

# UTJECAJ VREMENA IZLAGANJA PLOČA IVERICA DJELOVANJU POVIŠENE VLAGE ZRAKA NA EMISIJU SLOBODNOG FORMALDEHIDA

---

**Mikšik, Mislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:956833>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-28**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
ŠUMARSKI FAKULTET  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**PREDIPLOMSKI STUDIJ  
DRVNA TEHNOLOGIJA**

**MISLAV MIKŠIK**

**UTJECAJ VREMENA IZLAGANJA PLOČA IVERICA DJELOVANJU  
POVIŠENE VLAGE ZRAKA NA EMISIJU SLOBODNOG  
FORMALDEHIDA**

**ZAVRŠNI RAD**


**ZAGREB, rujana, 2018.**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

<b>AUTOR:</b>	Mislav Mikšik 11.05.1995, Požega 0068224721
<b>NASLOV:</b>	Utjecaj vremena izlaganja ploča iverica djelovanju povišene vlage zraka na emisiju slobodnog formaldehida
<b>TITLE:</b>	Influence of the time of exposure of particleboards to increased humidity on free formaldehyde emission
<b>PREDMET:</b>	Ploče od usitnjenog drva
<b>MENTOR:</b>	Prof. dr. sc. Vladimir Jambreković
<b>IZRADU RADA JE POMOGAO:</b>	doc. dr. sc. Nikola Španić
<b>RAD JE IZRAĐEN:</b>	Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet Zavod za tehnologije materijala
<b>AKAD. GOD.:</b>	2017./2018.
<b>DATUM OBRANE:</b>	25.09.2018.
<b>RAD SADRŽI:</b>	Stranica: 21 Slika: 10 Tablica: 10 Navoda literature: 11
<b>SAŽETAK:</b>	<p>Otvrdnuta karbamid-formaldehidna (KF) smola, kao najčešće korišten tip adheziva za proizvodnju ploča od usitnjenog drva, podložna je toplinskoj i hidrolitičkoj razgradnji, uslijed čega dolazi do pojave naknadne emisije slobodnog formaldehida. Pritom vrijeme i uvjeti izlaganja ploča djelovanju povišene vlage zraka direktno utječu na intenzitet otpuštanja formaldehida. S ciljem utvrđivanja dinamike promjene vrijednosti emisije slobodnog formaldehida u ovisnosti o vremenu izlaganja, u ovom završnom radu uzorci komercijalnih ploča iverica izložiti će se djelovanju povišene vlage zraka kroz točno definirane vremenske intervale.</p>

## **PREDGOVOR**

Poznato je da je formaldehid kancerogen i štetan za zdravlje dok je u plinovitom stanju jer formaldehidni produkti oslobađaju sam formaldehid u okolni prostor, dok je kemijski vezan on je bezopasan. U ovome završnom radu ispitano je da li povišena vlaga utječe i u kojoj mjeri na emisiju slobodnog formaldehida iz ploča iverica.

	<b>IZJAVA O IZVORNOSTI RADA</b>	<b>OB ŠF 05 07</b>
		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*

*Mislav Mikšik*

U Zagrebu, 24. rujna 2018.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	CILJ RADA.....	2
3.	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	3
4.	MATERIJAL I METODE.....	6
4.1.	Materijali .....	7
4.2.	Metode .....	8
4.2.1.	Tjedna mjerenja.....	8
4.2.2.	Određivanje fizikalnih svojstava i koncentracije slobodnog formaldehida .....	9
4.3.	Mjerna oprema.....	10
5.	REZULTATI I DISKUSIJA .....	11
5.1.	Debljina uzoraka.....	11
5.2.	Gustoća uzoraka .....	12
5.3.	Sadržaj vode .....	13
5.4.	Apsolutno upijanje vode .....	14
5.5.	Relativno upijanje vode .....	15
5.6.	Koncentracija slobodnog formaldehida iz uzoraka .....	16
5.6.	Koncentracija slobodnog formaldehida iz klimatizacijskih bokseva.....	17
6.	ZAKLJUČAK.....	18
7.	LITERATURA.....	19

## 1. UVOD

Formaldehid je alifatski aldehid koji se dobiva iz metanola. Opće je poznata problematika slobodnog formaldehida koji dok je u plinovitom stanju je štetan za zdravlje. Dok je kemijski vezan formaldehid je bezopasan ali puno proizvoda iz drvne industrije koji ga sadrže s vremenom ispuštaju njegove pare u okolni prostor te on postaje štetan.

U sklopu ovog rada provedeno je ispitivanje 4 različita tipa ploča iverica tako da su ploče podložene uvjetima povišene vlage kroz različite vremenske periode da bi se ispitalo utječe li povišeni sadržaj vode na emisiju slobodnog formaldehida iz tih ploča te ako utječe u kojoj se mjeri to događa.

## **2. CILJ RADA**

Cilj ovog rada je putem ispitivanja ustanoviti da li izlaganje ploča iverica uvjetima povišene vlage utječe na njihovu emisiju slobodnog formaldehida i ako utječe u kojoj mjeri se to događa. Uzorci su izlagani istim uvjetima povišene vlage u različitim vremenskim intervalima kroz 5 tjedana. Po isteku svakog tjedna izlaganja odvojen je jedan set uzorka i određena su njihova fizikalna svojstva i emisija slobodnog formaldehida.



### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Ploče na bazi drva (npr. ploče iverice, vlaknatice, furnirske ploče, stolarske ploče, iverice obložene melaminom, MDF, OSB i LVL) kao tvornički izrađeni materijali iz drva kao osnovne sirovine imaju različita svojstva kojima su definirana područja njihove uporabe. Dodatak i vrsta smole i aditiva (otvrđivači i ljepila) koji se koriste u izradi i korištenju ovih ploča dovode do pojave velikog problema, točnije do naknadne emisije slobodnog formaldehida (Çolakoğlu 1993).

Zbog smanjenja unutrašnje i vanjske cirkulacije zraka uzrokovane vanjskim toplinskim sustavima koji su se pojavili kao potrebna ekonomska mjera zbog povećanja globalne energetske potrošnje, zapanjujuća količina slobodnog formaldehida počela se akumulirati u zatvorenim prostorima, postavljajući negativne uvjete za ljudsko zdravlje (Baumann i sur., 2000).

U svom radu Roffael (2006) pretpostavio je da emisija formaldehida ovisi o temperaturi, relativnoj vlažnosti, stupanju promjene vremenskih utjecaja i endogenim čimbenicima (tj. tip drva, vezivo, vrsta veziva i proizvodni uvjeti), a rezultati istog ukazuju da se emisija formaldehida značajno smanjuje kako drvene ploče stare.

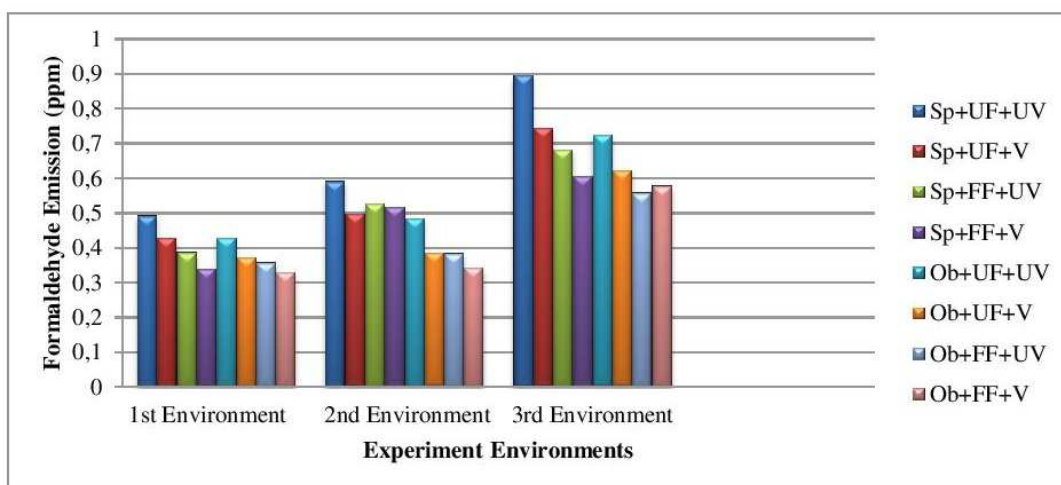
Kim i Kim (2005) ispitali su utjecaj namještaja i podnih materijala kao što su iverice, furnirske ploče, laminati i MDF ploče na emisiju formaldehida u zatvorenom prostoru u dvije različite prostorije s temperaturama 37 i 50°C. Rezultati njihova istraživanja upućuju na to da korištenje MDF ploča i iverica ne stvara zdravstveni rizik za ljude pod određenim uvjetima, ali materijali ne smiju biti korišteni na visokim temperaturama (50°C, u toj studiji). Sličan rezultat u svom radu dobili su i Wiglusz i sur. (2002) koji su utvrdili značajno povećanje emisije slobodnog formaldehida pri temperaturama iznad 29°C.

Tekin i Keskin (2015) ispitali su utjecaj temperature i vlažnosti na emisiju slobodnog formaldehida iz sastavnih dijelova namještaja. Cilj njihovog istraživanja bio je istražiti utjecaj različitih temperatura i vlažnosti okoline na emisiju formaldehida iz kompozitnih dijelova namještaja. Da bi se to postiglo, eksperimentalni uzorci bili su prikupljeni iz raznih kompozitnih komponenti namještaja. Eksperimenti su provedeni u tri različita okruženja, zimi u vlažnom okolišu (10°C, relativna vlaga 95%), proljeće u toplom okruženju (20°C, relativna vlaga 65%), i vlažno-ljetnom i suhom okruženju (40°C, relativna vlaga 35%), u skladu s normama TS EN 717-1.

Rezultati eksperimenata su pokazali da su najveće vrijednosti emisije formaldehida pronađene u drvu bijeloga bora (površinski zaštićen), sirovoj iverici i općenito u drvnim materijalima izrađenima uz dodataka karbamid-formaldehidne (KF) smole, izlaganima u uvjetima gdje je temperatura bila 40°C i vlaga zraka 35%. Najniže vrijednosti emisije slobodnog formaldehida dobivene su u slučaju drva bukve, bukvoj furnirskoj ploči, drvnim materijalima izrađenima primjenom fenol-formaldehidne (FF) smole, impregniranim i neželjenim materijalima u okruženju gdje je temperatura bila 10 °C ,a vlažnost 95%. Stoga su autori zaključila kako dobivene vrijednosti emisije slobodnog formaldehida i njihovi odnosi mogu biti uzeti u obzir pri izradi komponenti namještaja iz kompozitnih drvnih materijala.

**Tablica 1.** Rezultati ispitivanja interakcije između vrste drva, vrste ljepljiva, vrste laka i eksperimentalnog okruženja (Izvor: Tekin i Keskin, 2015)

Type of Process	X	HG	Type of Process	X	HG
Sp+UF+UV+O3	0.8954	A	Sp+UF+UV+O1	0.4931	K
Sp+UF+V+O3	0.7438	B	Ob+UF+UV+O2	0.4854	K
Ob+UF+UV+O3	0.7246	C	Sp+UF+V+O1	0.4300	L
Sp+FF+UV+O3	0.6831	D	Ob+UF+UV+O1	0.4292	L
Ob+UF+V+O3	0.6223	E	Sp+FF+UV+O1	0.3877	M
Sp+FF+V+O3	0.6069	F	Ob+UF+V+O2	0.3854	MN
Sp+UF+UV+O2	0.5923	G	Ob+FF+UV+O2	0.3846	MN
Ob+FF+V+O3	0.5785	H	Ob+UF+V+O1	0.3731	N
Ob+FF+UV+O3	0.5592	I	Ob+FF+UV+O1	0.3585	O
Sp+FF+UV+O2	0.5277	J	Ob+FF+V+O2	0.3438	P
Sp+FF+V+O2	0.5177	J	Sp+FF+V+O1	0.3392	P
Sp+UF+V+O2	0.4977	K	Ob+FF+V+O1	0.3300	P



**Slika 1.** Prosječna vrijednost emisije formaldehida u odnosu na interakcije između vrste drva, vrste ljepljiva, vrste laka i eksperimentalnog okruženja (Izvor: Tekin i Keskin, 2015)

Što se tiče vrsta drva, bijeli bor je emitirao višu razinu formaldehida od bukve, što se može pripisati količini ekstraktivnih tvari u borovini (Schafer i Roffael 2000). Navedeno je u skladu i s radom autora Çolakoğlu (1993) koji je istražio učinak vrste drva na emisiju formaldehida i otkrio da je emisija furnirske ploče od topole veća od one od bukve i okoume. Navedenu pojavu također je pripisao različitim udjelima i tipu ekstraktivnih tvari. U istom radu (Çolakoğlu, 1993) potvrđuje da ploče iverice proizvedene iz hrastovine imaju nižu emisiju slobodnog formaldehida od ploča iverica izrađenih iz borovine, te da je ploča iverica izrađena iz smreke imala višu emisiju slobodnog formaldehida od ploče iverice proizvedene iz bukve. Böhm i sur., (2012) također su naglasili činjenicu da vrsta drva utječe na emisiju slobodnog formaldehida.

Kurtoğlu i Uçar (1986a i 1986b) ukazali su da je potencijalni razlog visoke emisije slobodnog formaldehida iz sirovih ploča iverica činjenica da materijal nije obložen i na njegovoj površini ima dovoljno slobodnih otvora (šupljina, kapilara) za izlaz formaldehida i nakon proizvodnje ploča. Isti autori sugeriraju uporabu potonje navedene činjenice za optimizaciju procesa nanošenja aktivnih tvari (hvatača formaldehida) na površine neoplemenjenih ploča iverica. Autori su zabilježili i da se dekorativni vinilni premazni materijal može nanijeti kako bi se zapunile sve pore na vanjskoj površini sirovih ploča, što pomaže u smanjenju naknadne emisije slobodnog formaldehida. Pirayesh i sur. (2013) također sugeriraju površinsko premazivanje sirovih ploča aktivnim tvarima kako bi se ublažio efekt emisije slobodnog formaldehida.

#### 4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

U ovom radu ispitan je utjecaj vremena izlaganja komercijalno izrađenih ploča iverica djelovanju povišene vlage zraka na emisiju slobodnog formaldehida. Mjerenja su provedena na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u Laboratoriju za drvene ploče, te Laboratoriju za kemiju, Zavoda za tehnologije materijala. Istraživanje je provedeno kroz 9 faza:

1. Odabir vrste ploča i krojenje uzoraka na dimenzije  $100 \times 100\text{mm}$ ,
2. Mjerenje početne mase i dimenzija uzoraka,
3. Izlaganje uzoraka ploča djelovanju povišene relativne vlage zraka kroz max. 5 tjedana,
4. Po isteku svakog tjedna izlaganja na jednom setu uzoraka izmjerene su dimezije i masa,
5. Uzorkovanje vode iz klimatizacijskih bokseva,
6. Raspiljivanje uzoraka za potrebe ispitivanja fizikalnih svojstava i koncentracije slobodnog formaldehida,
7. Ispitivanje fizikalnih svojstava,
8. Određivanje koncentracije slobodnog formaldehida uzoraka i iz vode u boksevima,
9. Analiza rezultata i zaključak.

Analiza ispitanih rezultata i zaključak obuhvatili su slijedeće poslove:

- Očitavanje rezultata,
- Obrada rezultata,
- Iznošenje zaključka.

#### 4.1. Materijali

U ispitivanju su korištene 4 vrste ploča iverica; neoplemenjena ploča iverica tipa P2 debljine 22mm, neoplemenjena ploča iverica tipa P2 debljine 12mm, oplemenjena ploča iverica tipa P2 debljine 12mm i neoplemenjena ploča iverica tipa P3 debljine 22mm. Uzorci ploča označeni su kako je navedeno u tablici 2.

**Tablica 2.** Oznake uzoraka ispitivanih ploča iverica

Neoplemenjena ploča iverica tipa P3, debljine 22mm	IT P3 22mm
Neoplemenjena ploča iverica tipa P2, debljine 22mm	IT P2 22mm
Neoplemenjena ploča iverica tipa P2, debljine 12mm	IT P2 12mm
Oplemenjena ploča iverica tipa P2, debljine 12mm	IT P2 12mm OP

Ukupno su bila potrebna 24 uzorka od kojih 4 nisu ulazili u komoru za klimatiziranje nego su samo korišteni za izračun početnog sadržaja vode i koncentracije slobodnog formaldehida. Ostalih 20 uzoraka je stavljeno u komoru u kojoj se nalazilo 2000mL vode tako da stoje iznad nje bez da su u doticaju s vodom. U komori se također nalazio ventilator kako bi unutar nje strujao zrak. Uzorci su dimenzija 100×100×12mm i 100×100×22mm. Prije ulaska u komoru svi su uzorci izvagani te su izmjerene duljina i širina s pomičnim mjerilom te debljina s mikrometrom na 4 mjesta i proračunata je srednja vrijednost. Ta mjerenja su bila potrebna da bi se mogla izračunati početna gustoću da bi se usporedila s vrijednostima koje su naknadno dobivene.



**Slika 2.** Prikaz uzoraka u komori za klimatizaciju

## 4.2. Metode istraživanja

### 4.2.1. Tjedna mjerenja

Ispitivanje je provedeno tako da je svakog tjedna iz komore izvađen po set uzoraka, od svakog tipa ploče po jedan uzorak. Nakon što su uzorci izvađeni iz komore ponovno je izvagana njihova masa te je ponovno izmjerena debljina ploče da bismo provjerili bubrenje i da bi se izračunala promjena gustoće.

*Tablica 3. Uvjeti u komori kroz tjedne*

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Temperatura (°C)	Relativna vlaga zraka (%)
1.	23,0	85,5
2.	22,6	85,0
3.	22,6	85,0
4.	22,6	91,6
5.	23,0	84,0

Nakon što su uzorci izmjereni i izvagani omotani su grupno u prozirnu foliju te stavljeni u eksikator da ne bi došlo do promjene sadržaja vode do završetka ispitivanja. Svaki tjedan se ponavljao isti postupak do završetka 5. tjedna. Tijekom cijelog procesa izlaganja, temperatura i relativna vlaga zraka u klimatizacijskoj komori (boksu) mjerena je Testo probom 605i.



*Slika 3. Prikaz mjerenja temperature i relativne vlage u komori po završetku 5. tjedna*

#### 4.2.2. Određivanje fizikalnih svojstava i koncentracije slobodnog formaldehida

Po završetku 5. tjedna svi ostali uzorci su izvađeni iz komore i eksikatora te odneseni na ispijivanje na individualne uzorke. Jedan dio manjih uzoraka je odvojen za izračun sadržaja vode, a drugi za izračun koncentracije slobodnog formaldehida. Dio uzoraka za odrađivanje sadržaja vode je stavljen u sušionik na temperaturu od  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  te su sušeni do apsolutno suhog stanja. Sadržaj vode uzoraka izračunat je prema formuli:

$$u_r = \frac{m_u - m_0}{m_0} \times 100 \quad \dots(1)$$

$u_r$  – 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:

$$U_a = m_v - m_u \quad \dots(2)$$

$U_a$  – 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:

$$U_r = \frac{m_v - m_u}{m_u} \times 100 \quad \dots(3)$$

$U_r$  – relativno upijanje vode, %

$m_v$  – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja, g

$m_u$  – masa ispitnog uzorka prije izlaganja, g

Drugi dio uzoraka iskoristio se za određivanje koncentracije slobodnog formaldehida metodom boce. Dva su uzorka vagnuta i zatim povezana kuhinjskom gumicom, ovješeni za čep boce te stavljeni u plastičnu bočicu sa 50mL 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  $40^{\circ}\text{C}$ . 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 stavljenju su na kratko u zarzivač kako bi se otopljeni, a ne apsorbirani formaldehid otopio u vodi. Tako

pripremljena otopina analizirana je spektrometrijski, a koncentracija slobodnog formaldehida određena je prema slijedećoj formuli:

$$HCHO = \frac{(A_S - A_B) \times f \times (100 + H) \times V}{m_H} \quad \dots(4)$$

*HCHO* - koncentracija slobodnog formaldehida, mg HCHO / 100 g

*A<sub>S</sub>* - apsorpcija analizirane ekstrakcijske otopine

*A<sub>B</sub>* - apsorpcija slijepe probe

*f* - koncentracija očitana na kalibracijskom pravcu, mg / ml

*H* - sadržaj vode zrakosuhog uzorka, %

*m<sub>H</sub>* - masa zrakosuhog uzorka, g

*V* - volumen odmjerne tikvice, ml

Uz ispitivanje koncentracije slobodnog formaldehida uzoraka ploča iverica, određena je i koncentracija formaldehida otopljenog u vodi iz klimatizacijskih bokseva.

### 4.3. Mjerna oprema

U ovom radu korištena je slijedeća mjerna oprema:

- klimatizacijske komore (boksevi),
- laboratorijska vaga Sartorius TE 612- L, s točnošću od 0,01 g,
- pomično mjerilo INSIZE, s točnošću mjerenja od 0,1 mm,
- mikrometar INSIZE, s točnošću mjerenja od 0,01 mm,
- laboratorijski sušionik Memmert UF110 plus,
- UV spektrofotometar Shimadzu UV mini 1240.



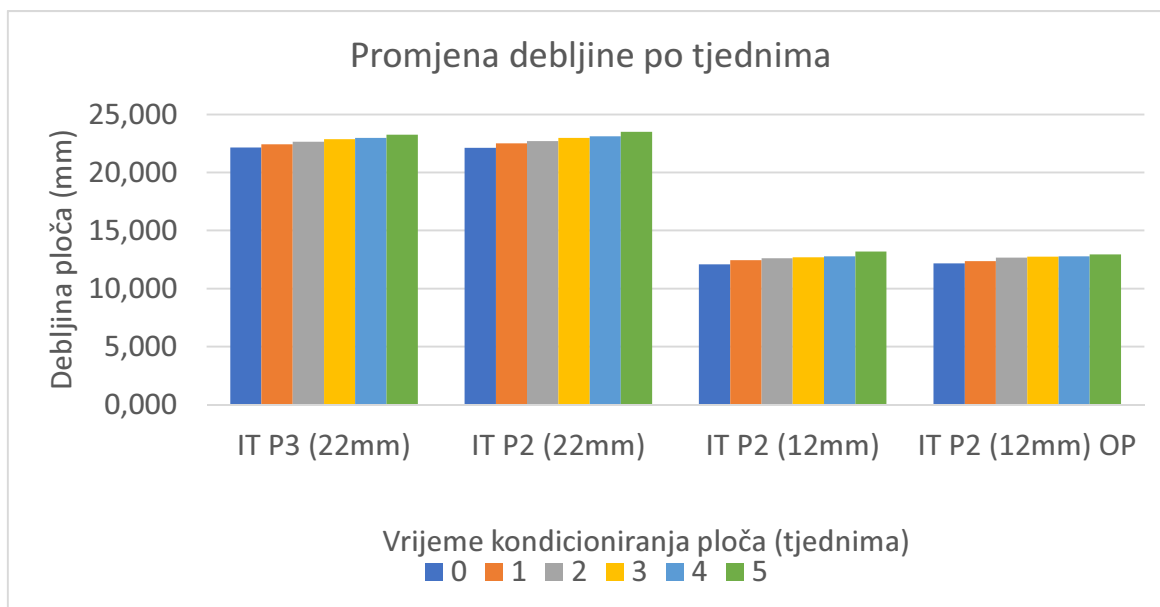
## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

### 5.1. Debljina uzoraka

Rezultati mjerenja debljine (tabl. 4, sl. 4) uzoraka u skladu su s očekivanjima. Jasno se vidi porast debljine kroz 5 tjedana kod svih uzoraka. Do povećanja debljine došlo je zbog povišene vlage zraka u komori koju su uzorci postepeno upijali te je došlo do bubrenja uzoraka. Kod neoplemenjenih ploča debljine 12mm i 22mm zabilježen je nešto veći porast nego kod oplemenjene ploče i kod ploče tipa P3.

**Tablica 4.** Promjena debljine uzoraka po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Vrsta ploče iverice				Debljina (mm)
	IT P3 (22mm)	IT P2 (22mm)	IT P2 (12mm)	IT P2 (12mm) OP	
0.	22,152	22,125	12,093	12,179	
1.	22,446	22,531	12,434	12,358	
2.	22,659	22,720	12,601	12,677	
3.	22,891	22,977	12,686	12,757	
4.	22,995	23,119	12,778	12,783	
5.	23,264	23,501	13,195	12,951	



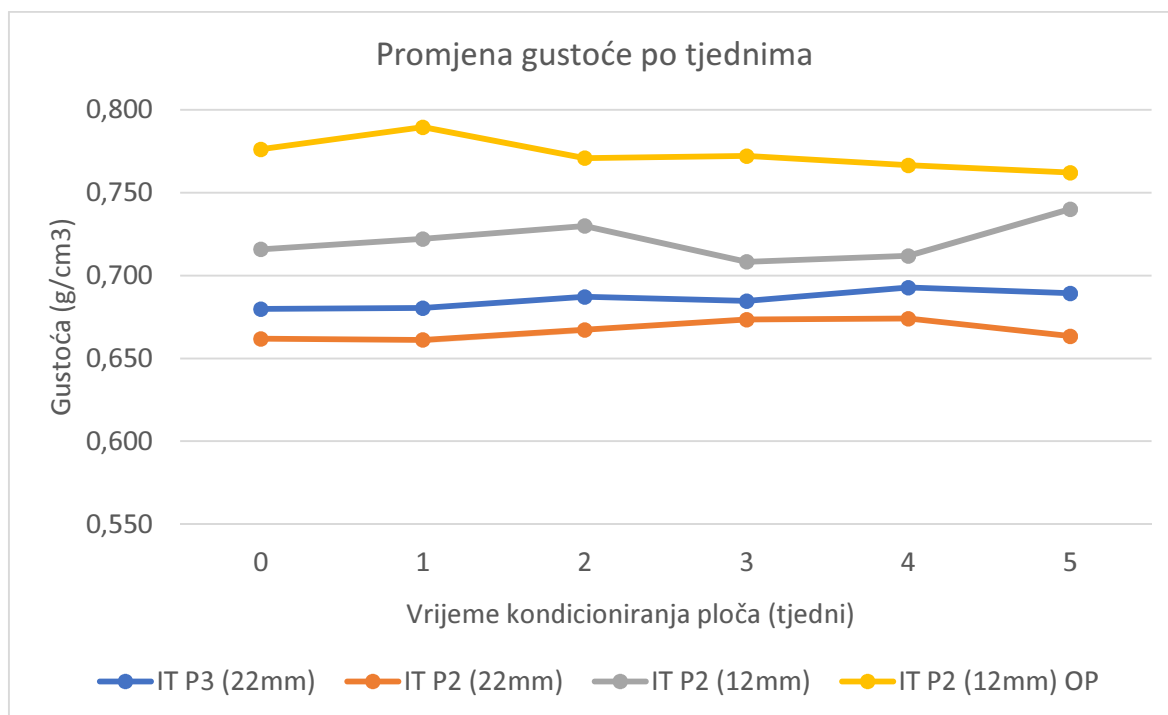
**Slika 4.** Grafički prikaz promjene debljine uzoraka po tjednima

## 5.2. Gustoća uzoraka

Kod gustoće se vide i porasti i padovi vrijednosti (tabl. 5, sl. 5). Do toga dolazi prvenstveno zbog povećanja mase uzoraka, ali se povećavaju i dimenzije uzoraka (debljina) i stoga dolazi do osciliranja vrijednosti gustoće. Kod ploča debljine 12mm su vidljive veće promjene u gustoći nego kod ploča debljine 22mm.

**Tablica 5.** Promjena gustoće uzoraka po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Vrsta ploče iverice				Gustoća (g/cm <sup>3</sup> )
	IT P3 (22mm)	IT P2 (22mm)	IT P2 (12mm)	IT P2 (12mm) OP	
0.	0,680	0,662	0,716	0,776	
1.	0,680	0,661	0,772	0,789	
2.	0,687	0,667	0,730	0,771	
3.	0,685	0,673	0,708	0,772	
4.	0,693	0,674	0,712	0,766	
5.	0,689	0,663	0,740	0,762	



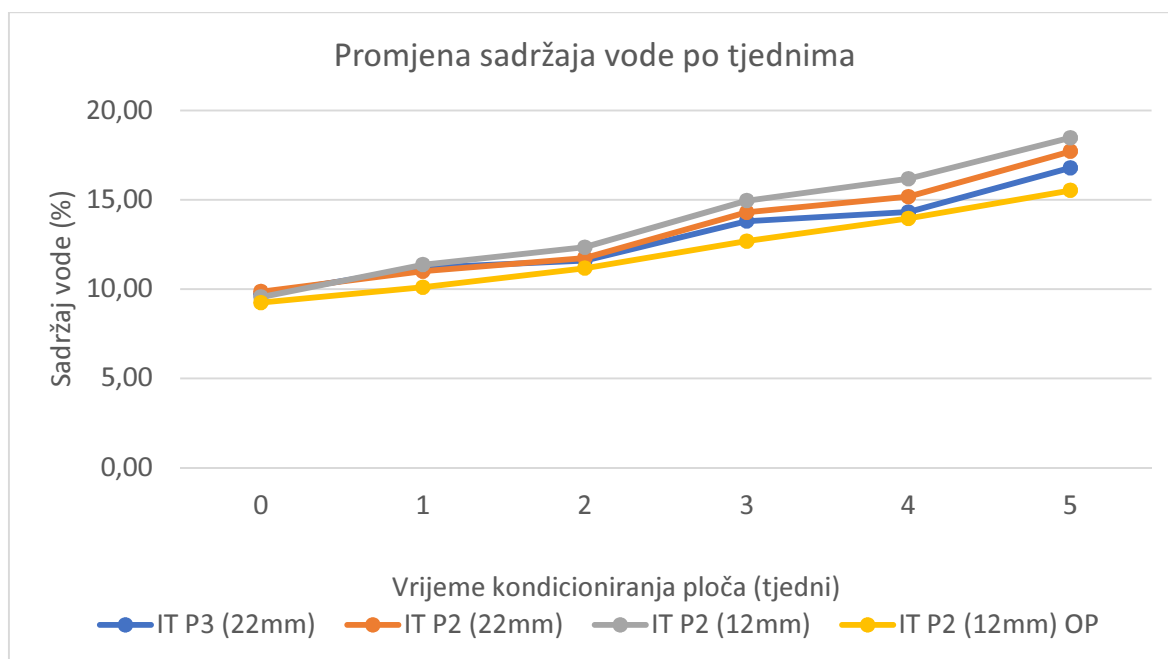
**Slika 5.** Grafički prikaz promjene gustoće uzoraka po tjednima

### 5.3. Sadržaj vode

Kod sadržaja vode (tabl. 6, sl. 6) vrijednosti su očekivane i ponovno se jasno vidi porast sadržaja vode kod svih uzoraka kroz 5 tjedana. Kod obje neoplemenjene ploče tipa P2 je zabilježen veći porast sadržaja vode dok je kod oplemenjene ploče tipa P2 i ploče tipa P3 zabilježen nešto niži porast sadržaja vode kroz period navlaživanja.

**Tablica 6.** Promjena sadržaja vode uzoraka po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Vrsta ploče iverice				Sadržaj vode (%)
	IT P3 (22mm)	IT P2 (22mm)	IT P2 (12mm)	IT P2 (12mm) OP	
0.	9,71	9,86	9,55	9,24	
1.	11,19	10,99	11,37	10,10	
2.	11,58	11,74	12,34	11,16	
3.	13,80	14,30	14,95	12,68	
4.	14,31	15,18	16,18	13,96	
5.	16,78	17,71	18,47	15,52	



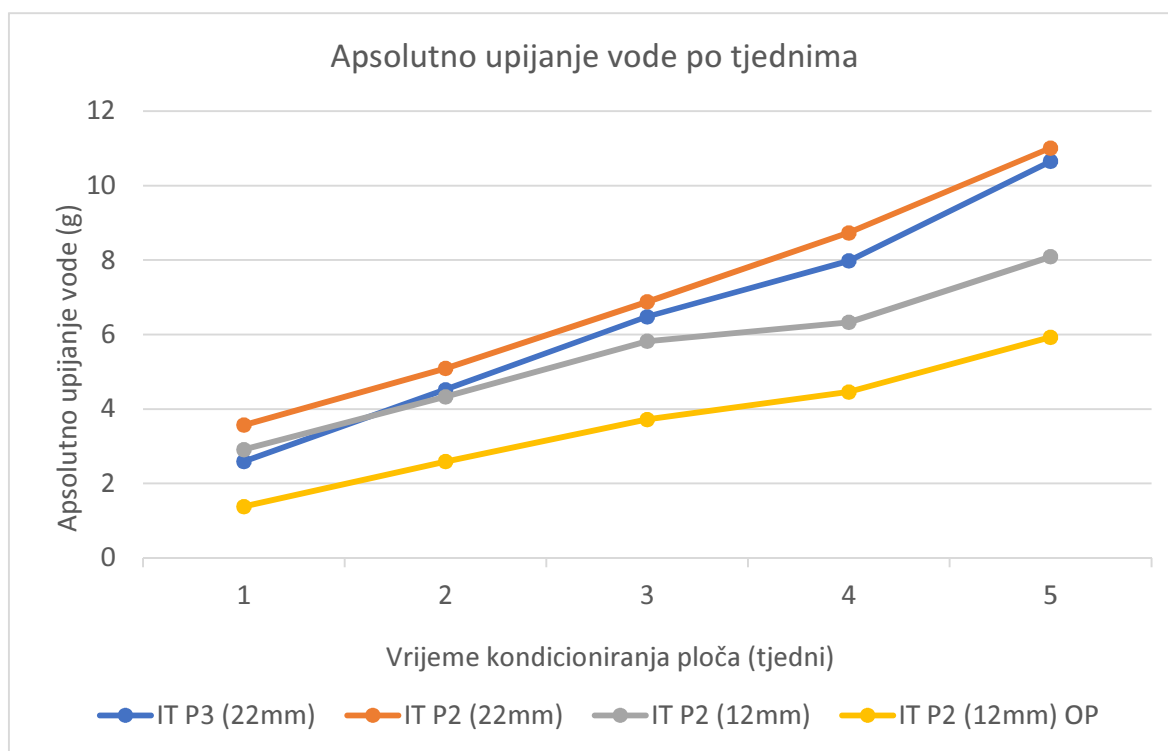
**Slika 6.** Grafički prikaz promjene sadržaja vode uzoraka po tjednima

## 5.4. Apsolutno upijanje vode

Rezultati apsolutnog upijanja vode (tabl. 7, sl. 7) su također očekivani. Vidi se porast upijanja vode kod svih uzoraka i u svim tjednima tijekom tretiranja. Kod ploča debljine 22mm je zabilježeno veće upijanje vode nego kod uzoraka debljine 12mm.

**Tablica 7.** Promjena apsolutnog upijanja vode u uzorcima po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Vrsta ploče iverice				Apsolutno upijanje vode (g)
	IT P3 (22mm)	IT P2 (22mm)	IT P2 (12mm)	IT P2 (12mm) OP	
0.	2,59	3,57	2,91	1,38	
1.	4,52	5,09	4,33	2,59	
2.	6,48	6,88	5,82	3,72	
3.	7,98	8,73	6,33	4,46	
4.	10,65	11,01	8,09	5,93	
5.	2,59	3,57	2,91	1,38	



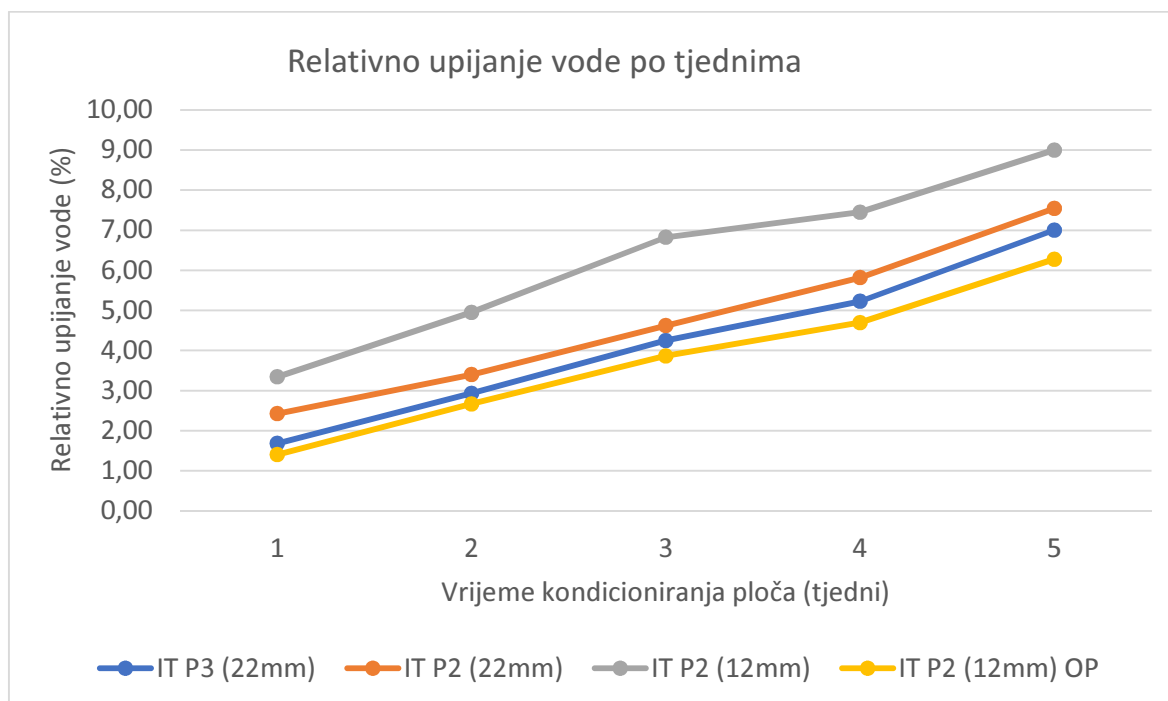
**Slika 7.** Grafički prikaz promjene apsolutnog upijanja vode u uzorcima po tjednima

## 5.5. Relativno upijanje vode

Rezultati relativnog upijanja vode (tabl. 8, sl. 8) su također očekivani i udjelomično u skladu su s rezultatima apsolutnog upijanja vode. Vidljiv je porast vrijednosti kod svih vrsta uzoraka kroz sve tjedne tretiranja, no vrijednosti nisu tako distribuirane da bi se moglo reći ploče koje debljine više upijaju vode i stoga se može zaključiti da u ovom slučaju iznos upijanja vode ovisi isključivo o tipu ploče.

**Tablica 8.** Promjena relativnog upijanja vode u uzorcima po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Vrsta ploče iverice				Relativno upijanje vode (%)
	IT P3 (22mm)	IT P2 (22mm)	IT P2 (12mm)	IT P2 (12mm) OP	
0.	1,68	2,43	3,34	1,40	
1.	2,93	3,40	4,95	2,67	
2.	4,25	4,62	6,82	3,87	
3.	5,22	5,82	7,45	4,69	
4.	7,00	7,54	9,00	6,28	
5.	1,68	2,43	3,34	1,40	



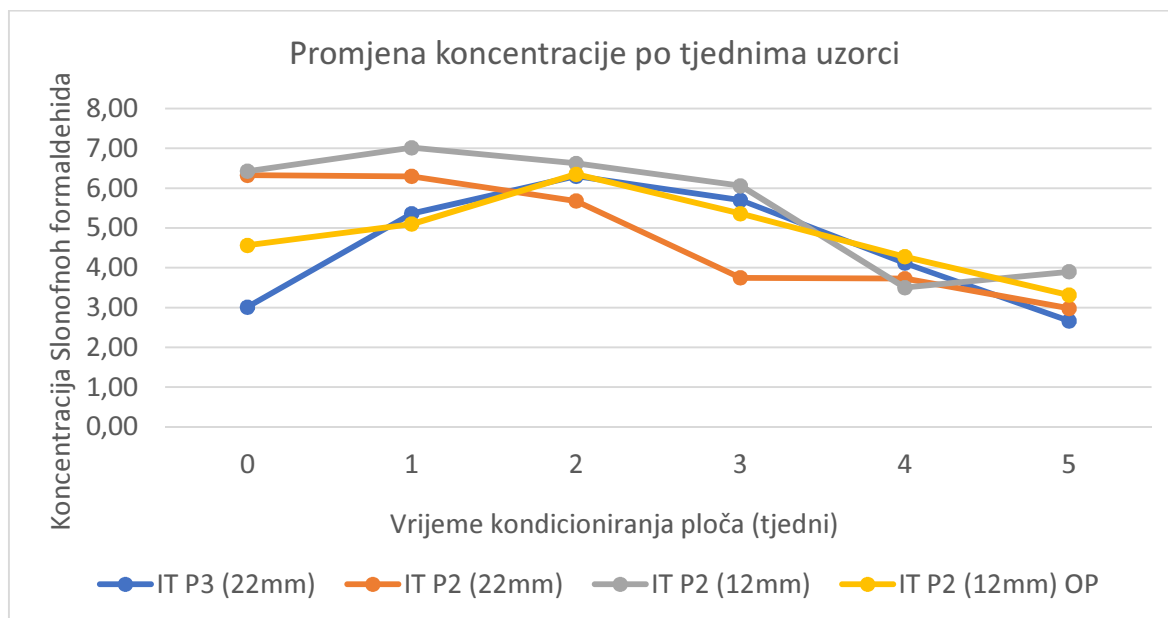
**Slika 8.** Grafički prikaz promjene relativnog upijanja vode u uzorcima po tjednima

## 5.6. Koncentracija slobodnog formaldehida iz uzoraka

Koncentracija slobodnog formaldehida u načelu opada (tabl. 9, sl. 9). U prvih 2 tjedna tretiranja kod ploče tipa P3 i kod oplemenjene ploče tipa P2 vidi se porast koncentracije dok dalje prema petom tjednu vrijednosti opadaju. Kod ploče tipa P2 debljine 22mm vidi se konstantno smanjenje koncentracije formaldehida, a kod ploče tipa P2 debljine 12mm zabilježen je porast koncentracije u prvom i u petom tjednu tretiranja.

**Tablica 9.** Promjena koncentracije formaldehida iz uzoraka po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	Vrsta ploče iverice				Slobodni formaldehid (%)
	IT P3 (22mm)	IT P2 (22mm)	IT P2 (12mm)	IT P2 (12mm) OP	
0.	3,01	6,32	6,43	4,56	
1.	5,36	6,30	7,02	5,10	
2.	6,30	5,68	6,62	6,35	
3.	5,70	3,75	6,06	5,36	
4.	4,12	3,73	3,50	4,28	
5.	2,66	2,98	3,90	3,31	



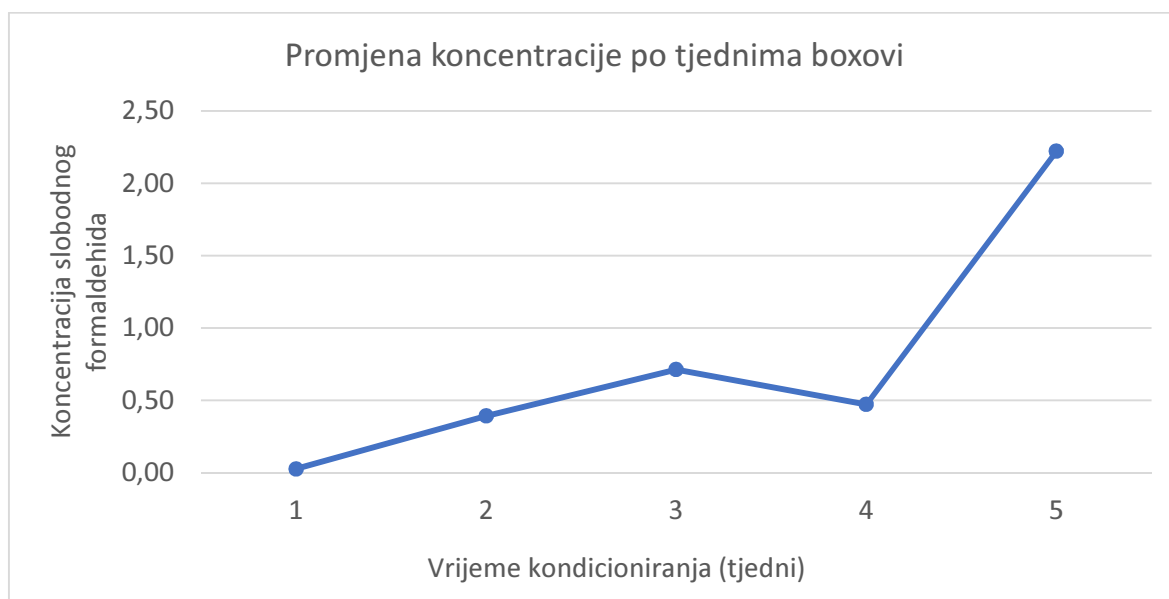
**Slika 9.** Grafički prikaz promjene koncentracije formaldehida iz uzoraka po tjednima

## 5.7. Koncentracija slobodnog formaldehida iz klimatizacijskih bokseva

Kod koncentracije formaldehida iz vode iz klimatizacijskih bokseva vidi se porast koncentracije, ali se u četvrtom tjednu dogodila nekakva anomalija i stoga je zabilježen pad koncentracije formaldehida u tom tjednu. Navedena anomalija zaista je interesantna i svakako bi valjalo dodatno istražiti razlog takve promjene distribucije vrijednosti koncentracije slobodnog formaldehida.

**Tablica 10.** Promjena koncentracije formaldehida iz vode po tjednima

Vrijeme izlaganja (tjedana)	HCHO (%)
1.	0,03
2.	0,39
3.	0,71
4.	0,47
5.	2,22



**Slika 10.** Grafički prikaz promjene koncentracije formaldehida iz vode po tjednima

## 6. ZAKLJUČAK

Kod gustoće uzoraka su vidljivi rezultati koji osciliraju, naime tijekom tretiranja ploča povećava im se masa zbog upijanja vlage ali im se povećavaju i dimenzije te zbog toga rezultati gustoće osciliraju.

Rezultati sadržaja vode su očekivani; vidljiv je porast sadržaja vode kod svih vrsta ploča kroz sve tjedne tretiranja. Kod ploča tipa P2 debljine 22mm i 12mm vidljiv je nešto veći porast sadržaja vode dok je kod oplemenjene ploče tipa P2 taj porast sadržaja nešto manji zbog smanjene površine kroz koju bi vlaga mogla prodrijeti u samu ploču. Kod ploče tipa P3 je također porast sadržaja vode nešto manji što je posljedica dodatka zaštitnih vodo i vlagu odbojnih (hidrofobnih) sredstava u strukturu ploča, u procesu njihove proizvodnje.

Kod apsolutnog i relativnog upijanja vode rezultati su također očekivani i jasno je vidljiv porast vrijednosti kod svih tipova uzoraka i kroz sve tjedne tretiranja u komori.

Iz rezultata je vidljivo da se izlaganjem ploča iverica povišenoj vlazi zraka tijekom određenog perioda emisija slobodnog formaldehida se smanjuje.

Iako je koncentracija formaldehida u prva 2. tjedna rasla kod ploča tipa P3 i kod oplemenjene ploče tipa P2 do kraja 5. tjedna koncentracija se ipak smanjuje. Zanimljivo je da se kod ploče tipa P3 vidi jako mali pad koncentracije formaldehida u odnosu na njegovo početno stanje. Kod ploče tipa P2 debljine 22mm je zabilježen pad koncentracije formaldehida u svim tjednima tretiranja.

Koncentracija formaldehida iz uzorka vode koja je bila u komori je puno manje vrijednost nego sama koncentracija formaldehida iz uzoraka. Vidljiv je porast te koncentracije u prva 3 tjedna dok se 4 tjedan dogodila nekakva anomalija i zabilježen je pad koncentracija. U 5 tjedanu izlaganja vidi se nagli porast.



## 7. LITERATURA

1. Baumann, M. G. D.; Lorenz, L. F. 2000: Aldehyde emissions from particleboard and medium density fiberboard products. *Forest Products Journal* 50(9): 75-82.
2. Böhm, M.; Salem, M. Z. M.; Srba, J., 2012: Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials. *Journal of Hazardous Materials* 221(1): 68-79.
3. Çolakoğlu, G., 1993: Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi. Ph.D. thesis, Karadeniz Technical University, Institute of Science, Trabzon.
4. Kim, S.; Kim, H. J., 2005: Comparison of standard methods and gas chromatography method in determination of formaldehyde emission from MDF bonded with formaldehyde-based resins. *Bioresource Technology* 96(13): 1457-1464.
5. Kurtoğlu, A.; Uçar, G., 1986a: Orman ürünleri sanayiinde formaldehit ayrışması ve çevre sağlığına etkileri. *Istanbul University Journal of the Faculty of Forestry (IUJFF), Part B* 35(3): 44-52.
6. Kurtoğlu, A.; Uçar, G., 1986b: "Türkiye'de üretilen yonga levhalardan formaldehit ayrışması. *Istanbul University Journal of the Faculty of Forestry (IUJFF), Part B* 36(1): 12-20.
7. Pirayesh, H.; Khanjanzadeh, H.; Salari, A., 2013: Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard. *Composites: Part B* 45(1): 858-863.
8. Roffael, E., 2006: Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based panels. *European Journal of Wood and Wood Products* 64(2): 144-149.
9. Schafer, M.; Roffael, E., 2000: On the formaldehyde release of wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 58(4): 259-264.
10. Tekin, A.; Keskin, H., 2015: Effects of temperature and humidity on formaldehyde emission from composite furniture components. In: „Proceedings of 27th International Conference Research for Furniture Industry“, Ankara, Turska.

11. Wiglusz, R.; Sitko, E.; Nickel, G.; Jarnuszkiewicz, I.; Igielska, B., 2002: The effect of temperature on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOC) from laminate flooring-case study. *Building and Environment* 37(1): 41-44.