

# UZROCI POŽARA I EKSPLOZIJA PRI TEHNOLOŠKOM PROCESU OBRADJE DRVA

---

Čačić, Edi

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:631369>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-05**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Edi Čačić

**UZROCI POŽARA I EKSPLOZIJA PRI  
TEHNOLOŠKOM PROCESU OBRADJE  
DRVA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2020

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Edi Čačić

**CAUSES OF FIRE AND EXPLOSION  
DURING TECHNOLOGICAL PROCESS  
OF WOOD PROCESSING**

Final paper

Karlovac, 2020

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i Zaštite

Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Edi Čačić

**UZROCI POŽARA I EKSPLOZIJA PRI  
TEHNOLOŠKOM PROCESU OBRADJE  
DRVA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Robert Hranilović, dipl.ing.

Karlovac, 2020

# ZAVRŠNI ZADATAK



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij Sigurnosti I zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara Karlovac, 2020

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Edi Čačić  
Matični broj: 0415617010

Naslov: UZROCI POŽARA I EKSPLOZIJA PRI TEHNOLOŠKOM PROCESU UBRADJE DRVA

Opis zadatka: Uvodno opisati moguće rizike požara u industriji – preradi drva. Nabrojiti rizike i opasnosti te na kraju zaključak napisati vlastitim riječima. Prilikom pisanja rada koristiti stručnu recenziranu literaturu i pravilno citirati sve izvore.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

.....  
Mentor:

.....  
Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

Ovim putem želim se zahvaliti mentoru koji mi je svojim stručnim znanjem, savjetima i smjernicama olakšao izradu Završnog rada, ali i svima koji su mi na bilo koji način pomogli tijekom izrade Završnog rada.

Također, želim se zahvaliti svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu na suradnji te prijateljima koji su mi pružili nezaboravne trenutke tijekom boravka u Karlovcu.

Na kraju, posebno se zahvaljujem svojoj obitelji, koja mi je omogućila odlazak u Karlovac te podršci koju mi je pružala za vrijeme trajanja studija.

## **SAŽETAK**

Cilj uvodnog dijela ovoga rada je opisati drvo kao prirodni materijal koji u sebi krije veliku potencijanu moć gorenja i kao takav stvara velike probleme prilikom tehnološkog procesa obrade glede nastanka i širenja požara. Primarni cilj istraživanja je prikazati moguće uzoroke požara i tehnološke eksplozije za vrijeme trajanja cijelovitog tehnološkog procesa obrade drva; od zapremanja trupaca do finalne obrade drvnih produkata. U sklopu glavnog dijela rada, prikazan je niz preventivnih mjera koje je potrebno kontinuirano provoditi, s ciljem minimalne mogućnosti nastanka požara i eksplozija u takvoj vrsti tehnološkog procesa.

Ključne riječi: drvo, gorenje, tehnološki proces, požar, eksplozija, preventivne mjere

## **ABSTRACT**

The aim of the introductory part of this paper is to describe wood as a natural material that hides a great potential burning power and as such creates problems during the technological process of processing regarding the occurrence and spread of fire. The primary goal of the research is to present possible causes of fires and technological explosions during the entire technological process of wood processing; from log sealing to final processing of wood products. Preventive measures are presented as part of the main part of the paper and that need to be implemented continuously, with the aim of minimizing the possibility of fires and explosions in this type of technological process.

Key words: wood, burning, technological process, fire, explosion, preventive measures

# SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD .....	1
1.1. Drvo.....	1
1.1.1. Struktura .....	2
1.1.2. Kemijski sastav .....	2
1.2. Gorenje drva .....	3
1.2.1. Zapaljive krute tvari .....	3
1.2.2. Uvjeti potrebni za gorenje.....	4
1.2.3. Proces gorenja.....	5
2. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA .....	6
2.1. Zapremanje trupaca .....	6
2.2. Pilanska obrada .....	6
2.3. Sušenje piljene građe .....	7
2.4. Fina strojna i ručna obrada .....	7
2.5. Lakiranje .....	7
2.6. Skladištenje gotovih proizvoda .....	8
3. UZROCI POŽARA I EKSPLOZIJA PRI TEHNOLOŠKOM PROCESU .....	9
3.1. Stovarište trupaca .....	9
3.2. Pilana .....	10
3.3. Sušara piljene građe .....	14
3.4. Pogon strojne i ručne obrade .....	18
3.4.1. Eksplozija prašine .....	19
3.5. Lakirnica .....	26
3.5.1. Skladište zapaljivih tekućina .....	28
4. ZAKLJUČAK .....	30
5. LITERATURA .....	31
6. PRILOZI .....	32
6.1. Popis slika.....	32
6.2. Popis tablica .....	32



# 1. UVOD

Prerada drva je industrijska djelatnost koja obuhvaća; proizvodnju piljene građe, željezničkih pragova, sječenoga drva i iverja, sušenje građe te impregnaciju drva, proizvodnju nesastavljenoga materijala za podove (parket, brodski pod i sl.), drvne vune i drvnoga brašna, proizvodnju furnira, šperploča, panel-ploča, iverica i drugih panela i ploča, proizvodnju građevne stolarije (vrata, prozori, stubišta, ograde, grede, traverze, krovne konstrukcije), itd. [1]

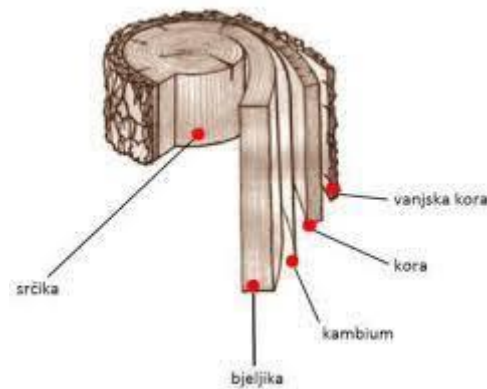
U ovoj vrsti industrijske djelatnosti postoji velika opasnost od nastanka požara i eksplozija. Svako neželjeno i nekontrolirano gorenje nazivamo požarom koji za posljedicu ima uništavanje materijalnih dobara i ugrožavanje ljudskih života.

## 1.1. Drvo

Drvo je drvenasta biljka kojoj je nadzemni dio visok najmanje 5 m, a grana se i stvara krošnju tek na određenoj visini debla. Deblo je središnji nosač stabla; ono se u nekih vrsta drveta nalazi i u samoj krošnji sve do vrha, a u nekih se gubi već na početku krošnje. Oblik krošnje ovisi o broju, dužini, poretku i smjeru izbojaka. Ona se mijenja prema tome je li drvo raslo na osami, u rijetkoj ili u gustom šumi. Rast stabla razlikuje se u pojedinim vrsta s obzirom na brzinu, visinu i debljinu. Unutar jedne vrste brzina rasta ovisi o klimatskim uvjetima, tlu, položaju i dr. Visina stabla ovisi o uvjetima staništa. Pojedine vrste drveta razlikuju se i po obliku korijenja. U nekih vrsta razvija se jak glavni korijen, u nekih se korijen pravilno razgranjuje, a u nekih se razvija slab glavni korijen i jako postrano površinsko korijenje. Po obliku lista razlikuje se lisnato (bjelogorično), ljuskavo i igličasto (crnogorično), a po trajanju lista trajno (vazdazeleno) i listopadno drveće.

### 1.1.1. Struktura

Osnovni element građe drva je stanica. Živa stanica drva sastoji se od membrane i sadržaja – protoplazme. Kada stanica obamre, postupno nestaje njezin sadržaj; ostaju samo stijenke (membrane), koje su odrvenjele i odebljale, i šupljina stanice (lumen), ispunjena vodom ili zrakom. Membrana stanice sastavljena je od pet slojeva: središnje lamele, primarne stijenke, vanjskoga sloja sekundarne stijenke, središnjega sloja sekundarne stijenke i tercijarne stijenke. Elementi strukture drva (slika 1.) dijele se na one koji služe fiziološkom zadatku (hranjenju, spremanju rezervnih tvari, izlučivanju sekreta) i na one koji imaju mehaničke zadatke (čvrstoća, krutost).



Slika 1: Struktura drva

### 1.1.2. Kemijski sastav

Sastojci drvene tvari mogu se kemijski klasificirati:

- ugljikohidrati (celuloza, hemiceluloze, odnosno polioze drva)
- fenolne tvari (lignin)
- terpeni i njima srodni sastojci (karakteristični za crnogoricu),
- alifatske kiseline
- alkoholi
- proteini
- anorganske tvari

## 1.2. Gorenje drva

### 1.2.1. Zapaljive krute tvari



Slika 2: Klasa "A" - zapaljive krute tvari

Gorenje krutih tvari ovisi o njihovom kemijskom sastavu, pri čemu razlikujemo:

- gorenje uz pirolizu
- gorenje uz promjenu agregatnog stanja
- direktno gorenje

Piroliza se definira kao kemijska razgradnja pod djelovanjem topline. Čvrste tvari kod gorenja uz pirolizu počinju gorenje bez promjene agregatnog stanja, ali pri zagrijavanju, odnosno prije početka sagorijevanja mijenja im se kemijski sastav uslijed termičkog razlaganja. Gorenje uz pirolizu odnosi se na krutine koje gore plamenom i žarom. Žar nakon gorenja postaje pepeo. Tako gore razni organski materijali kao npr. drvo, papir, koža, tekstil i dr. [2]

Gorenje uz promjenu agregatnog stanja odnosi se na krutine koje zagrijavanjem najprije prelaze u tekuće, a zatim iz tekućeg u plinovito stanje, ne mijenjajući pri tom svoj kemijski sastav. Tek na visokim temperaturama dolazi do kemijskog razlaganja, miješanja s kisikom, zapaljenja i gorenja. (npr. čisti parafin i voskovi).

Direktno gorenje odnosi se na krutine koje gore samo žarom, bez plamena. Tako gore kruti elementi i metali. Metali gore s visokim temperaturama, npr. gorenje aluminija i magnezija se odvija na 3900°C.

## 1.2.2. Uvjeti potrebni za gorenje

Gorenje je proces oksidacije pri kojem se kisik spaja sa gorivom tvari uz oslobađanje topline (plamen), toplinske i svjetlosne energije.

Za nastanak gorenja potrebno je ispuniti tri uvjeta: gorivu tvar, kisik i toplinu. Obično se ova tri uvjeta pokazuju grafički u obliku istostraničnog trokuta (slika 3.) koji se zove "požarni trokut" u kojemu svaka od stranica predstavlja po jedan od uvjeta za gorenje. [3]



Slika 3: "Trokut gorenja"

Zapaljive ili gorive tvari susrećemo u prirodi u obliku elemenata ili kemijskih spojeva no mogu biti i razne mješavine elemenata i spojeva. Kemijski spojevi su tvari koje se mogu rastaviti na dvije ili više novih, različitih, jednostavnih tvari. Elementi su tvari koje se više ne mogu rastaviti na još jednostavnije tvari (kisik, vodik, sumpor, ugljik, itd.) Karakteristično kemijsko svojstvo kisika je njegova sposobnost da se na povišenoj temperaturi spaja s mnogim tvarima te tako podržava proces gorenja. Za početak procesa gorenja potrebna je stanovita količina topline, a kada je tvar ugrijava do odgovarajuće temperature, počinje brzo spajanje te tvari s kisikom, tj. tvar počinje gorjeti.

### 1.2.3. Proces gorenja

Kod gorenja organskih krutih tvari, u ovom slučaju drva, događa se niz kemijskih promjena. Organska tvar se jednim dijelom raspada u jednostavnije kemijske spojeve, dok se preostali njezin dio obogaćuje ugljikom. Ti su procesi slični procesima koji nastaju suhom destilacijom drva i ugljena.

Gorenje drva na zraku provodi se prethodnim sušenjem, raslojavanjem i sublimacijom hlapivih tvari koje sa zrakom stvaraju upaljive smjese. Te smjese gore homogenim difuznim plamenom. Pri tome su male čestice ugljika uvučene u strujanje zraka. Neke od tih čestica gore plamenom, dok druge stvaraju dim. Tvrdi ostatak ugljena, dobiven nakon raspadanja i hlapljenja gori žarom.

Gorenje se odvija u dvije faze. U prvoj fazi dolazi do zagrijavanja drva, isparavanja vlage i smole, kapilarne i apsorbirane vode, kao i do određenog razlaganja drva i promjene njegove boje. Drugu fazu karakterizira ubrzani proces razlaganja sa izdvajanjem topline kao i isparavanja produkata raspadanja. Detaljniji prikaz procesa gorenja drva prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1: Proces gorenja drva

TEMPERTURA U °C	POS LJEDICE POVEĆANJA TEMPERATURE
do 110	<ul style="list-style-type: none"><li>• postupno isparavanje vlage i smole</li></ul>
110 – 115	<ul style="list-style-type: none"><li>• isparavanje kapilarne i apsorbirane vode</li><li>• razlaganje drva i promjena boje</li></ul>
150 – 200	<ul style="list-style-type: none"><li>• pojava nezapaljivih produkata razlaganja: vode i ugljikovog dioksida</li></ul>
>200 – 300	<ul style="list-style-type: none"><li>• počinje se razlagati celuloza i lignin</li></ul>
oko 270 – 275	<ul style="list-style-type: none"><li>• temperatura paljenja (hrast, bukva, jela, bor)</li></ul>
400 – 450	<ul style="list-style-type: none"><li>• završen proces razlaganja drva i izdvajanja zapaljivih plinova</li><li>• drvo pougljeni</li></ul>
500	<ul style="list-style-type: none"><li>• izgaranje ugljena odvija se znatnom brzinom</li></ul>

## **2. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA**

### **2.1. Zapremanje trupaca**

Tehnološki procesi se razlikuju prema opremljenosti pojedinih pogona, stoga će se prikazati klasičan primjer tehnološkog procesa (slika 4.) u jednom prosječno opremljenom pogonu. Istovar trupaca predstavlja početak proizvodnje. Trupci se najčešće dopremaju kamionima, a za skladištenje se koriste veći slobodni prostori na otvorenom koji su dovoljno udaljeni od proizvodnih objekata. Trupci se sortiraju prema vrstama i nakon određenog vremenskog razdoblja započinje faza obrade. [4]

### **2.2. Pilanska obrada**

Trupci moraju biti sortirani po promjeru jer to olakšava skidanje kore na stroju za skidanje (guljenje) kore. Nakon skidanja kore svi trupci transportiraju se uzdužnim transporterom. Sljedeća faza je piljenje gdje se automatski mjeri dužina trupaca. Nakon toga, na posebnom uređaju, trupci se usmjeravaju u položaj najpovoljniji za piljenje. Usmjereni trupci fiksiraju se u liniji piljenja posebnim hvataljkama u kojima se nalazi mehanizam za automatsko mjerenje promjera trupaca. Na osnovu informacija o kvaliteti, dužini i promjeru, elektronički centar pilane utvrđuje optimalni program piljenja za svaki pojedini pilanski trupac. U prizemlju pilanskog trijema prerađuju se pilanski otpaci – okorci i okrajci. Na ispiljenoj građi automatski se mjeri debljina i na osnovu te debljine i informacije o kvaliteti, koju daje elektronički centar pilane, vrši se automatsko sortiranje ubacivanjem piljene građe kroz odgovarajuće otvore (žljebove, kanale) na uzdužni transporter.

### **2.3. Sušenje piljene građe**

Pod sušenjem drva podrazumijeva se smanjivanje sadržaja vode u njemu uz pomoć topline i to na takav način da mu se ne pogoršava kvaliteta. Drvo se najviše suši toplim vlažnim zrakom. Sušenje drva dijeli se na prirodno sušenje i sušenje u sušionici (umjetno, tehničko) iako su za oba načina sušenja mjerodavni isti faktori: temperatura, relativna vlaga i brzina strujanja zraka. U sušionici ti se faktori mogu po potrebi mijenjati, a u prirodnom sušenju to nije moguće. Sušenjem se smanjuje težina drva, okončava se utezanje i pucanje koje ga prati, drvo se štiti od gljiva, povećava mu se čvrstoća i tvrdoća, osposobljava se za impregnaciju, poboljšavaju mu se toplinska i električna svojstva, osposobljava se za površinsku obradu i lijepljenje, postaje sposobnije za gorenje ako je namijenjeno upotrebi kao gorivo. [5]

### **2.4. Fina strojna i ručna obrada**

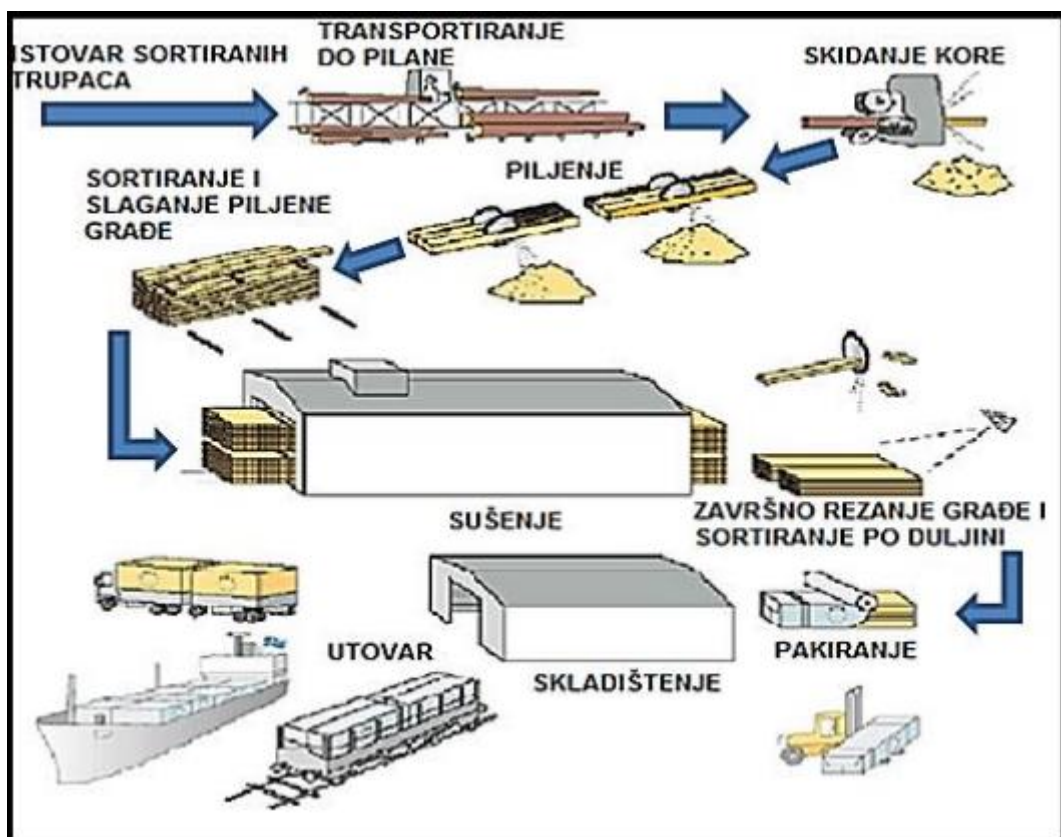
Grubo obrađeni elementi dobivaju finalni oblik postupcima blanjanja, profiliranja, tokarenja i brušenja. Fina strojna obrada objedinjuje najveći broj strojeva; od jednostavnih pa sve do CNC strojeva. Tu spadaju razne vrste brusilica i glodalica, blanjalice, linije poluautomatskog i automatskog tokarenja i brušenja te još veliki niz pomoćnih strojeva u pogonskim procesima. Elementi se slažu na palete i viličarima transportiraju u namjensko skladište.

### **2.5. Lakiranje**

Nakon mehaničke obrade, slijedi kemijska obrada – lakiranje. Lakirnica je pogon završne obrade gotovih proizvoda. Bojanje je bazirano na vodenim otopinama boja, a lakiranje zahtjeva smjesu laka, katalizatora i razrjeđivača. Uz osnovne kemikalije dodaju se i razni aditivi.

## 2.6. Skladištenje gotovih proizvoda

Skladištenje je planirana aktivnost kojom se gotovi proizvodi dovode u stanje mirovanja. Najčešće aktivnosti skladišnog procesa su; istovar i preuzimanje gotovih proizvoda, kontrola, sortiranje, paletizacija i depaletizacija, čuvanje, zaštita i održavanje proizvoda, otpis i inventura proizvoda, upravljanje skladištem, itd. [6]



Slika 4: Prikaz tehnološkog procesa piljenja



### 3. UZROCI POŽARA I EKSPLOZIJA PRI TEHNOLOŠKOM PROCESU

#### 3.1. Stovarište trupaca

Opasnost od nastanka požara na stovarištima je minimalna, jer se trupci nalaze na otvorenom prostoru i velikih su dimenzija te u sebi sadrže veliki postotak vlage, pa se kao takvi ne mogu lako zapaliti i nastaviti gorjeti. Bez obzira na prethodne činjenice, važno je poduzeti određene preventivne mjere zaštite od požara odmah pri istovaru trupaca. Stovarište treba biti dovoljno udaljeno od svih pogona, skladišta ili bilo kojih drugih objekata kako bi se spriječio eventualni prijenos požara. "Pakete" trupaca potrebno je rasporediti, tj. složiti ih na više manjih hrpa, a ne na jednu veliku hrpu, jer se na taj način smanjuju eventualni materijalni gubici te potencijalni prijenos i žestina požara. Potrebno je ostaviti dovoljno prostora između "paketa" trupaca, te ih održavati čistima i prohodnima, jer će upravo ti prolazi omogućiti pristup vatrogasnim vozilima u slučaju požara (slika 5.).



Slika 5: Prolaz između trupaca

### 3.2. Pilana

Opasnost od nastanka i širenja požara u pilanama je velika, jer se prilikom piljenja trupaca ispod i oko stroja za piljenje gomilaju znatne količine piljevine (slika 6.) i krupnih drvnih otpadaka – okoraka (slika 7.).



Slika 6: Piljevina kod stroja



Slika 7: Okorci - krupni drvni otpad

Jedna od posljedica naglog razvoja tehnologije jest razvoj strojeva za obradu drva, koji u kratkom vremenskom periodu obrađuju velike količine drvene mase i samim time stvaraju velike količine prethodno spomenutog drvnog otpada. Problem nakupljanja piljevine, okoraka, ili neke druge vrste drvnog otpada rješava se redovitim čišćenjem strojeva i radne okoline te pravilnim zbrinjavanjem, odnosno skladištenjem u silose ili na otvorenom prostoru izvan pogona. Ukoliko se nakupine drvnog otpada ne uklone (slika 8.) i dozvoli se daljnje gomilanje unutar pogona, povećava se opasnost od nastanka i širenja požara.



Slika 8: Nakupina drvnog otpada unutar pogona

Najčešći uzroci nastanka požara u pilanama su iskre mehaničkog ili električnog porijekla, ljudski čimbenik i neispravne električne instalacije. Trupci koji se pile i otpad koji nastaje uslijed piljenja sadrže veliki postotak vlage, jer nisu prošli kroz proces sušenja, što znači da teže dolazi do zapaljenja i daljnjeg gorenja krupnog otpada i eksplozije prašine. Vlažna piljevina je teža od suhe, pa se kao takva taloži na bilo koju čvrstu površinu, te samim time ne može doći do vitlanja i lebdenja sitnih čestica drvene prašine u zraku što je osnovni preduvjet za eksploziju. Nataloženu piljevinu potrebno je ukloniti prije nego što se osuši!

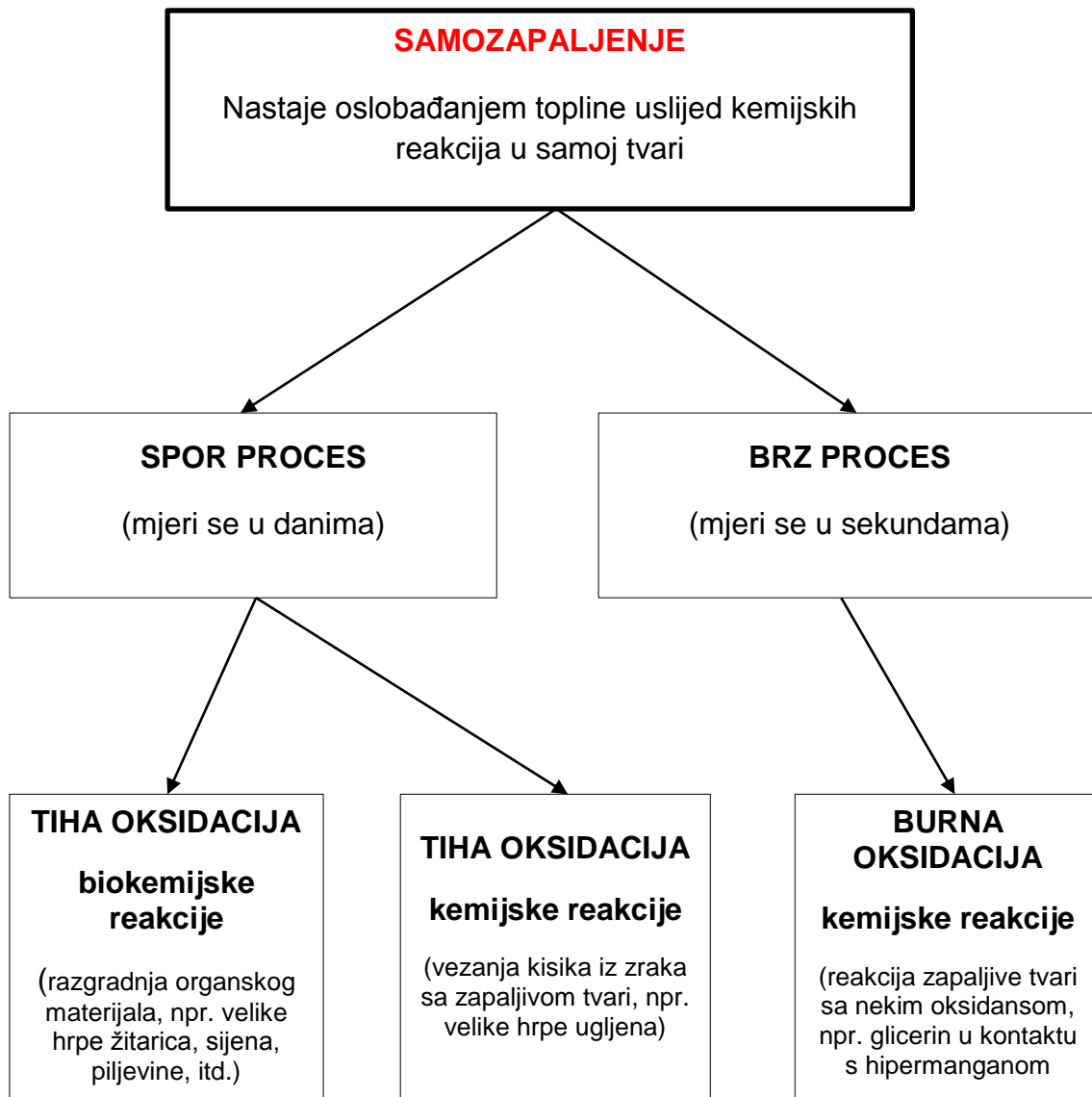
Iskre električnog porijekla, ljudski čimbenik i neispravne električne instalacije su izvori požarnih opasnosti koji su konstantno prisutni u svim tehnološkim procesima te najveću opasnost predstavljaju u pogonima strojne i ručne obrade, sušarama, lakirnicama i skladištima, stoga će se oni detaljnije opisati u nastavku!

Kada se nezbrinuti drveni otpad dovoljno osuši, najveću prijetnju glede nastanka i širenja požara u pilanama predstavljaju iskre mehaničkog porijekla koje nastaju kao posljedica trenja i udara. Unutar, tj. ispod površine trupaca, često se nalaze metali koji su zarasli u deblu i nisu vidljivi (npr. komadi eksplozivnih projektila i razne vrste streljiva kao posljedica ratnih djelovanja) te u dodiru s pilom, pri velikom zaokretnom momentu tvore iskre, a istovremeno dolazi do trganja sitnih djelića metala koji imaju dovoljno visoku temperaturu (iskra čelika prelazi 1850 °C) da mogu izazvati paljenje drvnog otpada. Ta se temperatura naziva temperatura pripaljivanja koja se definira kao proces izgaranja gorive tvari prinošenjem nekog lokalnog izvora energije paljenja. Iskre može izazvati i korištenje obuće sa potkovicama, udar metalnog alata (slika 9.) od pod, itd.



Slika 9: Poluga za obaranje i okretanje trupaca

Drvena piljevina se može upaliti procesom zapaljenja, odnosno dovođenjem topline iz nekog vanjskog izvora, ali postoji mogućnost razvoja procesa samozapaljenja do kojega dolazi uslijed oslobađanja topline od kemijskih reakcija u strukturi same tvari. Samozapaljenje je rjeđi uzročnik požara od zapaljenja, međutim ne može ga se potpuno zanemariti. [7]



Do samozapaljenja gorive tvari može doći sporim procesom oksidacije (tiha oksidacija) ili brzim procesom oksidacije (burna oksidacija).

Spor proces odvija se kada su određene vrste gorive tvari pohranjene u debelim slojevima, tj. velikim naslagama materijala. Tada može doći do razgradnje tvari kemijskom oksidacijom ili biokemijskim procesom uz oslobađanje topline (egzotermne kemijske reakcije). Ako se radi o velikim naslagama, tada razvijena toplina ostaje unutar tvari što uzrokuje porast temperature i dovodi do zapaljenja.

Biokemijski proces samozapaljenja tihom oksidacijom odvija se u dvije faze. U prvoj fazi tvar se samozagrijava mikrobiološkim procesima (truljenje, klijanje i sl.) do temperature koje uzrokuje njihovo prekidanje (oko 70°C). Ako se pri tim temperaturama stvore povoljni uvjeti, daljnje samozagrijavanje nastavlja se oksidacijskim procesima s kisikom iz zraka do temperature kada se počinje pojavljivati žar (npr. silosi žitarica).

Da bi se spriječilo samozapaljenje tihom oksidacijom, bilo kemijskim ili biokemijskim procesom, hrpe zapaljivih materijala potrebno je razgrtati kako bi se oslobodila nakupljena toplina u njihovom središtu i samim tim spustila temperatura ispod granice zapaljivosti.

### 3.3. Sušara piljene građe

Kao što je prethodno opisano, proces sušenja piljene građe može se odvijati prirodnim putem na otvorenom prostoru (slika 10.) i u zatvorenom prostoru – sušarama (slika 11.).



Slika 10: Piljena građa na otvorenom prostoru

Mogućnost nastanka požara na buntovima piljenje građe koji se nalaze na otvorenom prostoru je minimalna, slično kao i na stovarištima trupaca, samo što je ispiljena drvena građa manjih dimenzija, pa se kao takva može lakše zapaliti. Piljena građa je u stanju mirovanja, tj. nad njom se ne vrši tehnološki proces, a eventualni uzrok požara može biti namjerno potpaljivanje plamenom ili prijenos požara sa okolnog zapaljivog materijala (suha trava, drvni otpaci i sl.)

Da bi se izbjegao prijenos požara, buntove piljenje građe koji se suše najbolje je postaviti na betonskoj, asfaltnoj ili nekoj drugoj vrsti podloge preko koje se ne može prenijeti eventualni požar. Ako se buntovi nalaze na travnatoj ili nekoj sličnoj zapaljivoj podlozi, prostor u krugu i između njih mora biti redovito kontroliran i održavan (zbrinjavanje suhe trave, otpadaka, smeća. itd.)

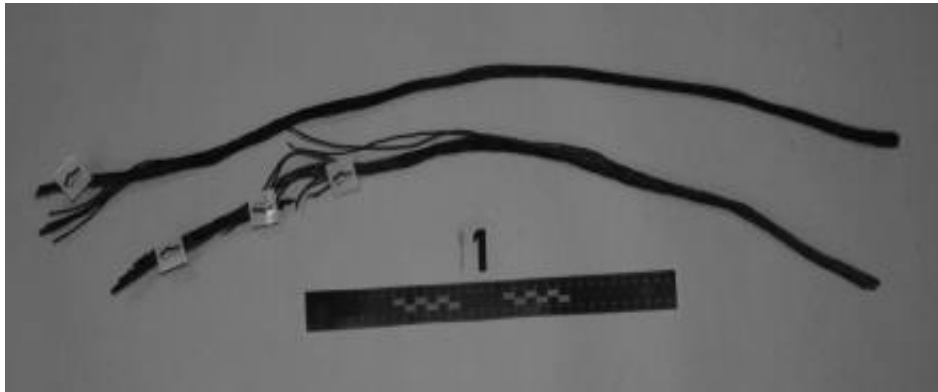
Uz ljudski čimbenik, najčešći uzrok požara u sušarama, kao i svim ostalim pogonima u kojima se koriste sustavi (u ovom slučaju sustav sušenja), strojevi, alati ili rasvjetna tijela za čiji je rad neophodna električna energija su iskre električnog porijekla, odnosno kvar električnih instalacija, a rjeđi uzrok je eksplozija parnog kotla za pripremu vruće pare.



Slika 11: Sušara piljene građe

Električna iskra nastaje u slučaju kratkog spoja ili prilikom normalnog rada pojedinih tipova elektromotora; iskrenjem u električnim instalacijama (vodovima, utičnicama), preopterećenjem osigurača, zbog loše izvedbe ili nemarnog održavanja električnih instalacija, itd. [8]

Kratki spoj je pojava koja nastaje u električnim mrežama u kojima dolazi do međusobnog spajanja preko malog otpora bilo koje točke različitih faza električnog strujnog kruga. Ukupan otpor električnog strujnog kruga u trenutku kratkog spoja naglo se smanjuje, a znatno povećava jačinu struje. Najčešća pojava kratkog spoja je rastaljeni vodič (slika 12.) čija temperatura može iznositi 1500 – 4000 °C. Ovo taljenje u većini slučajeva ima izgled kuglica nastalih taljenjem metala vodiča (slika 13).



Slika 12: Rastaljeni vodič



Slika 13: Kuglice na vrhu vodiča



Da bi se mogućnost nastanka požara uzrokovanih kvarovima električnih instalacija svela na minimum, potrebno je poduzeti mjere već pri samom planiranju i projektiranju pogona; odabir i ugradnja odgovarajućih vodova, rasvjetnih tijela i ostale opreme, itd. Ispod prekidača, utičnica, razvodnih kutija i sl. ne smije biti postavljena podloga koja je zapaljiva. Ukoliko vodiči prolaze kroz zid, mjesta takvih prijelaza moraju biti štíćena vatrozaustavnim bubrećim materijalima koji sprječavaju prijenos požara kroz te otvore, itd.

Požari uzrokovani kvarom električnih instalacija su česti i nepredvidivi, čak i ako su zadovoljene sve mjere preventivne zaštite od požara već pri projektiranju električnih instalacija, stoga je potrebno provoditi pravovremeno pregledavanje i održavanje, kako bi se uklonili eventualni kvarovi i nedostaci.

Određene vrste sušara koriste kotlovnice (slika 14.) u kojima se priprema vruća para za sušenje drvne građe. Da bi se kotlovi zagrijali do određene temperature, najčešće se koristi drveni otpad koji je nastao u pilani i pogonu strojne i ručne obrade.



Slika 14: Kotlovnica

Eksplozija kotla je posljedica nadtlaka (povećanog tlaka u posudi), koji deformira i razbija stijenke posuda. Uzrok tomu je najčešće loš odabir materijala od kojeg je posuda napravljena, koji smanjuje otpornost stijenki na utjecaj nadtlaka. [9]

### 3.4. Pogon strojne i ručne obrade

Uz lakirnicu, pogon strojne i ručne obrade predstavlja najveću opasnost glede nastanka požara i eksplozije. Drvna građa je suha, a daljnjom obradom (rezanje, brušenje, bušenje, skraćivanje, itd.) nastaje suhi drvni otpad (slika 15.) za čije je paljenje potrebna minimalna inicijacija. Uz to, još veća opasnost prijeti od zapaljenja nataložene prašine i eksplozije prašine.



Slika 15: Suhi drvni otpad

Uz iskre mehaničkog i električnog porijekla, kvarove na električnim instalacijama i namjerno potpaljivanje požara (ljudski čimbenik) koji su prethodno opisani, najčešći uzrok požara u pogonu strojne i ručne obrade su zagrijane površine strojeva i alata koji se koriste te pojava statičkog elektriciteta.

Bušilice, brusilice, pile i ostali alati prilikom korištenja uzrokuju zagrijavanje (trenje između dodirnih površina) materijala. Svako čvrsto tijelo, neovisno dali je u pitanju stroj ili alat, koje je zagrijano do neke temperature može biti izvor paljenja. Mnogi od njih u normalnim uvjetima rada ne dostižu temperaturu paljenja zapaljivog materijala, međutim, ta prividna bezopasnost čini ih veoma opasnim. Kod dužeg zadržavanja zapaljive smjese na zagrijanoj površini može doći do reakcije, pri čemu nastaju lakše zapaljivi produkti koji uzrokuju požar. Do takve pojave dolazi uslijed nepažnje, nemara ili nepravilnog korištenja.

Zapaljenje nataložene prašine čest je slučaj prilikom tehnološkog procesa. Unatoč maksimalnom pročišćavanju, uvijek zaostane izvjesna količina prašine koja se s vremenom nataloži na okolne alate i strojeve. Za procjenu opasnosti od zapaljenja nataložene prašine služi temperatura tinjanja (tabela 2.). Temperatura tinjanja neke prašine je najniža temperatura zagrijane podloge na kojoj se upali, odnosno počinje tinjati sloj prašine debeo 5 mm.

Tabela 2: Temperature tinjanja i samopaljenja nekih prašina

<b>VRSTA PRAŠINE</b>	<b>TEMPERATURA TINJANJA NATALOŽENE PRAŠINE (°C)</b>	<b>TEMPERATURA SAMOPALJENJA NATALOŽENE PRAŠINE (°C)</b>
aluminij	320	590
željezo	240	430
raženo brašno	325	440
kakao	245	460
drvo	325	450

Statički elektricitet nastaje kao popratna pojava nekih ljudskih aktivnosti i može biti uzročnikom požara ili eksplozije. Događa se u najrazličitijim proizvodnim uvjetima; kod remenskog prijenosa vrtnje i transportnih traka, kod odmatanja i prematanja materijala, kod mljevenja, drobljenja i prešanja nekih tvari, kod filtriranja zraka i plinova, itd. Nastaje zbog dodira ili uzajamnog djelovanja (trenja) normalno neutralnih tijela.

### **3.4.1. Eksplozija prašine**

Da bi se kvalitetnije shvatio način nastanka eksplozije prašine, potrebno je pobliže objasniti osnove koje su vezane za prašinu i eksploziju.

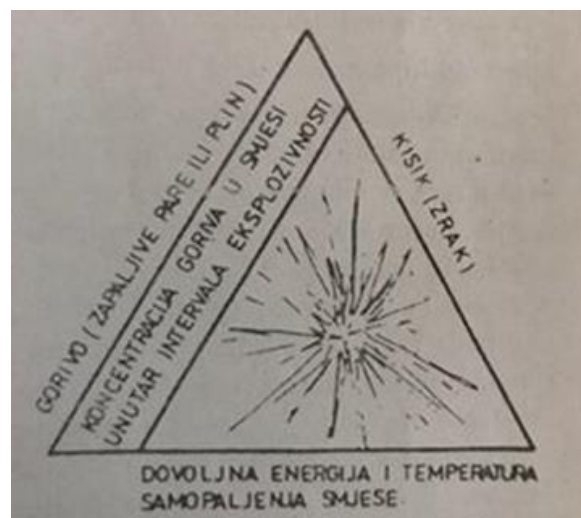
Eksplodija je trenutno oslobađanje energije popraćeno naglom eksplozijom plinova ili para, bez obzira jesu li ti plinovi ili pare već prije eksplozije bili nazočni u stlačenom obliku (eksplozija parnog kotla) ili su tek u eksploziji nastali kao produkt trenutnog izgaranja eksplozijske smjese ili raspada na eksplozivne tvari.

Eksplodije su često uzroci ili posljedice početnih požara ili nesreća. Eksplozijama su posebno ugroženi pogoni koji proizvode, prerađuju ili skladište zapaljive plinove i tekućine, te pogoni za proizvodnju i skladištenje eksplozivnih tvari.

Eksplodijske smjese mogu tvoriti gorive tvari u sva tri agregatna stanja ukoliko su dobro pomiješana se zrakom odnosno kisikom. Dakle, eksplozivne smjese mogu tvoriti; zapaljivi plinovi, pare zapaljivih tekućina ili zapaljive organske i anorganske prašine.

Nastanak i zapaljenje eksplozivnih smjesa moguće je samo u određenim uvjetima (slika 16.), unutar određenih granica, kao što su:

- određeni koncentracijski omjer zapaljive tvari i zraka ili neke druge tvari koja podržava gorenje
- apsolutni tlak plinovite smjese
- apsolutna temperatura smjese
- temperatura izvora energije paljenja koja je znatno iznad temperature samopaljenja određene smjese
- energija paljenja



Slika 16: Nužni uvjeti eksplozije

Proces eksplozije odvija se u tri osnovna dijela:

1. paljenje (inicijacija) smjese
2. odvijanje lančanih reakcija eksplozijskog izgaranja smjese
3. gašenje lančanih reakcija eksplozijskog izgaranja smjese

Prema nastanku razlikujemo tri vrste eksplozija:

- fizikalna eksplozija (npr. prethodno opisani parni kotao)
- nuklearna eksplozija
- kemijska eksplozija

Nuklearna eksplozija posljedica je vezanja protona i neutrona u jezgri atoma (fuzija) ili bombardiranja radioaktivne jezgre neutronima (fisija). Da bi se ova energija oslobodila, treba razbiti jezgru atoma. Proces razbijanja (bombardiranja jezgre neutronima) naziva se fisija, a dokazan je na jezgri urana. Fuzija je proces spajanja elementarnih čestica. Da bi došlo do spajanja, potrebna je velika kinetička energija čestica, jer se moraju savladati potencijalne prepreke jezgara. Da bi između dva protona došlo do reakcije fuzije, potrebna je energija od 0,1 MeV (megaelektronvolt, jedinica za energiju koja je 10<sup>6</sup> puta veća od elektronvolta), a to znači da je potrebna vrlo niska temperatura. Eksplozija hidrogenske bombe prva je reakcija nuklearne fuzije na Zemlji.

Kemijska eksplozija je proces za koji je znakovito vrlo brzo oslobađanje unutarnje kemijske energije u tvari u obliku toplinske energije. Oslobođena toplinska energija dovodi do jakog zagrijavanja produkata reakcije, koji su najvećim dijelom plinovi. Ako sustav može mijenjati obujam, produkti reakcije počinju se naglo širiti te se jedan dio razvijene topline pretvara u mehanički rad. Sve tvari koje se suprotstavljaju toj ekspanziji, dakle i susjedni slojevi zraka, izloženi su djelovanju naglo povećanog a često i vrlo visokog nadtlaka. Pored egzotermnosti i velike brzine reakcije, uvjet za njezinu eksplozivnost je i to da se ona spontano širi u eksplozivnoj smjesi, nakon što je počela inicijaciju na jednom mjestu.

Glede brzine izgaranja u razrijeđenoj fazi razlikujemo tri moguće vrste eksplozija:

1. prasak – brzina se mjeri cm/s
2. deflagracija – brzina se mjeri u m/s
3. detonacija – brzina se mjeri u km/s

Prasak je veoma spora i slaba eksplozija, koja se odvija s umjerenim nadtlakom, snažnim (dugotrajnim) plamenom i slabim šumom. To npr. može biti smjesa plina ili pare, prašine ili maglice gorivih tvari sa zrakom u blizini njene donje i gornje granice zapaljivosti.

Deflagracijska eksplozija je brzi proces izgaranja uz naglo oslobađanje topline i stvaranje većeg nadtlaka. Pri tome se najčešće javlja kratkotrajan intenzivan bljesak i zvučni prasak. To mogu biti zapaljivi plinovi, pare, maglice i prašine pomiješani u određenoj smjesi sa zrakom.

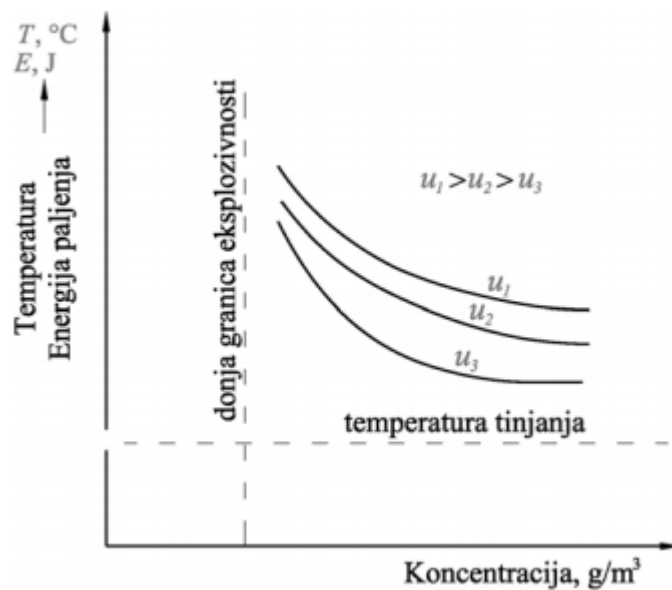
Detonacija je najbrža eksplozija koju prati oštar kratkotrajan i vrlo jak zvučni, svjetlosni, rušeci, a nerijetko i razarajući nadtlak. To mogu biti zapaljivi plinovi i pare pomiješani u najpovoljnijim omjerima sa zrakom ili kisikom.

Smjesa neće eksplodirati, ako je sadržaj gorivog plina, pare, maglice ili prašine u smjesi sa zrakom, u određenim uvjetima tlaka i početne temperature, manji od najmanje potrebne količine za nastanak zapaljenja i eksplozije (tzv. DGE – donja granica eksplozivnosti) ili veći od najveće količine koja se u smjesi sa zrakom može zapaliti (tzv. GGE – gornja granica eksplozivnosti). U tabeli 3. navedene su donje granice eksplozivnosti za neke vrste prašina.

Tabela 3: Donje granice eksplozivnosti za neke vrste prašina

<b>TVAR U OBLIKU PRAŠINE</b>	<b>DONJA GRANICA EKSPLOZIVNOSTI (g/m<sup>3</sup>)</b>
Drvo	30-65
Aluminij	25
Guma	30
Pamuk	50
Prašina ljuštura žitarica	30-65
Šećer	15

Temeljni podatak za utvrđivanje DGE jest koncentracija uzvitrane prašine u zraku mjerena u  $\text{g/m}^3$ , kao što to prikazuje dijagram (slika 17.). Prema prikazu u dijagramu, krupnoća zrna ( $u$ ) znatno utječe na uvjete paljenja, ali bitno ne pomiče granice eksplozivnosti. Novija istraživanja ukazuju na to da se najmanja energija paljenja vrlo fine (mikronske) prašine približava vrijednostima za plinove i pare. Naime, najmanja energija paljenja odstupa znatnije samo ako krupnoća zrna dostiže vrijednosti koje već otežavaju vitlanje prašine u zraku, pa se ona lakše taloži. [10]



Slika 17: Granice eksplozivnosti

Svaka eksplozija prašine odvija se u dvije međusobno povezane faze. U prvoj fazi plamenom se upali izvjesna količina najfinijih čestica prašine. Razvijena toplina izaziva pojavu isplinjavanja i suhe destilacije uz izdavanje gorivih produkata. U drugoj fazi se gorivi produkti nakupljaju i zapale, te se taj proces ponavlja velikom brzinom i u vrlo kratkim vremenskim razmacima. Tako se prašina koja kruži dalje, pali vlastitim razvojem topline i vatre. Naglim porastom topline, jako se povećava i tlak, pa dolazi do pojačanog dodira čestica prašine sa molekulama kisika, čime se izgaranje dalje ubrzava. Toplina i nadtlak stalno se povećavaju, a njihovim uzajamnim djelovanjem raste brzina gorenja kojom se širi eksplozija u eksplozivnoj smjesi.

Pri tome nastaje tlačni val koji uzvitalava prašinu i mijenja fizikalne uvjete smjese, tj. nadtlak i temperaturu, a time i brzinu širenja plamena kroz smjesu. Brzina prijenosa plamena, odnosno širenja eksplozije ovisi o visini nadtlaka i temperature plina ili pare ili disperzije prašine. Što je plin ili para ili disperzije prašine pod većim nadtlakom to će biti veća brzina širenja plamena.

Kod jake i nagle eksplozije, tlak eksplozije može se prenijeti preko mjesta gdje ima malo prašine i preko mjesta gdje je uopće nema, pa na drugom mjestu opet uzvitala prašinu. Zato eksplozija prašina može prostrujati kroz gotovo cijeli prostor, dok će se eksplozija plina ili pare dogoditi samo tamo gdje se plin nalazi. Mehaničko djelovanje eksplozije prašine nije najjače na izvornom mjestu, već pomalo raste s udaljenošću do mjesta gdje je stlačena smjesa, koja ovako zgusnuta pod povišenim tlakom najžešće eksplodira.

Osim eksplozije oblaka prašine unutar pogona, eksplozivna atmosfera konstantno je prisutna i unutar ventilacijskog sustava za odvođenje prašine (slike 18. i 19.).



Slika 18: Ventilacijski cjevovod unutar pogona





Slika 19: Silos za prašinu

Kod ovog sustava postoji niz požarnih opasnosti koje se javljaju uslijed kvarova na sustavu ili uslijed nesmotrenosti radnika kada rade na strojevima sa kojih se vrši usisavanje piljevine. Najčešći uzrok eksplozije unutar ovakvog sustava je usisavanje metalnih dijelova (npr. lom pile) koji pri udaru od stijenu ventilacijskog sustava tvore mehaničke iskre te tako dolazi do zapaljenja. Neredovita kontrola ležaja na usisnim ventilatorima može dovesti do oštećenja ležaja, a samim time i udaranje lopatica rotora o kućište ventilatora pri čemu nastaje iskrenje. Isto tako, prolaskom piljevine u smjesi sa zrakom kroz cijevi dolazi do stvaranja statičkog elektriciteta, a isti može dovesti do iskrenja i zapaljenja.

Da bi se smanjila mogućnost nastanka požara i eksplozija unutar ventilacijskog sustava, ugrađuju se protupožarne zaklopke (pregrade), koje se automatski zatvaraju u slučaju nastanka požara. Pri dimenzioniranju cjevovoda treba voditi računa o količini i brzini strujanja odsisnog zraka potrebnog za odvođenje prašine, kako bi se spriječilo taloženje na stijenama. Isto tako, cjevovodi trebaju biti izvedeni sa blagim lukovima. Ventilatori sustava trebaju biti napravljeni od materijala koji ne proizvodi iskre, a na mjestu usisavanja prašine, poželjno je ugraditi uređaje za prepoznavanje i izdvajanje metala.

### 3.5. Lakirnica

Osim zapaljivih krutih tvari, opasnost glede nastanka požara i eksplozija pri tehnološkom procesu predstavljaju i zapaljive tekućine koje se koriste prilikom lakiranja. Lakirnica je prostor izdvojen od ostalih dijelova pogona, odnosno kabina unutar koje se radi sa zapaljivim lakovima i bojama (slika 20.).



Slika 20: Prostor za lakiranje

Osobina zapaljivih tekućina je da lako i brzo isparavaju, a njihove pare pomiješane sa zrakom lako se zapale i često eksplodiraju ako je prisutan uzrok paljenja (npr. otvoreni plamen, cigareta, električna iskra, iskra nastala trenjem, itd.).

Zapaljive tekućine ne gore nego plinovi pare nastale iznad njih. Isparavanje tekućina može biti brže i sporije, a to je uvjetovano različitim čimbenicima. Do gorenja para iznad tekućina dolazi ako je količina para zapaljive tekućine dostatna za stvaranje potrebnog zapaljivog omjera između para i zraka. Količina para iz tekućine je ovisna o njezinoj temperaturi. Iz tog proizlazi da će na određenoj temperaturi iz tekućine ispariti onolika količina para koja je potrebna da se sa zrakom stvori zapaljivi omjer. Brzina otpuštanja pare je veća kod tekućih tvari nego kod krutih. Razlog tome je što tekućine imaju manje gusto poredane molekule te mogu otpuštati paru u širokom temperaturnom području. Zapaljive tekućine mogu se zapaliti samo ako se zagriju na temperaturi na kojoj se iznad površine zapaljive tekućine nalazi para u koncentraciji da sa zrakom načini zapaljivu smjesu.

Najniža temperatura na kojoj se iznad tekućine stvara dovoljno para, da se sa zrakom načini takva smjesa koja će se u dodiru s izvorom paljenja zapaliti naziva se plamište tekućine. Temperature plamišta tekućina koje se mogu koristiti pri tehnološkom procesu prikazane su u tablici 4. Tekućine koje imaju niže plamište predstavljaju veću opasnost za stvaranje požara.

Tabela 4: Temperature plamišta nekih tekućina

<b>VRSTA TEKUĆINE</b>	<b>TEMPERATURA PLAMIŠTA (°C)</b>
Temeljni lak LBA 21	4
Razrjeđivač LZC 2	21
Završni lak WZ6410/00	16

Zapaljive tekućine stvaraju oko 2,5 puta veću toplinu nego drvo te se ta toplina oslobađa tri do deset puta brže nego toplina iz drveta. Kod prolijevanja tekućina one zauzimaju veliku površinu te kada se zapale stvaraju veliku količinu topline.

Za paljenje eksplozivne smjese plinova (para) nije potrebno da se cijela smjesa zagrije na temperature paljenja, nego je dovoljno da se mali dio smjese oko uzročnika paljenja zagrije na određenu temperaturu. Nastala oksidacija u tom dijelu smjese širi se velikom brzinom kroz ostalu smjesu u obliku plamenog fronta i poprima karakter eksplozije. Zapaljivi plinovi (pare) u smjesi sa zrakom mogu izgarati samo ako su koncentracije plina (para) u smjesi za zrakom (kisikom) ili nekim drugim oksidansom u točno određenom odnosu.

### 3.5.1. Skladište zapaljivih tekućina

Skladište zapaljivih tekućina (slika 21.) je građevina ili dio građevine i/ili prostor u kojima se obavlja skladištenje zapaljivih tekućina, a skladištenje je trajno ili povremeno smještanje zapaljivih tekućina u posude i/ili spremnike čiji je ukupni obujam preko 20 l za zapaljive tekućine I. skupine te preko 2.000 l za zapaljive tekućine II. i III. skupine. [11]



Slika 21: Skladište zapaljivih tekućina na otvorenom prostoru

Zapaljive tekućine mogu se skladištiti u spremnicima, posudama ili bočicama. Spremnici su stabilne, polustabilne ili prijenosne zatvorene posude koje se postavljaju na posebno uređenu podlogu, a u kojima se nalaze zapaljive tekućine obujma više od 250 l za zapaljive tekućine.

Posude sa zapaljivim tekućinama mogu se skladištiti na otvorenom prostoru, u namjenskom dijelu građevine ili u namjenskoj građevini. Moraju biti izrađene od materijala i u obliku koji neće utjecati na njihovu čvrstoću, nepropusnost i stabilnost pri skladištenju i prijevozu. Prijenosni spremnici mogu biti kovinski ili izrađeni od plastičnog materijala. Na posudama moraju biti oznake norme prema kojoj je spremnik izrađen i broj potvrde sukladnosti.

U skladištima zapaljivih tekućina mogu se nalaziti samo neoštećene i potpuno zatvorene posude. Oštećene posude, kod kojih može doći ili je došlo do propuštanja zapaljivih tekućina ili para (napukline, ulegnuća, razbijanja, korozija i sl.), moraju se odmah ukloniti iz skladišta na posebno određeno mjesto za privremeno odlaganje u sklopu skladišta ili na mjesto izvan skladišta gdje i u slučaju požara ne predstavljaju opasnost za ljude i susjedne objekte.

Skladište li se zajedno dvije ili više tekućina različitih skupina, za sigurnosnu udaljenost skladišta uzima se najveća vrijednost sigurnosne udaljenosti za pojedinu skupinu zapaljivih tekućina.

U zaštitnom pojasu skladišta posuda na otvorenom prostoru mogu se nalaziti samo objekti koji pripadaju skladištu pod uvjetom da njihov položaj ne ometa pristup vatrogasnim vozilima. Skladištu posuda na otvorenom prostoru mora biti osiguran pristup za vatrogasna vozila iz dva smjera. Svakom skupu posuda mora biti osiguran neposredni vatrogasni pristup. Posude se postavljaju s otvorom prema gore na prethodno pripremljene temelje, grede ili palete izdignute najmanje 15 cm iznad tla na način da su osigurane od nekontroliranog pokretanja. Skladišta se štite hidrantskom mrežom te određenim brojem vatrogasnih aparata tipa S-9 i prijevoznih aparata tipa S-50. Vatrogasni aparati moraju biti zaštićeni od insolacije i padalina.

Postoje određeni uvjeti i za skladištenje zapaljivih tekućina u zatvorenom prostoru. Skladište li se zajedno dvije ili više zapaljivih tekućina različitih skupina, ukupna količina svih zapaljivih tekućina izračunava se tako da se količina svake pojedine zapaljive tekućine pomnoži s pripadajućim faktorom, pri čemu zbroj ne smije prijeći brojku 192.000 za prostorije sa stabilnim sustavom za gašenje, odnosno brojku 64.000 za prostorije bez stabilnog sustava za gašenje. Ako nije predviđen automatski sustav za gašenje, u prostoriji mora biti proveden sustav za odvođenje dima i topline izvan objekta. Prostorija za skladištenje posuda u građevini u pravilu se nalazi u prizemlju, a iznimno se može nalaziti u podrumu, ovisno o skupini zapaljive tekućine!

## 4. ZAKLJUČAK

Prema "Pravilniku o razvrstavanju građevina u skupine po zahtjevanosti mjera zaštite od požara" (NN 56/2012), industrijske zgrade, spremnici, silosi i skladišta, kao što su: tvornice, radionice površine iznad 100 m<sup>2</sup>, spremnici i tankovi za zapaljive tekućine, razvrstavaju se u II. Kategoriju (zahtjevne građevine), prema zahtjevanim mjerama zaštite od požara. Prema toj klasifikaciji možemo lako zaključiti da su pogoni drvne industrije u kojima se odvija tehnološki proces izrazito ugroženi.

Tehnološki proces obrade drva predstavlja veliku opasnost glede nastanka požara i eksplozija, koji za sebe veže velike materijalne gubitke te ugrožavanje zdravlja ili života ljudi.

Osim drva, koje predstavlja najveću opasnost od nastanka požara i eksplozije prašine, pri tehnološkom procesu koristi se niz zapaljivih tekućina, kao što su boje, lakovi, razrjeđivači i sl., koje se također ne smije zanemariti.

Kako bi se te opasnosti svele na minimum, najveći naglasak se mora staviti na provođenje preventivnih mjera, koje su opisane za svaku radnu jedinicu pojedinačno. Svrha preventivnih mjera je spriječiti nastanak požara i eksplozija, što znači da se moraju poduzimati sve tehničke i/ ili organizacijske mjere ovisno o radnim operacijama.

Potencijalni izvori zapaljenja koji nastaju kao rezultat kvara opreme ili zbog nepravilnog rukovanja tijekom izvođenja tehnološkog procesa moraju se spriječiti elektrostatičkim uzemljenjem ili izbjegavanjem materijala i predmeta niske električne vodljivosti ili smanjenjem veličine nevodljive površine. Električna i mehanička oprema koja se tom prilikom upotrebljava mora odgovarati samoj prirodi opasnosti koja se pojavljuje u radnom procesu.

Poslodavac radnicima mora osigurati osposobljavanje iz područja protupožarne i protueksplozijske zaštite o svim opasnostima na radnom mjestu i mjerama koje moraju poduzeti. Osposobljavanje mora sadržavati objašnjenje uzroka nastanka požara i eksplozije, mjere koje treba poduzeti, pravilno rukovanje radnom opremom i njezino održavanje.

## 5. LITERATURA

- [1] Enciklopedija.hr, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16353>, pristupljeno 25. Srpnja 2020.
- [2] **Kirin S. Ivančić Z.**, „Izvori požarne opasnosti “ Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, (siječanj 2010.), ISBN 978-953-7343-32-3.
- [3] **Carević M., Jukić P., Kaštelanac Z., Sertić Z.**, „Tehnički priručnik za zaštitu od požara “, Grafo – Amadeus d.o.o., Zagreb (1997.), ISBN 953-97239-0-6
- [4] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu., <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Smjernica-za-siguran-rad-u-drвноj-industriji.pdf>, pristupljeno 29. Srpnja 2020.
- [5] Hrvatska tehnička enciklopedija, [https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/drvo\\_2\\_mehanicka\\_prerada.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/drvo_2_mehanicka_prerada.pdf) , pristupljeno 29. Srpnja 2020.
- [6] Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR, <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fpz:572/preview>, pristupljeno 22. Srpnja 2020.
- [7] **Karlović V.**, „Procesi gorenja i gašenja“, Tiskara Zelina d.d., Sv. Ivan Zelina (Prosinac 2010.), ISBN 978-953-6385-26-3
- [8] **Pavelić Đ., Pavelić M.**, „Procesi gorenja i gašenja“, Zagreb (Siječanj 2011.)
- [9] **Pavelić-Šmer Đ.**, „Gorenje i sredstva za gašenje“, Trag Zagreb, Zageb, Mi Star (1996), ISBN 953-96741-0-7
- [10] Repozitorij VUKA, <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A983>, pristupljeno 29. Srpnja 2020.
- [11] Portal hrvatskih znanstvenih i stručnih časopisa, [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=111367](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=111367), pristupljeno 31. Srpnja 2020.

## 6. PRILOZI

### 6.1. Popis slika

Slika 1: Struktura drva .....	2
Slika 2: Klasa "A" - zapaljive krute tvari .....	3
Slika 3: "Trokut gorenja" .....	4
Slika 4: Prikaz tehnološkog procesa piljenja .....	8
Slika 5: Prolaz između trupaca .....	9
Slika 6: Piljevina kod stroja .....	10
Slika 7: Okorci - krupni drvni otpad .....	10
Slika 8: Nakupina drvnog otpada unutar pogona .....	11
Slika 9: Poluga za obaranje i okretanje trupaca .....	12
Slika 10: Piljena građa na otvorenom prostoru .....	14
Slika 11: Sušara piljene građe .....	15
Slika 12: Rastaljeni vodič .....	16
Slika 13: Kuglice na vrhu vodiča .....	16
Slika 14: Kotlovnica .....	17
Slika 15: Suhi drvni otpad .....	18
Slika 16: Nužni uvjeti eksplozije .....	20
Slika 17: Granice eksplozivnosti .....	23
Slika 18: Ventilacijski cjevovod unutar pogona .....	24
Slika 19: Silos za prašinu .....	25
Slika 20: Prostor za lakiranje .....	26
Slika 21: Skladište zapaljivih tekućina na otvorenom prostoru .....	28

### 6.2. Popis tablica

Tabela 1: Proces gorenja drva .....	5
Tabela 2: Temperature tinjanja i samopaljenja nekih prašina .....	19
Tabela 3: Donje granice eksplozivnosti za neke vrste prašina .....	22
Tabela 4: Temperature plamišta nekih tekućina .....	27