je istraživanju Chen (2009) ispitao efikasnost korištenja sigurnijih i jeftinijih derivata natrijevog silikata za zaštitu drva od napada gljiva. Pritom je koristio više impregnacijskih otopina natrijevog silikata raznih postotnih udjela, uz dodatak 2,5% fosforne kiseline. Uzorci dimenzija 19 x 19 x 19 mm izrađeni su iz američkog bora (*Pinus teada*) i likvidambara (*Liquidambar styraciflua*). Proces impregnacije sastojao se od prvotnog kondicioniranja uzoraka na 27 °C i 30% relativne vlažnosti zraka tijekom perioda od 3 tjedna. Uzorci su potom izvagani. U tom periodu uzorci su dostigli TZV. Zatim su držani pod vakuum kroz 3 sata u, a potom impregnirani jednom od pet vrsta otopina natrijevog silikata. Višak impregnacije je obrisan te su uzorci ponovno izvagani kako bi se odredila količina upijene tekućine. Nakon toga uzorci su kroz 2 dana tretirani fosfornom kiselinom te im je izmjerena pH vrijednost. Jedna polovica uzoraka ispirana je na dnevnoj bazi kroz dva tjedna, a zatim su ispirani i neispirani uzorci izvagani. Rezultati su pokazali da testirane otopine nisu štetne za okoliš, te da su se pokazale kao učinkovit način spriječavanja napada gljiva.

Autori ova tri istaživanja došli su do sličnih rezultata u svojim eksperimentima – natrijev silikat taloženjem čestica u lumenima i jažicama spriječava prodor vode pa tako i hifa u unutrašnjost. Na taj način smanjuje se utjecaj razaranja gljiva ograničavajući ga na površinu. Kod tretiranja drva natrijevim silikatom bitan je proces sušenja kako bi se postigla polimerizacija silikata te na taj način zaštitilo drvo. Također su ispitivanja pokazala kako otopine natrijevog silikata nisu štetne za okoliš ukoliko se pravilno koriste. Stoga bi se bez ikakvih problema trebao moći koristiti i u slučaju površinske zaštite ploča iverica.

4. MATERIJALI I METODE RADA

4.1. Materijali

U ovom ispitivanju korišteni su uzorci ploča iverica tip P5, izrezani na dimenzije 100 x 100 x 22 mm (duljina, širina, debljina). Uzorci su podijeljeni u 3 grupe po 4 uzorka u svakoj. Prije tretmana u staklenim klimatizacijskim komorama jedna grupa uzoraka kistom je premazana je natrijevim silikatom te je stavljena u prešu na 1 minutu na temperaturu od 100 °C, pri tlaku od 1 MPa, kako bi se ubrzao proces sušenje natrijeva silikata. Druga grupa uzoraka je nakon premazivanja natrijevim silikatom stavljena u prešu pri istim tlakom i temperaturom na 6 minuta. Treća grupa uzoraka je bila kontrolna, bez premaza i bez stavljanja u prešu. Svim uzorcima je prije tretmana izmjerena duljina, širina, debljina, masa i izračunata gutoća. Tako pripremljeni uzorci klimatizirani su u klimatizacijskim komorama u kojima je svaki tjedan mjereno stanje zraka. Za provedbu istraživanja korišteno je slijedeće:

- Uzorci ploča iverica tip P5 dimenzija 100 x 100 x 22 mm
- Natrijev silikat (komercijalno pripremljen kao dodatak za šamotiranje, sl.1)
- Hiraulična preša
- Klimatizacijske komore (s vodom u prikladnim posudama) i eksikator
- Mjerna oprema: pomično mjerilo, mikrometar, digitalna vaga, instrument za mjerenje brzine zraka u komori i relativne vlage



Slika 1. *Natrijev silikat*

4.2. Metode istraživanja

Ispitivanje se temeljilo na tjednom mjerenju dimenzija i mase uzoraka, proračunu fizikalnih svojstava rezultata te njihovom naknadnom uspoređivanju. Nakon referentnog mjerenja te tretmana natrijevim silikatom, uzorci su stavljeni u klimatizacijsku komoru na rešetku iznad 1,5 l destilirane vode. Komora je opremljena ventilatorima koji su svakodnevno radili kroz 8 sati, kako bi se osiguralo pokretanje vlažnog zraka u komori. Ventilatori nisu radili vikendima. Svakih tjedan dana izvađen je po jedan uzorak iz svakog seta te im je izmjerena duljina, širina, debljina i masa i izračunata gustoća. Uzorci su se potom zatvarali u plastične vrećice i stavljali u eksikator gdje su bili do kraja ispitivanja. Također, prije svakog vađenja uzoraka iz komore, primjenom TESTO probe 605i izmjerilo se stanje zraka – temperatura i relativna vlaga zraka u komori. Proces izlaganja uzoraka trajao je 4 tjedna. Nakon završetka 4. tjedna te izvršenog zadnjeg mjerenja, uzorci su ispiljeni za potrebe određivanja sadržaja vode te emisije slobodnog formaldehida. Dio uzoraka za odrađivanje sadržaja vode je stavljen u sušionik na temperaturu od 103±2 °C te su sušeni do apsolutno suhog stanja.

Podaci su analizirani svaki tjedan te su uspoređivani sa referentnim podacima izmjerenim prije tretmana natrijevim silikatom. Sva mjerenja su provedena su na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u Laboratoriju za drvne ploče.



Slika 2. *Tretman uzoraka u boksevima*

4.2.1. Određivanje fizikalnih svojstava i koncentracije slobodnog formaldehida

Debljina je mjerena digitalnim mikrometrom. Na četiri ugla svakog uzorka je markerom ucrtana pozicija mjerenja kako bi se osiguralo da se i nakon tretmana uzorci mjere na stom mjestu. Nakon izmjere debljine na zadana četiri mjesta izračunata je artimetička sredina izmjerenih vrijednosti koja je predstavljala srednju vrijednost debljine i s kojom se dalje računalo.

Duljina i širina mjerile su se digitalnim pomičnim mjerilom, a masa se mjerila digitalnom vagom. Na osnovi podataka mjerenja mase i dimenzija izračunata je gustoća; prema formuli:

$$\boxed{\rho = \frac{m_u}{V}} \qquad [1]$$

gdje je:

ρ - gustoća (g/cm³)
m_u – masa uzorka (g)
V – volumen uzorka (cm³)

Sadržaj vode određen je gravimetrijskom metodom. Uzorci su ispiljeni i izvagani i nakon sušenja u sušioniku do konstantne mase ponovno izvagani. Sadržaj vode određen je prema formuli:

$$\boxed{\mathrm{U} = \frac{m_u - m_0}{m_0} \times 100} \qquad [2]$$

gdje je:

u – relativna vlažnost (%)
m_u – masa klimatiziranog uzorka prije sušenja (g)
m_0 – masa klimatiziranog uzorka nakon sušenja (g)

Apsolutno upijanje vode izračunato je prema formuli:

$$\boxed{U_{a=m_V - m_u}} \qquad [3]$$

gdje je:

U_a – apsolutno upijanje vode (%)
m_v – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja (g)
m_u – masa ispitnog uzorka prije izlaganja (g)

Relativno upijanje vode izračunato je prema formuli:

$$U_r = \frac{m_v - m_u}{m_u} \times 100 \quad [4]$$

gdje je:

U_r – relativno upijanje vode (%)
m_v – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja (g)
m_u – masa ispitnog uzorka prije izlaganja (g)

Emislija formaldehida određena je u skladu s odrednicama norme HRN EN 717-3, točnije metodom s bocom. Dva su uzorka ploča dimenzija 25 x 25 mm vagnuta i zatim povezana kuhinjskom gumicom, ovješeni za čep boce te stavljeni u plastičnu bočicu sa 50 ml destilirane vode tako da vise iznad nje. Bočice su dobro zatvorene i tako pripremljeni uzorci stavljeni su u sušionik na 24 sata, na temperaturu od 40 °C. Toplina i vlaga u bočici pogodovali su izlasku formaldehida iz uzoraka koji se zatim otopio u vodi. Po isteku 24 sata izlaganja bočice s uzorcima stavljenu su na kratko u zamrzivač kako bi se otopljeni, a ne apsorbirani formaldehid kondenzirao u vodi. Tako pripremljena otopina analizirana je spektrometrijski, a koncentracija slobodnog formaldehida određena je prema slijedećoj formuli:

$$F_{VS} = \frac{(A_S - A_B) \times \mathrm{f} \times (100 + \mathrm{u_r}) \times \mathrm{V}}{m_u} \quad [5]$$

gdje je:

F_{vs} – koncentracija formaldehida (mg HCHO/100 g)
A_S – apsorpcija analizirane ekstrakcijske otopine
A_B – apsorpcija slijepe probe
f – koncentracija očitana na kalibracijskom pravcu (mg/ml)
u_r – sadržaj vode zrakosuhog uzorka (%)
m_u – masa zrakosuhog uzorka (g)
V – volumen odmjerne tikvice (ml)

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Radi bolje preglednosti rezultata uzorci se mogu grupirati u 3 grupe. Na taj način možemo bolje pratit promjene fizikalnih svojstava. Grupiranje je izvršeno na slijedeći način:

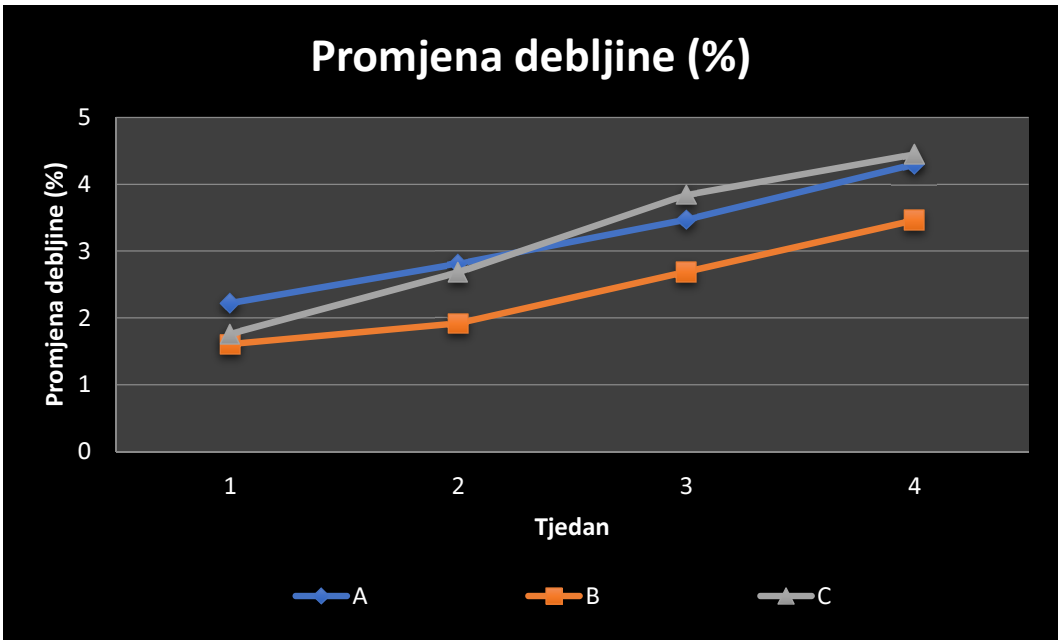
- Grupa A – uzorci V1, V2, V3 i V4
- Grupa B – uzorci V1P, V2P, V3P i V4P
- Grupa C – kontrolni uzorci V5, V6, V7, V8

5.1. Debljina

Rezultati promjene debljine (tabl. 1.) u skladu su s očekivanjima. Svi uzorci zabilježili su porast debljine tokom perioda od 4 tjedna te je porast bio vidljiv prilkom svakog tjednog mjerenja. U prvom tjednu porast debljine kod V1 uzoraka bio je najveći, 2,22%, kod V1P najmanji sa 1,61%, a kod kontrolnog V5 bio je 1,76%. U drugom tjednu porast je ponovno bio najveći kod uzorka V2 sa 2,81%, najmanji kod uzorka V2P, 1,92%, dok je uzorak V6 imao povećanje za 2,68%. U trećem tjednu najveći porast vidio se kod kontrolnog uzorka V7, 3,84%, V1 je imao 3,47% dok je najmanji porast zabilježen kod V3P sa 2,69%. U četvrtom tjednu uzorak V4P imao je porast od 3,46% a kontrolni uzorak V8 4,45%, dok je uzorak V4 imao porast od 4,3%

Tablica 1. *Rezultati promjene debljine po tjednima*

Vrijeme izlaganja	Grupa uzoraka			
	A	B	C	
1. tjedan	2,22	1,61	1,76	Promjena debljine (%)
2. tjedan	2,81	1,92	2,68	
3. tjedan	3,47	2,69	3,84	
4. tjedan	4,3	3,46	4,45	



Slika 3. *Grafički prikaz promjene debljine grupe uzoraka po tjednima*

Na slici 3. idljivo je kako svi uzorci bilježe relativno linearan porast debljine. Kod kontrolnih uzoraka zabilježen je najveći porast debljine, ali i najveća razlika između početne debljine i debljine izmjerene zadnji tjedan. Tretirani uzorci iz obje grupe imaju relativno sličan nagib krivulje.

5.2. Gustoća

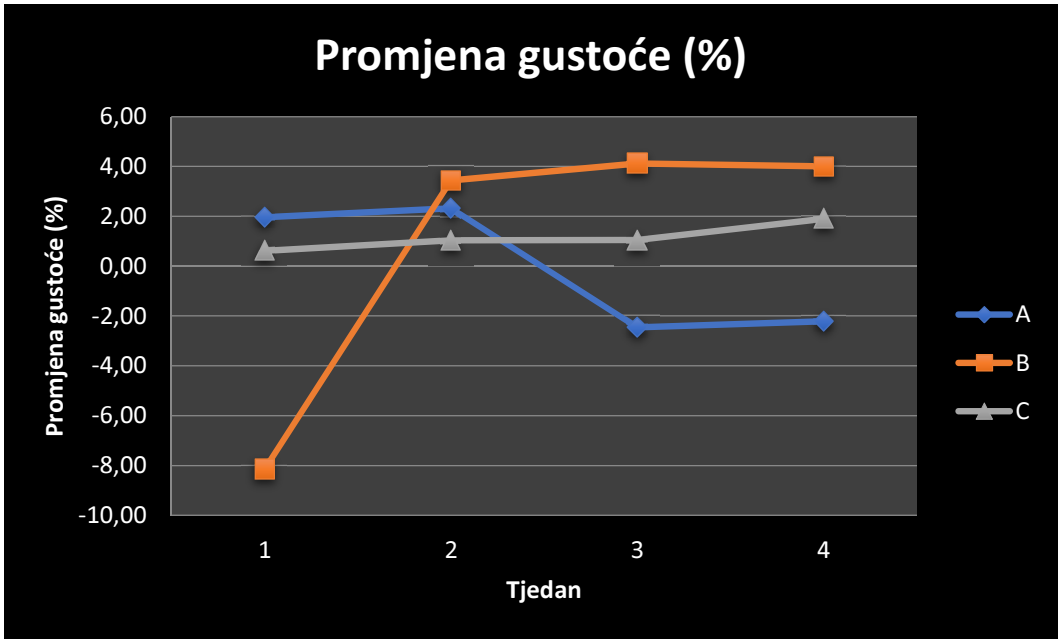
Vrijednosti gustoće uzoraka (tabl. 2.) nisu u skladu s očekivanjima. Za svaki set uzoraka variraju te nisu u dosljednosti sa predviđanjima. To djelom možemo pripisati eventualnim greškama u mjerenju te djelom zbog nelinearnog porasta vrijednosti mase i dimenzija, odnosno volumena. Kontrolni uzorci jedini pokazuju blagi porast gustoće kroz svaki tjedan, dok tretirani uzorci imaju nepredviđene skokove i padove.

U prvom tjednu kod uzorakaV1 i V5 zabilježen je porast vrijednosti gustoće, dok je iznenađujuće kod uzorka V1P zabilježen pad vrijednosti gustoće. Uzrok tome može biti greška u mjerenju debljine i širine, pa je shodno tome vrijednost volumena u prvom tjednu porasla te smo tako dobili nižu vrijednost gustoće. Kod referentnog mjerenja duljine i širine primjećen je neuobičajeno mali iznos (l=95,72 i š=95,88 mm) te možemo pretpostaviti kako je došlo do greške mjerenja. U drugom tjednu zabilježen porast gustoće kod svih uzoraka. Najveći porast zabilježen je

kod V2P uzorka sa 3,43%, a najmanji kod kontrolnog V6 sa 1,04%. U trećem tjednu također dolazi do neočekivanog rezultata kod uzorka V3, kojem je zabilježen pad gustoće od 2,46%. Uzorci V3P i V7 zabilježili su porast gustoće u odnosu na referentno mjerenje u iznosima od 4,12% i 1,04%. U četvrtom tjednu rezultati pokazuju istu tendenciju kao u 3. Uzorak V4 bilježi pad gustoće od 2,22%, dok uzorci V1P i V8 bilježe porast od 4% i 1,90%.

Tablica 2. *Rezultati promjene gustoće po tjednima*

Vrijeme izlaganja	Grupa uzoraka			
	A	B	C	
1. tjedan	1,97	-8,15	0,61	Promjena gustoće (%)
2. tjedan	2,33	3,43	1,04	
3. tjedan	-2,46	4,12	1,05	
4. tjedan	-2,22	4,00	1,90	



Slika 4. *Grafički prikaz promjene gustoće uzoraka po tjednima*

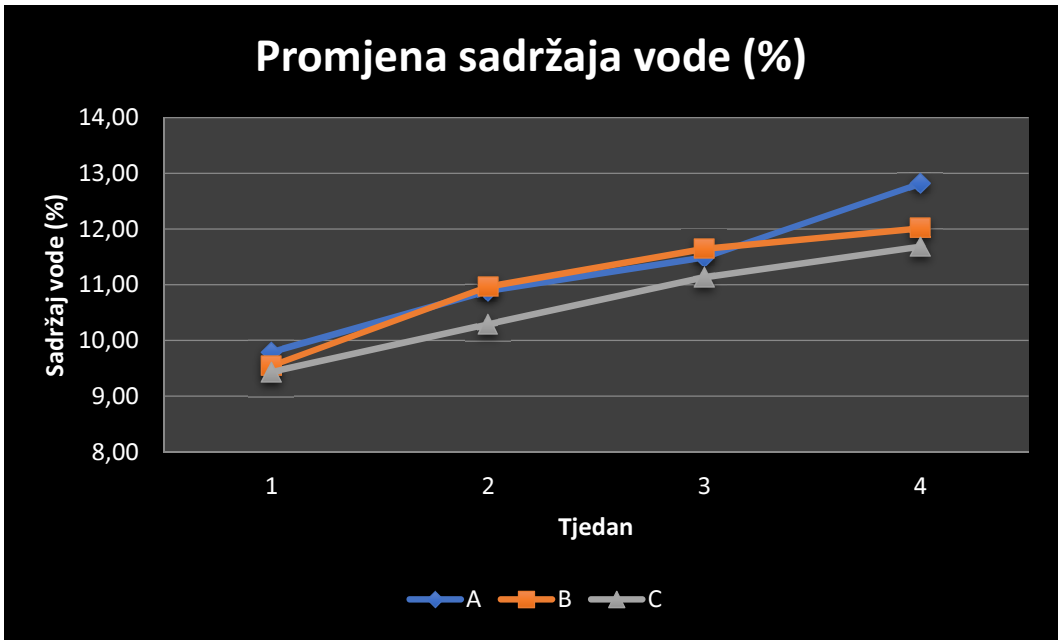
Promjene gustoće variraju iz tjedna u tjedan i od uzorka do uzorka (sl. 4.). Mogući razlozi su greške mjerenja te nelinerarne promjene u dimenzijama i masi što dovodi do ovakvih rezultata. Svaka grupa uzoraka ima različit trend – Uzorci iz grupe A nakon drugog tjedna imaju pad vrijednosti gustoče te nakon toga lagani porast, uzorci iz grupe B u prvom tjednu imaju jako malu vrijednost da bi potom vrijednost skočila na najveću od svih grupa, dok kontrolni uzorci imaju konstantan blagi porast vrijednosti gustoće.

5.3. Sadržaj vode

Rezultati promjene sadržaja vode (tabl. 3., sl. 5.) pokazuju kako svi uzorci imaju relativno sličan sadržaj vode kroz period ispitivanja te relatvino sličan trend rasta. Zanimljivo je da kroz sve tjedne kontrolni uzorci imaju najmanji sadržaj vode, dok dva seta tretiranih uzoraka imaju relativno jednak. U prvom i zadnjem tjednu uzorci V1 i V4 imaju najveći sadržaj vode, dok najveći sadržaj vode u 2. i 3. tjednu imaju uzorci V2P i V3P. Također je zanimljivo da je u 4. tjednu krivulja promjene sadržaja vode (sl. 5) kod grupe uzoraka uzorka A pokazala rastuću tendenciju dok je kod drugih u blagom porastu.

Tablica 3. *Rezultati promjene sadržaja vode po tjednima*

Vrijeme izlaganja	Oznaka grupe uzoraka			
	A	B	C	
1. tjedan	9,79	9,55	9,44	Sadržaj vode (%)
2. tjedan	10,89	10,97	10,29	
3. tjedan	11,50	11,64	11,13	
4. tjedan	12,85	12,01	11,69	



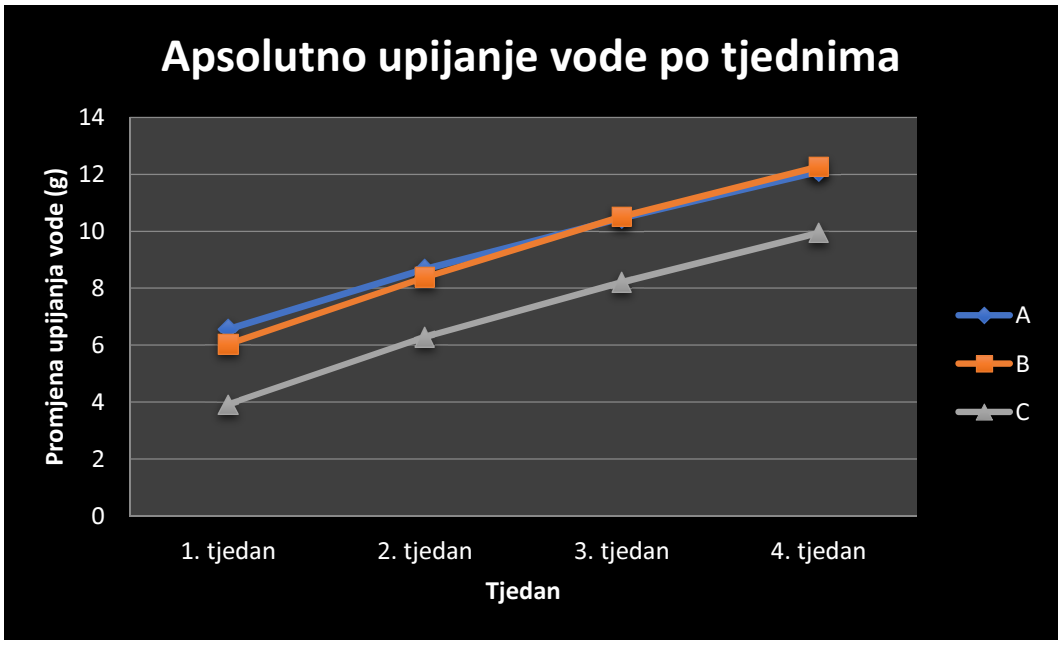
Slika 5. *Grafički prikaz promjene sadržaja vode*

5.4. Apsolutno upijanje vode

Rezultati apsolutnog upijanja vode (tabl. 4., sl. 6.) pokazali su da je trend rasta vrijednosti upijanja vode kod svih uzoraka gotvo isti. Međutim, kontrolni uzorci (grupa uzoraka C) su kroz svaki tjedan upili namanje vode, što je neočekivano. Uzorci iz grupa A i B imaju slične vrijednosti kroz cijeli period ispitivanja. Razlika je što su uzorci iz grupe A upili manje vode ukupno, a to se vidi na blažem nagibu krivulje (sl. 6.) u odnosu na uzorke iz grupe B.

Tablica 4. *Apsolutno upijanje vode*

Vrijeme izlaganja	Oznaka grupe uzoraka			
	A	B	C	
1. tjedan	6,56	6,03	3,92	Upijanje vode (%)
2. tjedan	8,67	8,38	6,28	
3. tjedan	10,46	10,51	8,21	
4. tjedan	12,09	12,26	9,94	



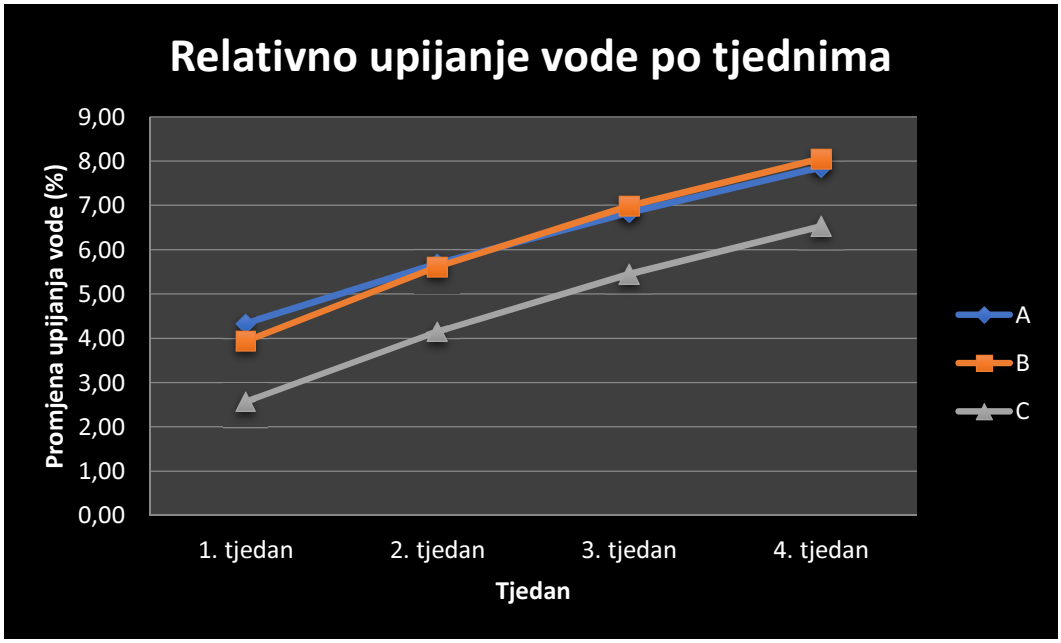
Slika 6. *Grafički prikaz apsolutnog upijanja vode po tjednima*

5.5. Relativno upijanje vode

Rezultati relativnog upijanja vode (tabl. 5., sl. 7.) u skladu su sa rezultatima apsolutnog upijanja vode. Kao i u gore navedenom obrazloženju, kontrolni uzorci neočekivano imaju najmanje vrijednosti relativnog upijanja vode, dok uzorci iz grupe A imaju blaži rast vrijednosti od uzoraka iz grupe B.

Tablica 5. *Relativno upijanje vode*

Vrijeme izlaganja	Oznaka grupe uzoraka			
	A	B	C	
1. tjedan	4,34	3,94	2,57	Upijanje vode (%)
2. tjedan	5,69	5,62	4,15	
3. tjedan	6,84	6,99	5,45	
4. tjedan	7,86	8,06	6,53	



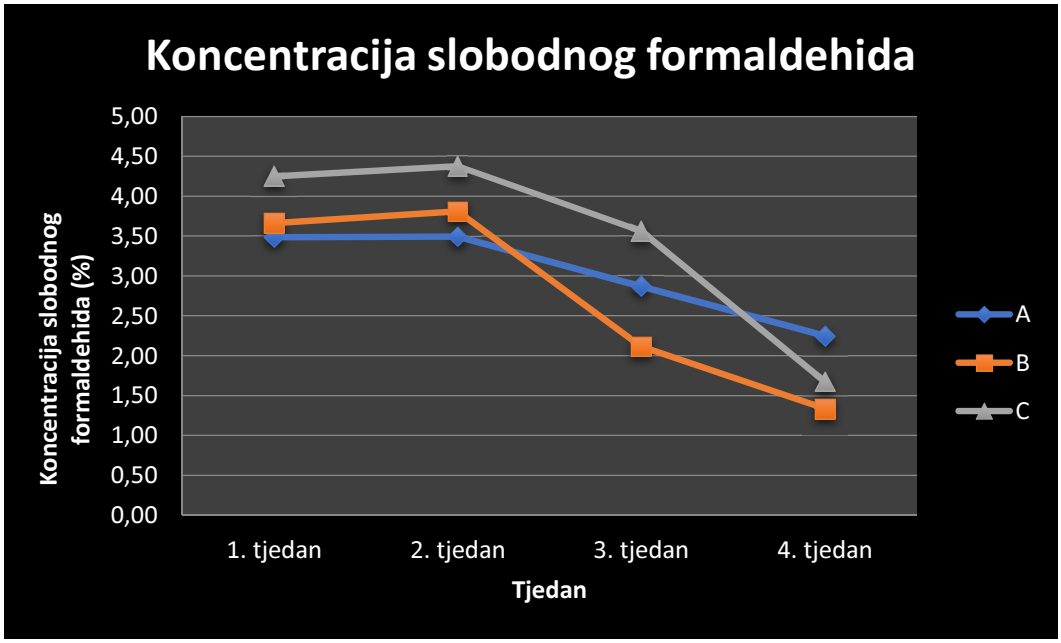
Slika 7. *Grafički prikaz relativnog upijanja vode po tjednima*

5.6. Koncentracija slobodnog formaldehida

Vrijednosti koncentracije slobodnog formaldehida u drugom tjednu kod svih uzoraka rastu (tabl. 6., sl. 8.), da bi nakon trećeg tjedna počele opadati. Najblaži pad zabilježen je kod grupe uzoraka A, dok kontrolni uzorci iz grupe C imaju najveću početnu vrijednost i najveću vrijednost u drugom tjednu koncentracije slobodnog formaldehida. Uzorci iz grupe B imaju najmanju krajnju vrijednost koncentracije slobodnog formaldeida.

Tablica 6. *Koncentracija slobodnog formaldehida po tjednima*

Vrijeme izlaganja	Oznaka grupe uzoraka			
	A	B	C	
1. tjedan	3,48	3,66	4,25	Koncentracija HCHO (mg/100 g)
2. tjedan	3,49	3,81	4,38	
3. tjedan	2,87	2,11	3,56	
4. tjedan	2,25	1,33	1,67	



Slika 8. *Grafički prikaz promjene koncentracije slobodnog formaldehida*

6. ZAKLJUČAK

Na osnovi rezultata ispitivanja, može se zaključiti slijedeće:

- Rezultati promjene debljine očekivani su. Kod svih uzoraka zabilježeni su porasti debljine. Kontrolni uzorci i uzorci premazani natrijevim silikatom te ostavljeni u preši 1 min imali su relativno sličan porast debljine. U prva dva tjedna veće postotne vrijednosti primjećene su kod uzoraka koji su premazani, dok su kontrolni uzorci u zadnja dva tjedna imali veće vrijednosti. Uzorci premazani silikatom te ostavljeni 6 minuta u preši pokazali su nešto drugačije rezultate, sa manjim postotnim povećanjem debljine u svakom tjednu. U zadnjem tjednu razlika između tretiranog i netretiranog uzorka u porastu debljine je 1%.
- Gustoća uzoraka je varirala tijekom perioda ispitivanja. Jedino su kontrolni uzorci imali stabilan, blagi porast gustoće dok su tretirani uzorci imali i povećanje ali i smanjenje gustoće. To možemo pripisati nejednakoj promjeni mase i dimenzija u istom periodu.
- Mjerenja sadržaja vode dala su zanimljive rezultate. Iznenađujuće, kontrolni uzorak je u svakom tjednu imao manju vrijednost sadržaja vode od tretiranih. U četvrtom tjednu vrijednost sadržaja vode kod uzoraka koji su bili 1 minutu u preši je relativno naglo porasla, dok je kod uzoraka koji su bili šest minuta u preši primjećeno blago usporavanje rasta. Razlog može biti što jedna minuta prešanja nije bila dovoljna da natrijev silikat polimerizira te je zbog svoje higroskopnosti navukao više vode od netretiranog uzorka. Kontrolni uzoci su imali relativno linearan rast. Zanimljivo bi bilo vidjeti rezultate nakon šest ili više tjedana.
- Rezultati apsolutnog i relativnog upijanja vode pokazali su kako tretirani uzorci imaju veome slične vrijednosti upijanja vode, uz razliku da uzorci koji su bili u preši jednu minutu imaju blaži nagib krivulje upijanja, odnosno upili su manje vode kroz ispitivani period. Iznenađujuće je da kontrolni uzorci imaju manje vrijednosti upijanja vode kroz cijeli period ispitivanja. Mogući zaključak je da su radi velike higroskopnosti vodenog stakla tretirani uzorci navukli više vode te su možda nedovoljno dugo bili u preši pa silikat nije stigao polimerizirati i tako stvoriti vodonepropusnu membranu na površini uzoraka.

- Koncentracija slobodnog formaldehida je kod svih uzoraka u drugom tjednu malo porasla da bi kasnije bila u konstantnom opadanju. Kontrolni uzorci imaju najveću razliku koncentracije slobodnog formladehida kroz ispitivanje dok uzorci tretirani vodenim staklom i stavljeni u prešu na jednu minutu imaju najmanju razliku. Uzorci koji su bili u preši šest minuta imaju najmanju konačnu vrijednost koncentracije slobodnog formaldehida.
- Rezultati ovog ispitivanja donekle su očekivani, međutim primjećene su i neke neočekivane vrijednosti kod gustoće i upijanja vode. S obzirom na dostupnost i nisku cijenu natrijevog silikata, kao i činjenica da nije štetan za okoliš ukoliko se pavilno osuši, bilo bi poželjno provesti daljnja i detaljnija istraživanja za njegovu uporabu kod zaštite ploča iverica.

7. LITERATURA

1. Chen, G. C., 2009: Treatment of wood with polysilicic acid derived from sodium silicate for fungal decay protection. Wood and Fiber Science, 41(3): 220-228.
2. Peng, Y.; Han, Y.; Gardner, D. J., 2010: Sodium silicate coated wood. In: „Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee“ October 11-14, 2010, Geneva, Switzerland, Paper WS-59: 1-9.
3. Pfeffer, A.; Mai, C.; Militz, H., 2012: Weathering characteristics of wood treated with water glass, siloxane or DMDHEU. European Journal of Wood and Wood Products, 70:165–176.