

Zaštita drva od požara

Perčić, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:344540>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
UNIVERSITY OF ZAGREB FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY



DARIO PERČIĆ

ZAŠTITA DRVA OD POŽARA
WOOD PROTECTION AGAINST FIRE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, srpanj, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK
ZAVOD ZA ZNANOST O DRVU

ZAŠTITA DRVA OD POŽARA

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Metode i sredstva zaštite drva

Studija: Stručni studij drvna tehnologija

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marin Hasan

Student: Dario Perčić, 0068235134

Akadska godina: 2023./2024.

Zagreb, srpanj, 2024.

Temeljna dokumentacijska kartica

| | |
|----------------------|---|
| Naslov: | Zaštita drva od požara |
| Autor: | Dario Perčić |
| JMBAG: | 0068235134 |
| Mjesto izradbe: | Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije |
| Vrsta objave: | Završni rad |
| Mentor: | izv. prof. dr. sc. Marin Hasan |
| Izradu rada pomogao: | |
| Godina objave: | 2024. |
| Obujam: | 26 str, 18 slika, 3 tablice, 22 navoda citirane literature |
| Ključne riječi: | Vatrootpornost, vatrootporni premazi za drvo, gorenje, požar |
| Sažetak: | Zaštita drva od požara ključna je za sigurnost i dugovječnost drvnih konstrukcija i drvenih proizvoda. Drvo kao prirodan i estetski privlačan materijal ima visoku zapaljivost što zahtjeva učinkovite metode zaštite. Najčešće korišteni načini zaštite uključuju protupožarne predmete, vatrootporne impregnacije i fizičke barijere. Zaštita drva od požara zahtjeva kombinaciju različitih tehnologija i metoda kako bi se postigla maksimalna sigurnost i funkcionalnost drvnih proizvoda. |

| | | |
|---|---|----------------------|
|  | IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI | OB FŠDT 05 07 |
| | | Revizija: 2 |
| | | Datum: 29.04.2021. |

„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“.

U Zagrebu, 11.07.2024. godine

vlastoručni potpis

Dario Perčić

Sadržaj

| | |
|---|----|
| Sadržaj | 5 |
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Primjena drva | 2 |
| 3. POŽAR | 3 |
| 3.1. EUROPSKI SUSTAV KLASIFIKACIJE POŽARA | 4 |
| 3.2. GORIVOST DRVA..... | 5 |
| 3.3. PROCES GORENJA DRVA | 6 |
| 4. USPORAVANJE GORENJA DRVA | 7 |
| 4.1. IMPREGNACIJSKI MATERIJALI | 7 |
| 4.2. PREKRIVNI MATERIJALI | 7 |
| 5. ZAŠTITNA SREDSTVA PROTIV POŽARA | 9 |
| 5.1. OBLAGANJE DRVENIH KONSTRUKCIJA POMOĆU VATROOTPORNIH PLOČA | 10 |
| 5.2. PROIZVODNJA VATROOTPORNIH PLOČA IVERICA | 10 |
| 5.3. NEREAKTIVNA IZOLACIJA | 12 |
| 5.4. OŽBUKANI ZIDOVI | 12 |
| 5.5. PROTUPOŽARNI PREMAZI ZA DRVO | 13 |
| 5.5.1. Promadur | 14 |
| 5.5.2. Capatherm Holz..... | 15 |
| 5.5.3. FlameOFF Fire Barrier Paint | 15 |
| 5.5.4. FlameOFF® FR Clear..... | 16 |
| 5. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA U PROIZVODNJI TVRTKE SOBOČAN d.o.o. | 17 |
| 6. ZAKLJUČAK | 19 |
| 7. LITERATURA | 20 |

1. UVOD

Drvo je prirodni materijal kojem je prva i jedina funkcija bila korištenje za ogrjev. Upoznavanjem unutarnje strukture drva, kemijskog sastava te fizikalnih i kemijskih svojstava, drvo se počelo koristiti za izgradnju raznih vrsta proizvoda svakodnevnog potrošnje i kao građevinski materijal. Različita istraživanja imaju uvjerljive dokaze da je drvo vrhunski građevinski materijal za male i srednje velike strukture. Jedno od najvećih svojstava drva je to što je obnovljivi resurs, ako se slijedi održivo upravljanje šumama i prakse sječe, resursi drva bit će dostupni zauvijek.

Danas su drvo i beton među najkorištenijim i najprihvaćenijim materijalima za gradnju zbog jedinstvene kvalitete. Na primjer, drvo je prirodni, obnovljivi materijal koji emitira vrlo malo ugljičnog dioksida u okoliš i pohranjuje ugljik tijekom svog životnog vijeka, također lako je za obradu, lagano je, prilagodljivo i pozitivno utječe na psihološko zdravlje čovjeka (Pajchrowski i sur., 2014). Među stručnjacima ulaže se ogroman napor kako bi se upotrijebili najbolji mogući građevinski materijali, kako u pogledu okoliša, tako i u drugim povezanim pitanjima kao što su vremenski uvjeti i održivost.

Uz mnoge prednosti koje drvo nudi u građevini, najveći problem je velika podložnost zapaljenju i širenju vatre, zato se puno istražuje kako drvo zaštititi i kako mu povećati otpornost na vatru. Uz pravilno zaštitu i ugradnju životni vijek drva se produljuje te se smatra među najljepšim građevinskim materijalima. Prema drvu ima još uvijek puno predrasuda zbog neznanja i neinformiranosti ljudi o svojstvima i kvalitetama drva kao građevnog materijala. Cilj ovog rada je istražiti kako je najbolje i najkvalitetnije zaštititi drvo od požara

2. PRIMJENA DRVA

Drvo je kvalitetan, svestran, održiv i estetski privlačan materijal koji se koristi u industriji, domaćinstvu i građevini. Danas se drvo još uvijek široko koristi u izgradnji brodova i zgrada u većini dijelova svijeta. U građevini najčešće se koristi za izradu nosivih konstrukcija poput zidova, podova, krovova i stubova (Sauerbier i sur., 2020). Korištenje drva u konstrukciji nekih objekata je veliki izazov za izvođače, zbog različitih svojstva drva u različitim smjerovima, te promjene dimenzija prilikom bubrenja i utezanja, tj. drvo se različito ponaša u različitim sustavima i ovisi o parametrima kao što je visoka vlaga zraka, temperatura...

Najbitnije prednosti drva su danas, u graditeljstvu u odnosu na ostale materijale, laka obradivost, visok omjer čvrstoće i gustoće, ugradnja CO₂ sa ekološkog pogleda, minimalna potrošnja energije već pri ugradnji drva, izolacijska svojstva, trajnost, sigurnost od potresa te brzina gradnje (Kuzman, 2010.). Problem kod uporabe drva je niska dimenzijska stabilnost i podložnost napadu bioloških čimbenika razgradnje drva (koji razgradnjom drvene tvari smanjuju fizička i mehanička svojstva drva), a najveći problem je laka zapaljivost drva. To stvara specifične rizike za korištenje drva kao građevinskog materijala u smislu jer lako dolazi do zapaljenja i stvaranja požara, širenja požara u obliku dima i vatre ili promjene nosivosti uslijed izgaranja (Sauerbier i sur., 2020). Uz pravilnu brigu i održavanje drvene kuće od trupaca mogu imati dugi životni vijek i povoljno utječu na psihičku ravnotežu. Svojom estetikom i izgledom drvene su kuće još od davnina privlačile ljude za gradnju, ali zbog straha kratkovječnosti drva i teškog održavanja, te zbog dostupnosti betona i drugih materijala za gradnju, ljudi se nisu često odlučivali za gradnju drvenih kuća. Danas se zbog sve veće ekološke osviještenosti i istraživanja svojstava drva gradnja drvenih kuća postaje sve popularnija. Također mnoga istraživanja i znanje o drvu su omogućila razvoj različitih zaštitnih premaza koji omogućavaju dugotrajnost drva.

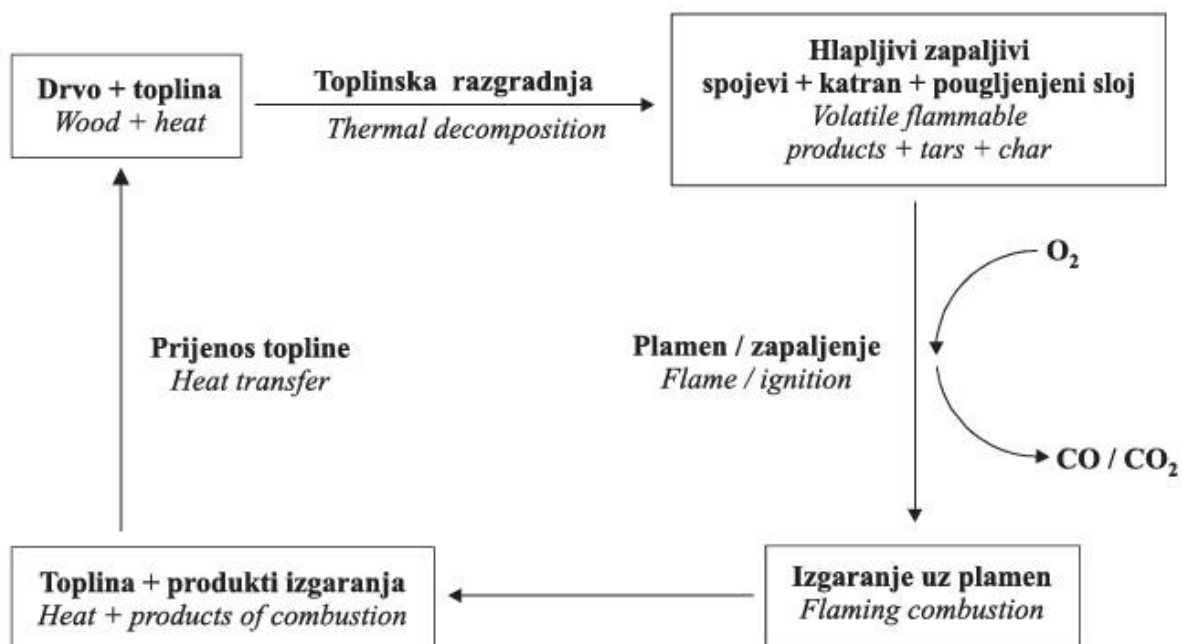


Slika 1. Prikaz primjera drvene kuće. Preuzeto sa: <https://www.montazneidrvenekuce.info/brvara-od-balvana-bohor>

3. POŽAR

Pojam požara se odnosi na nekontrolirano gorenje zbog kojeg dolazi do materijalne štete ili ozlijede ljudi (Bjelanović, 2011). Gorenje drva je proces oksidacije pri kojem drvo reagira s kisikom iz zraka pri čemu dolazi do oslobađanja topline, vodene pare, CO₂... Temperatura paljenja kojom započinje gorenje se dobiva iskrom, izvorom plamena, prenošenjem topline i kemijskom reakcijom. Širenje požara se postiže zračenjem, užarenim česticama i drugim. Svaki požar prolazi kroz različite faza razvoja.

1. Početna faza požara – temperatura polako i linearno raste, okolina se polako zagrijava te se zapaljive tvari pojavljuju, a postotni udio vlage iz materijala polako pada.
2. „Flash-over“ – završetkom početne faze požar se počinje širiti i buktati te započinje faza rasplamsavanja i širenja požara. Reakcijom zraka i nastalih plinova nastaje samozapaljiva smjesa plinova, a preostala vlaga iz drvnih elemenata brzo ispara u okolinu. Faza „Flash-over“ nastaje na oko 500-600°C.
3. Faza punog požara – razvijanje požara na sve dijelove, rast temperatura preko 900°C. Najrискantnija faza požara gdje nastaju oštećenja i rušenja cijelih objekata te daljnje širenje požara na druge objekte.
4. Faza završetka požara – dolazi do gašenja i hlađenja požara te se temperatura spušta od 300°C do okolne temperature. Završna faza je opasna i dugotrajna jer može uzrokovati novo zapaljenje zbog tinjanja vatre.



Slika 2. Proces gorenja drva. Preuzeto sa: [59745 \(srce.hr\)](http://59745(srce.hr))

3.1. EUROPSKI SUSTAV KLASIFIKACIJE POŽARA

Europska unija ima zakone i propise koji se odnose na sigurnost u slučaju požara. Njihovi propisi se baziraju ciljano na visoku sigurnost te zaštitu ljudi i objekata u slučaju požara. Klasifikacija građevnih elemenata prema Europskoj regulativi se razvrstava u razredu ovisno o njihovom utjecaju na rizik od zapaljenja, širenje vatre i stvaranje dima. Međutim osim ove klasifikacije utvrđene su tri metode ispitivanja za klasifikaciju proizvoda i svrstavanja u razrede gorivosti (Kristić, 2023). Različitim načinom zapaljenja dolazi do različitih reakcija materijala prikazano u tablici 1).

Tablica 1. Prikaz europskih ispitnih metoda za određivanje zapaljivosti (Kristić, 2023).

| Metoda ispitivanja | Građevinski proizvodi (bez podova) | Podovi | Glavna izmjerena svojstva požara korištena za klasifikaciju |
|---|------------------------------------|--------|--|
| Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena (HRN EN 11925-2) <i>Small flame test</i> | x | x | plamen se proširio unutar 60 ili 20 sekundi |
| Ispitivanje pojedinačno gorućeg elementa (HRN EN 13823: 2020) <i>Single burning item (SBI)</i> | x | – | FIGRA, Fire Growth Rate; SBI EN 13823 (2002) - SMOGRA, SMOke Growth Rate; plamene kapljice ili čestice |
| Ispitivanje uporabom izvora koji zrači toplinu (HRN EN ISO 9239-1):2011 <i>Radiant panel test</i> | – | x | CHF, Critical Heat Flux; proizvodnja dima |

Nova „Euro- class“ klasifikacija dijeli građevne proizvode u sedam raznih grupa u odnosu na njihovu reakciju na požar. Građevinske proizvode možemo podijeliti na konstrukcijske proizvode poput zidnih i stropnih obloga te konstrukcijske proizvode poput podnih obloga. Zavisno o ispitivanju, materijali se dijele u različite „Euro-class“ razrede na primjer A1, A2, B, C, D, E i F. Iz tablice 2 je vidljivo da razred A1 predstavlja najvišu razinu otpornosti na požar, a razred F najniži razred otpornosti na požar (Kristić, 2023).

Tablica 2. „Euro- class“ klasifikacija (Kristić, 2023).

| KLASA | Ponašanje u požaru | Materijali |
|-------|---|---|
| A1 | materijal koji ne doprinosi požaru | izolacijski proizvodi od prirodnog kamena, opeke, keramike, stakla |
| A2 | materijal koji zanemarivo malo doprinosi požaru | proizvodi iz klase A1, ali koji sadržavaju malu količinu organskog materijala |
| B | materijal koji u fazi razvoja požara vrlo malo doprinosi razvoju požara | gipsane ploče s različitim oblogama, drvo obrađeno vatro usporivačima |
| C | materijali koji imaju mogućnost zapaljenja te kod požara vrlo ograničeno širenje i oslobađanje energije | fenolna pjena, gipsane ploče s različitim oblogama tanjim od one u klasi B |
| D | materijali koji imaju mogućnost zapaljenja te kod požara ograničeno širenje i prihvatljivo oslobađanje energije | drveni proizvodi debljine veće od 10 mm i gustoće veće od 400 kg/m ³ |
| E | materijali koji su kod izuzetno malog požara (plamen šibice) zapaljivi i šire plamen | vlaknaste ploče, proizvodi od plastike |
| F | lakozapaljivi materijali (bez zahtjeva glede ponašanja u požaru) | proizvodi koji nisu ispitani na požar |

3.2. GORIVOST DRVA

Gorivost drva, odnosno njegova sposobnost da se zapali i sagorijeva, je važan faktor u odabiru njegove upotrebe, posebno u građevinarstvu i energetici. Oblik površine, opseg i veličina elementa kao i njegov presjek igraju ključnu ulogu u ponašanju drva tokom požara. Zapaljivost drva ovisi o odnosu volumena i površine (Bjelanović, 2011). Kad je taj odnos veći, požar se brže širi. Oštri uglovi i hrapave površine, povećavaju ovaj odnos, što negativno utječe na ponašanje drva u požaru. Također ispućanost drva povećava brzinu širenja požara dok je lijepljeno lamelirano drvo, koje nema pukotine, manje zapaljivo od masivnog drva (Bjelanović, 2011).

Jedan od ključnih faktora koji utječu na ponašanje drva u požaru je sadržaj vlage u njemu. U drvenim konstrukcijama, sadržaj vlage se kreće od 8% do 15%, što znači pri sagorijevanju svake tone drva mora ispariti 80-150kg vode prije nego što drvo može u potpunosti izgorjeti (Sauerbier i sur., 2020). Ipak utjecaj vlage na sagorijevanje smatra se zanemarivim, jer je raspon vlage ravnoteže relativno uzak, tj. 8-15%.

Razvoj kemikalija za usporavanje vatre za drvo je nužan jer postoji potražnja za ovim održivim građevinskim materijalom. Međutim, javljaju se izazovi budući da bi modifikacija drva otporna na vatru trebala biti trajna, ne pogoršavajući njegovu trajnost ili mehanička svojstva, netoksična i ne bi trebala doprinositi stvaranju dima. Održiva obrada drva koja nije rizična za zdravlje i otporna na ispiranje stoga je od ekonomskog i društvenog interesa. Faktori o kojima ovisi gorenje drva su: kalorična vrijednost drva, vlažnost drva, gustoća drva, vrsta drva, pepeo i ostaci koji ostaju nakon gorenja drva (Jirouš-Rajković i Miklečić, 2009.).

3.3. PROCES GORENJA DRVA

Proces gorenja se događa kroz nekoliko faza. Najprije dolazi do zagrijavanja i dehidracije, tj. zbog zagrijavanja dolazi do isparavanja vode iz drveta. Zatim dolazi do faze pirolize u kojoj dolazi do pucanja kemijskih veza te nastaje pougljeni sloj (čvrsti dio), katran (tekući dio) i hlapljivi plinovi (Jirouš-Rajković i Miklečić, 2009.). Hlapljivi plinovi se miješaju sa zrakom i kad temperatura dosegne točku paljenja dolazi do egzotermne reakcije gorenja (Jirouš-Rajković i Miklečić, 2009.). U slučaju kada je akumulirana toplina dovoljno visoka da dolazi do emitiranja zračenja u vidljivom spektru nastaje plamen, to karakterizira plinovitu fazu. Kod gorenja hlapljivi plinovi reagiraju sa kisikom te stvaraju ugljikov monoksid i ugljikov dioksid. Toplina koja se razvija egzotermnim reakcijama ubrzava pirolizu drva i pougljenog sloja te dodatno oslobađa hlapljive spojeve. Proces gorenja i razgradnje traje tako dugo dok sve hlapljive tvari ne ispare i ostane samo pepeo (Jirouš-Rajković i Miklečić, 2009.).

Tablica 3 prikazuje procese koji se događaju pri pojedinoj temperaturi tijekom gorenja drva te što se događa u pojedinoj fazi. Pravilno tretirano i zaštićeno drvo može pružiti dugotrajne i sigurnosne prednosti. Za usporavanje procesa gorenja drva najčešće se koristi modifikacija procesa pirolize, tj. drvo se tretira kemikalijama koje ubrzavaju proces pirolize molekula celuloze, te se ciljno formira sloj ugljena (Bjelanović, 2011.). Formirani sloj ugljena služi kao izolator što usporava prijenos topline prema unutrašnjim slojevima drveta te se posljedično smanjuje brzina gorenja. Pravilno tretirano i zaštićeno drvo može pružiti dugotrajne i sigurnosne prednosti.

Tablica 3. Temperaturni rasponi piroze i izgaranja drva (Kristić, 2023)

| Rasponi temperature | Procesi razlaganja |
|---------------------|---|
| <100 °C | Isparavanje kemijski nevezane vode. |
| <160 - 200 °C | Polimerne komponente drva počinju se razlagati. Najčešći plin koji nastaje je voda. |
| <200 - 225 °C | Većina plinova je nezapaljiva, a piroliza drva je još uvijek usporena. |
| <225 - 275 °C | Glavna piroliza započinje i plamensko izgaranje će se dogoditi uz pomoć pilot plamena. |
| <275 - 500 °C | U ovoj fazi proizvedeni plinovi su isparljivi i vidljiv je dim. Fizička struktura se raspada i nastaje ugljen. |
| <500 °C | Proizvodnja hlapljivih tvari je gotova. Ugljen se nastavlja topiti i oksidirati te stvara ugljikov monoksid, ugljikov dioksid i vodu. |

4. USPORAVANJE GORENJA DRVA

Usporivači gorenja su kemijski pripravci koji se koriste za smanjenje zapaljivosti materijala i usporavanje širenja vatre, što omogućava više vremena za evakuaciju i intervenciju vatrogasaca. Kod drva, ovi pripravci su ključni za poboljšavanje otpornosti drva na požar. Konstrukcija od drva koja je dobro premazana i zaštićena sa usporivačima gorenja produljuje zadržavanje početnih svojstva drva. Obrada drva materijalima koji usporavaju gorenje može usporiti nastanak požara ili potpuno onemogućiti požar. Usporivači gorenja su na bazi fosfora, dušika, bora i aluminijeva hidroksida. Djeluju na način da promjene tijekom pirolize, površinu zaštite izolacijskim slojem, promjenom toplinskih svojstava materijala, razrjeđuju plinove nastale pirolizom, prekidaju lančanu reakciju gorenja, a najčešće u jednom sistemu dolazi do različitih kombinaciji navedenoga (Sauerbier i sur., 2020). Kod odabira usporivača gorenja treba obratiti pozornost na vrstu drvne podloge, propisane zahtjeve o objektu te načini upotrebe, način postavljanja, ekološki propisi, cijena, održavanje i ostala svojstva podloge (Užar, 2013). Prema načinu tretiranja materijala za usporavanje gorenja se mogu podijeliti na prekrivne i impregnacijske.

4.1. IMPREGNACIJSKI MATERIJALI

U impregnacijskoj obradi drva dolazi do tlačnog impregniranja otopinama kemikalija, uz primjenu tlačnih procesa sličnih onima za kemijsku zaštitu. Pri tlačnoj impregnaciji penetracija kemikaliji ovisi o vrsti drva, strukturi drva te sadržaju vode u drvu (Jirouš-Rajković i Miklečić, 2009). Prodiranje sredstva kod tlačne impregnacije je veće u odnosu na površinske materijale, što dulje i bolje zaštićuje drvene materijale. Najčešće se koriste anorganske soli te su njihova svojstva poznata već dulje od 50 godina primjenom u interijerima, u anorganske soli spadaju monoamonijev i diamonijev fosfat, amonijev sulfat, cinkov klorid, natrijev tetraborat, boraks i borna kiselina. Problem navedenih anorganskih soli je topljivost u vodi, te se s vremenom mogu isprati ako je drvo izloženo vanjskim uvjetima. Također lako dolazi do adsorpcije vode, što pogoduje razvoju gljiva i bakterija, te posljedično dolazi do razgradnje drva.

4.2. PREKRIVNI MATERIJALI

Način djelovanja prekrivnih materijala je prekidanje procesa gorenja u fazi zagrijavanja, a time i do zapaljenja i širenja požara. Prekrivni materijali se dijele na izolacijske i ablacijske. Izolacijski materijali se daljnje dijele na pasivne i kemijski reaktivne materijale te pasivni sadrže negorive mineralne aditive (liskun ili perlit) (Zanić, 2018). Kemijski reaktivni sustavi stvaraju pjenasti izolirajući karbonizirani sustav kod visokih temperatura te na taj način zaštićuju materijal. Povišenjem temperature kemijski reaktivni premazi se šire i volumen im se povećava do 200 puta, te nastaje veliki karbonizirani sloj koji zaštićuje površinu materijala od naglog zagrijavanja i doticaja s kisikom. Kemijski reaktivni premazi tvore visoko izolirajuću pjenu koja svojim svojstvima ne gorenja daje dobru izolaciju zbog sadržaja sastojaka pjene koji nisu gorivi. Djelovanje toplinske zaštite ovisi o pjenastom sloju te bi on morao biti dovoljno otporan te imati dobru adheziju prema površini drva. Većinom su ti prekrivni materijali na bazi vode ili organskih otapala i najčešće se sastoje od temeljnog, osnovnog i završnog sloja premaza. Kemijski reaktivni materijali se sastoje od veziva, spoja bogatog ugljikom, pjenasti spoj, dehidratijskog sredstva i katalizatora esterifikacije. Vezivo koje se koristi je amino-formaldehidne, polivinilne i akrilne smole. Dobivanje karbonizirajućeg sustava sa

odgovarajućim sadržajem komponenata je važno zbog toplinskih svojstava sustava. Toplinska svojstva sustava ovise o sredstvima za impregniranje te one počinje sa razgrađivanjem kod višim temperaturama od temperatura pougljenjavanja (Zanić, 2018). Taj proces se treba dogoditi prije nego počne skrućivanje tekuće pougljenjavanje taljevine. Nanos tih premaza je u količini od 500 g/m², što zadovoljava debljinu filma nanosa od nekoliko stotina mikrometara. Prednosti prekrivnih premaza su lako nanošenje i obrada, ali nedostaci poput trošenja, abrazije, pukotina, te velike higroskopnosti ograničavaju primjenu ovog premaza na samo unutarnje interijere. Primjena kemijskih reaktivnih premaza je na stropnih i zidnih obloga koje nisu mehanički opterećene. Ablacijski premazi (engl. ablative coatings) sadržavaju sastojke koji se pod utjecajem topline mijenjaju endotermnim kemijskim reakcijama i na taj način hlade površinu materijala koji zaštićuju (Zanić, 2018). Razlika između ablacijskih i izolacijskih impregnirajućih premaza je u mjestu primjene i sastavu. Ablacijski premazi se koriste u vanjskim interijerima te ne sadržavaju vodotopive materijale koji bi promijenili svoja svojstva pod utjecajem vode.

Izolacijski materijal je klasificiran kao polimer ili smole male toplinske vodljivosti. Nakon zagrijavanja površine ona se pirolitički razgrađuje sloj po sloj te tvoreći na površini toplinsko otporan sloj drva koji se tijekom procesa razgrađuje i pretvara u zaštitni sloj koji tijekom zagrijavanja zaštićuje drvo. Ablacijskim premazima se dodaje metalni oksid kao pigment. Djelovanjem visokih temperatura nastaju antimonovi halidi koji sudjeluju u kondenzatnoj i plinovitoj fazi. U kondenzatnoj fazi pod utjecajem topline nastaje pougljeni sloj koji ima zaštitnu ulogu na površini drva. U plinovitoj fazi dolazi do prekida stvaranja slobodnih radikala stvaranjem halogenih radikala. Najveći nedostatak ablacijskih premaza je to da imaju visoku koncentraciju aditiva da bi se osiguralo potreban stupanj zaštite od vatre. Zbog visoke koncentracije aditiva premazi su viskozni i podložni kredanju i nisu dugotrajni. Najbolja svojstva su pokazali premazi s visokim udjelom pigmenta. Najčešće se sastoje od epoksidnih, kloniriranihalkidnih, poliuretanskih ili vinilnih smola (Zanić, 2018). Upotrebljava se u unutarnjim i vanjskim interijerima u različitim bojama. Ablacijski premazi se mogu kombinirati sa kemijskim premazima te tvoriti pjenasti karbonizirani sustav. Tako kombinirani sloj premaza znatno pouspješuju vatrootpornost drvna.



Slika 3. Prikaz djelovanja upjenjujućih premaza (Kristić, 2023.)

5. ZAŠTITNA SREDSTVA PROTIV POŽARA

Drvo se po svojim svojstvima i reakcijama na požar uvrštava u razred D prema normi HRN EN 13501-1:2019 te govori da je jako zapaljivo i pridonosi širenju vatre. Tvrtka Promat u prodaji ima jako kvalitetne proizvode koji služe za pasivnu protupožarnu zaštitu. Svaki proizvod ima različite specifikacije koje se mogu koristiti kao rješenja u različitim projektima. Debljina nanosa sredstva ovisi o željenom razredu otpornosti na požar (Promat).

Vatrootpornost drva je svojstvo drva da čim dulje zadrži svoja početna svojstva te se ne deformira. Vatrootporni materijali djeluju na način da mogu usporiti rast temperature, proizvode plinoviti zaštitni omotač, generiraju nezapaljive karbonske obloge, reflektiraju toplinsko zračenje ili stvaraju fizičku barijeru između kisika i drvenog sloja. Najčešće pa dolazi do kombinacije različitih načina djelovanja (Sauerbier i sur., 2020). Drvo zahtjeva dosta pažnje oko odabira zaštitnih sredstava do same primjene istih sredstava. Bitno je da se sa primjenom zaštitnih sredstava smanji rizik na požar, uspori početak izgaranja, poveća otpornost na požar i najbitnije poveća kapacitet nosivosti konstrukcije. Kapacitet nosivosti kod požara se najviše smanjuje zbog smanjenja poprečnog presjeka kod izgaranja drva. Sa oblaganjem drvene konstrukcije, nereaktivnom izolacijom, ožbukanim zidovima ili protupožarnim premazima za drvo se može produljiti kapacitet nosivosti drva.



Slika 4. Prikaz usporedbe zaštićenog uzorka i nezaštićenog uzorka vatrootpornim sredstvom.

Preuzeto sa: <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/9037/820/vatrootporni-premaz-za-drvo-napravljen-od-drveta>.

5.1. OBLAGANJE DRVENIH KONSTRUKCIJA POMOĆU VATROOTPORNIH PLOČA

Oblaganje konstrukcije vatrootpornim pločama je kvalitetan i estetski prihvatljiv način zaštite od požara. Specijalne vatrootporne ploče izrađene su od gipsa, kalcijeva silikata, cementno-vapnene, cementne ploče ojačane staklenim vlaknima i raznim punilima te vatrootbojne iverice. Montaža ovakvih ploča je dugotrajan i zahtjevan proces. Najznačajnije i najzanimljivije vatrootporne ploče su vatrootbojne iverice.

Iverice u kombinaciji sa vatrootpornim svojstvima čine jako kvalitetan i u graditeljstvu zanimljiv materijal. Iverice sa svojim kvalitetama čvrstoće, dugotrajnosti te lakoćom obrade i rezanja jako privlače izvođače da je ugrade u dio svog interijera. Najčešće se koriste za oblaganje unutarnjeg dijela interijera u javnim prostorima. Kao što su škole, dvorane, vrtići, kina te prostorima izloženim lakozapaljivim tvarima (Drvodom).



Slika 5. Vatrootporna iverica.

Preuzeto sa: <https://www.frischeis.hr/shop/ploca/sirova-iverica/sirova-iverica/vatrootporna-sirova-iverica-b-s1--d0~p14865722>

5.2. PROIZVODNJA VATROOTPORNIH PLOČA IVERICA

Na isti način kako se i proizvodi obična ploča iverica se proizvodi i vatrootporna. Ljepilo koje se koristi za sljepljivanje iverja i slojeva iverice je ono koje se i najviše koristi u izradi iverica. S time da treba obratiti pozornost na ljepilo koje daje veću vatrootpornost. Najčešće upotrebljavano ljepilo u ovim uvjetima je karbamidno - formaldehidno ljepilo. Vatrootporna sredstva koja se dodaju u sastav su boraks sa bornom kiselinom, Silka sill i Basilit Dreifach (Promat).

Klasifikacija ploča je pomoću oznaka A1, A2, B i C. Ploče tvrke „Promat“ su najčešće klase A1 ili A2, a materijali klasificirani tom klasom se smatraju negorivi. Na tržištu se pronalaze različiti tipovi ploča sa različitim svojstvima. Neke vrste ploča svojstvima su više fokusirane na vrijednost termičke izolacije, dok druge na sposobnost apsorpcije vrućine. Cilj svih vatrootpornih ploča je smanjenje temperature koje prolazi sa opožarene strane na hladnu stranu ploče. Tijekom požara dolazi i do deformacija i pucanja ploča što je isto tako bitno svojstvo

kako će se ploča ponašati u najzahtjevnijim uvjetima, a ne samo termičko ponašanje. „Promatove“ ploče testirane su i ispitane su u najzahtjevnijim uvjetima uporabe te su pokazale visoku termičku stabilnost (Promat).



Slika 6. Primjer vatrootporne ploče. Preuzeto sa: <https://protupožarna-zastita.com/proizvodi/promat-promasil-1000/>

Od vatrootpornih drvnih ploča poznate osim iverice koriste se i tvrde vlaknatice (MDF ploče). MDF ploča proizvedena je bez štetnog i opasnog formaldehida te je napravljena za visoko rizične prostore gdje je potrebna klasa 1 za usporavanje gorenja. Njezine najbitnije karakteristike su slabo širenje plamena i slabo dimljene zbog čega se upotrebljava u visokorizičnim interijerima.



Slika 7. Prikaz srednje tvrde vlaknatice (MDF ploča). Preuzeto sa: <https://www.pinoles.com/proizvod/fr-mdf-sa-2800x2070x19-e05-carb2/>

5.3. NEREAKTIVNA IZOLACIJA

Najpoznatiji materijal je mineralna vuna. Svojim se svojstvima poput niskog koeficijenta toplinske provodljivosti, negorivosti, veliki toplinski interval primjene, tijekom gorenja se oslobađa minimalna količina opasnih plinova, velika paropropusnost i zanemariv temperaturni rad ističu mineralnu vunu kao jako kvalitetan izolacijski materijal (Novak, 2021).



Slika 8. Prikaz mineralne vune.
(Preuzeto sa: https://hr.wikipedia.org/wiki/Mineralna_vuna)

5.4. OŽBUKANI ZIDOVI

Prskana žbuka se nanosi na zidove gdje estetski izgled završne obrade nije od presudne važnosti. Nanošenje žbuke izvodi se mokrom ili suhom metodom. Suha metoda dobiva se kombinacijom i miješanjem gotove suhe mase sa vodom ili nekim vezivnim sredstvima u prskalici. Ova metoda ne dozvoljava gubitak nanošenog materijala. Mokra metoda dobiva se

miješanjem suhe tvari sa vodom. Na zidove se nanosi sa pumpom prskalicom (Promat). Nedostaci ovakve metode su hrapavost površine, greške prilikom nanošenja i slaba otpornost na nepovoljne vremenske uvjete.



Slika 9. Nanošenje žbuke na zidove.

(Preuzeto sa: <https://www.betonrez-zagreb.hr/strojno-zbukanje/>)

5.5. PROTUPOŽARNI PREMAZI ZA DRVO

Intumescentni protupožarni premazi su boje, lakovi i impregnacijski premazi oni smanjuju reakciju na požar. Njihova glavna svojstva su da povećaju otpornost te zaštite drvene dijelove konstrukcije i pokazali su se kao jedno od najučinkovitijih metoda zaštite. Kroz povijest su se drveni elementi uranjali u morsku vodu koja je smanjivala zapaljenje, dok se danas specijalnim premazima stvaraju toplinske barijere. Intumescentni premazi se šire na oko 200 °C i tvore multicelularni zaštitni sloj koji štiti drvo od požara (Promat).



Slika 10. Vatrooporni premaz.

Preuzeto sa: https://www.bug.hr/img/prozirni-premaz-koji-drvo-cini-vatroopornim_5XOwb5.png

5.5.1. Promadur

Najnoviji protupožarni premaz za drvo koji se koristi kao zaštita drvnih konstrukcija od požara. Reaktivni premaz koji se svojim vatrootpornim svojstvima i prozirnošću ističe u odnosu na druge slične tvari. Čimbenici koji povećavaju otpornost drva na požar su debljina elemenata, oblik, vrsta materijala, gustoća materijala, dostupnosti kisika i kvaliteti nanesenih vatrootpornih premaza. Zavisno o tim parametrima „Promadur“ smanjuje ili povećava razred otpornosti na požar. Svojim vatrootpornim svojstvima prema stupnju zapaljivosti spada u razred B, s1 d0 prema normi „EN- 13501“ i svrstava se u najveći mogući razred vatrootpornosti za reaktivne premaze. Koristi se u raznim ustanovama da bi se svojim svojstvima produljio evakuacijsko vrijeme. Dugotrajni premaz koji ne mijenja svojstva te ostaje vatrootporan i ne mijenja boju (Promat). Prednosti „Promadur“ premaza je visoka zaštita od požara, visoka prozirnost, lako i jednostavno nanošenje, ekološki prihvatljiv, poboljšava mehanička svojstva te vodootpornost (sl.11).



Slika 11. Promadur temeljni premaz.

Preuzeto sa: <https://www.promat.com/hr-hr/graditeljstvo/proizvodi-i-konstrukcije/proizvodi-za-protupozarnu-zastitu/intumescentni-premazi/promadur/>

Vatrootporni bezbojni premaz najčešće se koristi u unutarnjim interijerima. Pod utjecajem požara stvara izolirajući sloj koji sprječava daljnje širenje požara. Sastoji se od smola te se baza ne razrjeđuje. Koristi se u impregnaciji masivnog drva, iverica i stolarskih ploča te je premaz službeno ispitan prema normi HRN EN 13501-1.

Kod impregnacije sa „Promadurom“ završni sloj nije obavezan, ali se preporučuje zbog povećanja otpornosti na vlagu i poboljšanje mehaničkih svojstava. U tu svrhu se koristi jednokomponentni bezbojni premaz PROMADUR® Top Coat-a na bazi otapala. Završni premaz služi da bi dodatno zaštitio konstrukciju te poboljšao početna svojstva. Lako i

jednostavno nanošenje i brzo sušenje pridonose uporabi ovog premaza. Njegova primjena ne šteti vatrootpornim svojstvima temeljnih premaza te se kao takav lako primjenjuje (sl. 12).



Slika 12. Promadur Top Coat – završni premaz. Preuzeto sa: [Promadur Top Coat OgnioTechnika](#).

5.5.2. Capatherm Holz

Vatrootporni bezbojni ili bijelo pigmentirani premaz za korištenje u unutarnjim prostorima. Pod utjecajem požara stvara izolirajući sloj koji sprječava daljnje širenje požara. Sastoji se od smola te se baza ne razrjeđuje. Koristi se u impregnaciji masivnog drva, iverica i stolarskih ploča te je premaz službeno ispitan prema normi HRN EN 13501-1. Podlogu na koju se nanosi treba temeljno obrusiti, očistiti od mrlja i prašine. Nanosi se valjkom, kistom ili špricanjem. Nema naknadnog gorenja zaštićenih površina te reducira plinove (Synthesa; sl. 13).



Slika 13. Capatherm Holz bezbojni i bijelo pigmentirani. Preuzeto sa: https://www.caparol.hr/caparol_pim_import/caparol_hr/products/ti/144647/TI_CapaTherm_Holz_Daemmschichtbildner_pigmentiert_innen_W_HR.pdf

5.5.3. FlameOFF Fire Barrier Paint

Upjenjujući premaz namijenjen zaštiti raznih građevinskih materijala. Njegova upotreba je u zaštiti konstrukcijskog čelika, lima, gips ploča, kompozitnih panela i drvnih materijala u interijeru. Premaz je bijele boje te se lako nanosi četkom i štrcaljkom. Nanošenje se preporuča

štrcaljkom zbog ravnomjernijeg nanosa te lakšom završnom obradom (FlameOFF, 2022; sl. 14).



Slika 14. FlameOFF Fire Barrier Paint

Preuzeto sa: <https://flameoffcoatings.com/intumescent-fire-resistant-paint>

5.5.4. FlameOFF® FR Clear

Vatrootporni bezbojni vodeni premaz namijenjen zaštiti drvnih te drugih prirodnih i sintetičkih materijala. Sigurnost protupožarnog premaza je visoka. Završnom bezbojnom obradom postiže se zadržavanje početne boje, izgleda te trajnosti. Vatrootporni premaz visokokvalitetno štiti drvo i ostale materijale te uz to nije toksičan i ekološki je prihvatljiv što pridonosi njegovoj širokoj primjeni. Učinkovit je u zaštiti materijala od širenja požara te očuvanju početnih svojstava materijala. Lako i jednostavno se nanosi te se koristi u interijeru (FlameOFF, 2020; sl. 15).



Slika 15. FlameOFF® FR Clear

Preuzeto sa: <https://flameoffcoatings.com/fire-retardant-clear-spray>

5. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA U PROIZVODNJI TVRTKE SOBOČAN d.o.o.

U pogonu tvrtke Sobočan d.o.o. proizvodi se oprema za interijere javnih prostora kao što su trgovine, hoteli i benzinske postaje, stoga je obavezna upotreba protupožarnih materijala. Tvrtka se zalaže već 20 godina kako bi njihov brend bio poznat po kvaliteti i dugotrajnosti diljem Europe. Protupožarni materijali koje se najčešće koriste su vatrootporne iverice, vlaknatice ili se nanose vatrootporni premazi koji zaštićuju materijale. Mjere protupožarne zaštite se primjenjuju svugdje u interijeru gdje se provodi evakuacijski put te na zahtjev kupca.

Vatrootporni premazi se nanose linijskom lakirnicom. Drvni elementi koji se zaštićuju ovom metodom se prije nanošenja fino bruse. Brušenje se provodi zbog bolje kvalitete površine na koju nanosimo premaz. Proces lakiranja na linijskoj lakirnici ima više faza od nanošenja laka do sušenja samog laka prolaskom kroz lakirnicu. Lakirnica je automatizirana i svi parametri se preko računala unose prije samog početka lakiranja, što omogućava ravnomjieran sloj, visoku kvalitetu završne obrade te minimalnu potrošnju premaza. Prvo se nanosi temeljni premaz nakon kojeg se element ponovno brusi te se nakon njega nanosi zaštitni sloj. Nakon prolaska linijom elementi se dodatno suše i egaliziraju na metalnim stalcima.



Slika 16. Prikaz računala lakirnice. Dobiveno iz vlastite arhive.



Slika 17. Prikaz postrojenja lakirnice. Dobiveno iz vlastite arhive.



Slika 18. Prikaz sušenja i egalizacije elementa. Dobiveno iz vlastite arhive.

6. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti kako još uvijek postoje brojne predrasude prema drvu kao građevinskom materijalu, a koje proizlaze iz neznanja. Prema tome potrebno je sustavno obrazovanje stručnjaka u području graditeljstva, posebno u obliku stručnih seminara, skupova i publikacija. Važniji projekti i planovi projekata trebali bi biti predstavljeni široj javnosti kako bi se proširila svijest o svim prednostima koje nudi drvo kao materijal. Najveću takvu promociju mogla bi napraviti lokalna vlast općina, gradova i županija. Novo vrijeme donosi i izazove u kojima znanost i tehnologija omogućuju nove načine upotrebe ovog prirodnog obnovljivog materijala. Gradnja drvom sve više raste, što proizlazi iz potrebe da se smanji emisija CO₂ i količina utrošene energije. Energetska učinkovitost postaje standard, a drvo bi u niskoenergetskoj gradnji trebalo dobiti zasluženo mjesto.

U ovom radu istražili smo zaštitne premaze kao efikasnu metodu zaštite drva od požara. Možemo potvrditi da zaštitni premazi, zahvaljujući svojim specifičnim svojstvima, mogu značajno doprinijeti smanjenju gorivosti drva i povećanju njegove otpornosti na vatru. Znanje o svojstvima drva je omogućilo veliki napredak u razvoju različitih protupožarnih i zaštitnih sredstava, što danas omogućava lakšu i dugotrajniju uporabu drvnih konstrukcija.

U pogonu tvrtke Sobočan d.o.o. vodi se velika pozornost o protupožarnim zahtjevima za opremom interijera u javnim prostorima. Tvrtka u svom proizvodnom procesu koristi vatrootporne drvene ploče, a kao površinsku obradu koristi vatrootporne premaze. Moderna linijska lakirnica znatno povećava kvalitetu nanosa premaza i omogućava velikoserijsko proizvodnju. Također korištenjem lakirnice smanjuje se potrošnja laka, što dovodi do velikih ušteda i profitabilnije proizvodnje. Kao rezultat tome, tvrtka Sobočan d.o.o. ne samo da pruža visoko kvalitetne i estetski privlačne proizvode, već doprinosi sigurnosti i dobrobiti šire zajednice.

7. LITERATURA

1. *** (2014). članak sa Internet stranice: https://hr.wikipedia.org/wiki/Mineralna_vuna, pristupljeno dana 02.07.2024.
2. *** (2018). tekst sa internet stranice: <https://www.betonrez-zagreb.hr/strojno-zbukanje/>, pristupljeno dana 01.07.2024.
3. *** (2019). članak sa internet stranice: <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/9037/820/vatrootporni-premaz-za-drvo-napravljen-od-drveta>, pristupljeno dana 04.07.2024.
4. *** (2022). internet članak sa stranice: <https://www.montazneidrvenekuce.info/brvara-od-balvana-bohor>, pristupljeno dana 01.07.2024.
5. *** (2024). CapaTherm-Holz – tekst sa Internet stranice: https://www.caparol.hr/caparol_pim_import/caparol_hr/products/ti/144647/TI_CapaTherm_Holz_Dammschichtbildner_pigmentiert_innen_W_HR.pdf, pristupljeno dana 06.07.2024.
6. *** (2024). tekst sa internet stranice – Tvrtka Promat. Preuzeto sa: [Početna stranica - Promat](#), pristupljeno dana 01.07.2024.
7. *** (2024). tekst sa Internet stranice: <https://flameoffcoatings.com/intumescent-fire-resistant-paint>, pristupljeno dana 07.07.2024.
8. *** (2024). tekst sa internet stranice: <https://protupozarna-zastita.com/proizvodi/promat-promasil-1000/>, pristupljeno dana 01.07.2024.
9. *** (2024). tekst sa internet stranice: <https://www.pinoles.com/proizvod/fr-mdf-sa-2800x2070x19-e05-carb2>, pristupljeno dana 01.07.2024.
10. *** (2024): tekst sa internet stranice: <https://www.frischeis.hr/shop/ploca/sirova-iverica/sirova-iverica/vatrootporna-sirova-iverica-b-s1--d0~p14865722>, pristupljeno dana 01.07.2024.
11. Bjelanović, A. (2011). Ponašanje drva i drvenih konstrukcija u požaru i otpornost na djelovanje požara, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb. Preuzeto sa [Ponašanje drva i drvenih konstrukcija u požaru i otpornost na djelovanje požara \(crosis.hr\)](#).
12. Hrvatski zavod za norme (2011). HRN EN ISO 9239-1: Ispitivanja reakcije na požar podnih obloga – 1. dio: Određivanje ponašanja pri gorenju uporabom izvora koji zrači toplinu (ISO 9239-1:2010; EN ISO 9239-1:2010).
13. Hrvatski zavod za norme (2019). HRN EN 13501-1: Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru -- 1. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja reakcije na požar (EN 13501-1:2018).
14. Hrvatski zavod za norme (2020). HRN EN 13823: Ispitivanja reakcije na požar građevnih proizvoda – Građevni proizvodi osim podnih obloga izloženi termičkom opterećenju pojedinačno gorućeg elementa (EN 13823:2020).
15. Hrvatski zavod za norme (2020). HRN EN ISO 11925-2: Ispitivanja reakcije na požar – Zapaljivost proizvoda izloženih izravnom djelovanju plamena – 2. dio: Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena (ISO 11925-2:2020; EN ISO 11925-2:2020).
16. Jirouš-Rajković V., Miklečić J.(2009). Usporivači gorenja drva. Pregledni rad. Preuzeto sa: [624f0242-ef6b-4c53-9853-6c32b0b3b7df](https://doi.org/10.624f0242-ef6b-4c53-9853-6c32b0b3b7df), pristupljeno 03.07.2024.

17. Kristić, D. (2023). Vatroodbojni premazi za drvo. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. Preuzeto sa: [c17e80e2-6017-496e-99dd-9c8c32721b75](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.066), pristupljeno dana 06.07.2024.
18. Pajchrowski G., Noskowiak A., Lewandowska A., Strykowski W., (2014). Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings, Construction and Building Materials Preuzeto sa: [https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.066](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41235-7_14), pristupljeno dana 02.07.2024.
19. Sauerbier, P., Mayer, A.K., Emmerich, L., Militz, H. (2020). Fire Retardant Treatment of Wood – State of the Art and Future Perspectives. In: Makovicka Osvaldova, L., Markert, F., Zelinka, S. (eds) Wood & Fire Safety. WFS 2020. Springer, Cham. Preuzeto sa: https://doi.org/10.1007/978-3-030-41235-7_14, pristupljeno dana 02.07.2024.
20. Užar, J. (2013). Drvo – materijal u suglasnosti s prirodom. Tehnical journal 7. Preuzeto sa: [Uzar-Drvo prirodni materijal.pdf](#), pristupljeno dana 02.07.2024.
21. Vrbanus, S. (2022). Prozirni premaz koji drvo čini vatrootpornim – Internet članak sa stranice: <https://www.bug.hr/tehnologije/prozirni-premaz-koji-drvo-cini-vatrootpornim-28723> , pristupljeno dana 01.07.2024.
22. Zanić , L. (2018). Otpornost građevnog drva na djelovanje požara. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Preuzeto sa: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:692412>, pristupljeno dana 01.07.2024.