

Način nastanka i uzroci požara i eksplozija u kemijskim laboratorijima

Cunjak, Miroslav

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:128:357573>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**



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

Miroslav Cunjak

**Načini nastanka i uzroci požara i
eksplozija u kemijskim laboratorijima**

Završni rad

Karlovac, 2018.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Miroslav Cunjak

**Methods of emergence and causes of
fire and explosion in chemical
laboratories**

Final paper

Karlovac, 2018.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Miroslav Cunjak

**Načini nastanka i uzroci požara i
eksplozija u kemijskim laboratorijima**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc Zvonimir Matusinović

Karlovac, 2018.



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, Svibanj 2018

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Miroslav Cunjak

Matični broj: 0416608510

Naslov: Načini nastanka i uzroci požara i eksplozija u kemijskim laboratorijima

Opis zadatka:

- općenito o potencijalnim opasnostima u kemijskim laboratorijima
- mjere zaštite
- zakonska legislativa u RH
- opis primjera nastanka požara

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Zvonimir Matusinović

Dr.sc Nikola Trbojević

PREDGOVOR

Koristim ovu priliku da se zahvalim svome mentoru dr. sc. Zvonimiru Matusinoviću na svojoj potpori i znanju koje mi je pomogao da steknem, te za svo njegovo strpljenje, savjete i vrijeme koje mi je posvetio tijekom pisanja ovoga završnog rada. Bila mi je izuzetna čast biti njegov student.

Želim se zahvaliti i svim svojim kolegama i prijateljima koji su mi pružali podršku kako kroz sam studij, tako i tijekom pisanja ovoga rada. Hvala im za sve lijepe i nezaboravne momente.

Na kraju bih se želio zahvaliti svojoj obitelji, koja je uvijek bila uz mene i pružala mi neizmjernu potporu i razumijevanje u svim trenucima mog života.

SAŽETAK

Do požara dolazi kada se na tvar, koja može goriti, djeluje topline uz prisustvo kisika. Na taj se način temperatura zagrijavane tvari povećava, a kada dostigne temperaturu paljenja dolazi do požara. Da bi nastalo zapaljenje, potrebno je gorivoj tvari uz dovoljnu količinu oksidansa (kisika iz zraka) dovesti potrebnu količinu energije, odnosno izvor energije paljenja. Pri zapaljenju stvara se dovoljna količina toplinske energije za nesmetano trajanje procesa gorenja.

Rad u laboratoriju je izložen mnogim izazovima i zato je važno pri radu poštovati unaprijed određene protokole i postupke. Mnoge tvari s kojima se susrećemo pri radu u laboratoriju su toksične, zapaljive odnosno eksplozivne. Potrebno je biti dobro educiran i upoznat sa svim navedenim rizicima. Upravo je zaštita na radu u laboratorijima izuzetno važna jer je kao takva sastavni dio radnih procesa i jedan od temeljni uvjeta produktivnosti rada.

Ključne riječi : *požar, eksplozije, laboratoriji, zaštita na radu*

ABSTRACT

A fire occurs when the substance, which can burn, acts with heat in the presence of oxygen. In this way, the temperature of the heated substance increases, and when it reaches the ignition temperature, a fire occurs. To generate inflammation, a sufficient amount of oxidant (oxygen from the air) is required to bring the required amount of energy or energy source to the fuel. When inflating, sufficient amount of heat energy is generated for the uninterrupted duration of the burning process.

Work in the laboratory is exposed to many challenges and therefore it is important to respect pre-defined protocols and procedures. Many of the substances we encounter in laboratory work are toxic, flammable or explosive. One needs to be well-educated and familiar with all the above-mentioned risks. Labor protection in laboratories is extremely important because it is as such an integral part of work processes and one of the fundamental conditions of labor productivity.

Key words: *fire, explosion, laboratory, safety*

SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK.....	III
ABSTRACT	IV
SADRŽAJ.....	V
1. UVOD.....	8
1.1. Predmet i cilj rada	8
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	9
2. POTENCIJALNE OPASNOSTI U KEMIJSKIM LABORATORIJIMA	10
2.1. Opća i posebna obilježja zapaljivih tvari.....	14
2.2. Opća i posebna obilježja eksplozivne tvari	15
2.3. Opća i posebna obilježja izvora energije paljenja ili aktiviranja požara/eksplozije.....	16
3. MJERE ZAŠTITE	19
3.1. Zakonska legislativa	20
3.1.1. Nacionalni propisi – zaštita na radu.....	21
3.1.2. Propisi prema rizicima.....	23
3.2. Postojeće opće i posebne mjere, aktivnosti i radnje protupožarne/protueksplozijske sigurnosti, zaštite i intervencije.....	26
3.2.1. Ispitivanje električnih instalacija.....	26
3.2.2. Pregled i ispitivanje gromobranskih instalacija	27
3.2.3. Pregled i ispitivanje zaštite od statičkog elektriciteta	27

3.2.4.	Ispitivanje ispravnosti stabilnih instalacija za dojavu i gašenje požara	27
3.2.5.	Ispitivanje plinskih instalacija	28
3.2.6.	Izrada procjena ugroženosti od požara, planova zaštite od požara i pravilnika o zaštiti od požara	28
3.2.7.	Osposobljavanje za gašenje požara i spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom	29
4.	EKSPERIMENTALNI DIO	30
4.1.	Primjeri požara	30
4.1.1.	primjer – požar uslijed izlivanja dietil-etera ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$)	30
4.1.2.	primjer - Eksplozija i požar otapala	33
4.1.3.	primjer – Eksplozija i požar na Institutu Ruđer Bošković	34
5.	ZAKLJUČAK	36
6.	LITERATURA	37
7.	PRILOZI	39
7.1.	Popis slika	39

1. UVOD

Zaštita na radu sastavni je dio radnog procesa i osnovni uvjet produktivnosti rada. To je skup aktivnosti i mjera (tehničkih, pravnih, organizacijskih, ekonomskih, zdravstvenih i drugih), kojima se osiguravaju uvjeti rada bez opasnosti za život i zdravlje. Uvjeti za siguran rad ostvareni su u slučaju kada sredstva rada, čovjek i radna okolina ispunjavaju zahtjeve koji su sukladni s pravilima zaštite na radu te oni kao takvi trajno osiguravaju pravilno funkcioniranje procesa rada. Osnovna je zadaća u provedbi mjera zaštite na radu, da se u prvom redu utječe na smanjenje broja nezgoda, a ne ozljeda. Ozljeda je krajnji nepovoljni rezultat niza zbivanja, koji su međusobno uvjetovani. Oni potiču jedan drugog i nastavljaju se jedan na drugi – poput niza pločica domina koje se ruše.

1.1. Predmet i cilj rada

U ovom radu predmet i cilj rada su usmjereni na načine koji dovode nastanka i uzroka požara i eksplozija u kemijskim laboratorijima. Te će u radu biti detaljno opisane potencijalne opasnosti kao i opća i posebna obilježja tvari koje iste mogu uzrokovati. Naglasak će biti na mjerama zaštite, te odgovarajućoj zakonskoj legislativi za Republiku Hrvatsku.

U drugom dijelu rada fokus će biti usmjeren na konkretne slučajeve iz prakse gdje će se nastojati na jezgrovit način opisati sve ono što je dovelo do incidenta, te mjere koje su poduzete *A posteriori*. Pokušat će se dati uvid u eventualne propuste koji su rezultirali nastalim incidentnom kako bi se stekao uvid u stanje te spriječilo ponavljanje incidenata.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Ovaj rad može poslužiti kao priručnik za sve one koji se na bilo koji način bave zaštitom na radu, posebice studentima pri pisanju stručnih radova iz područja zaštite na radu te svima koji rade u kemijskim laboratorijima i kemijskog industriji. Pri pisanju ovoga rada prvenstveno je do izražaja došao autorov individualizirani pristup, koji između ostaloga podrazumijeva njegove vlastite sposobnosti i konkretna predznanja osnovne materije na temelju znanja stečenih tijekom pohađanja odjela Sigurnosti i zaštite Veleučilišta u Karlovcu.

Pri pisanju ovoga rada korišteni su literaturno dostupni izvori na temelju kojih je provedena metoda kompilacije. Kada govorimo o metodi kompilacije zapravo govorimo o postupku koji podrazumijeva postupak preuzimanja tuđih rezultata znanstveno-istraživačkog rada, odnosno tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja. Metodu kompilacije moguće je upotrijebiti u kombinaciji s drugim metodama u sklopu znanstveno-istraživačkog rada, na način da djelo nosi u što većoj mjeri osobni pečat autora kompilatora, koji će, uz osobni pristup pisanju znanstvenog ili stručnog djela korektno i na uobičajen način citirati sve ono što je od drugih preuzeo.

2. POTENCIJALNE OPASNOSTI U KEMIJSKIM LABORATORIJIMA

Rad u kemijskim laboratorijima zahtijeva prije svega poznavanje, a potom i poštivanje skupa propisa i pravila ponašanja koji su propisani Zakonom o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14), Zakonom o inspekciji rada (NN 19/14) i posebnim pravilnicima Ustanove (u kojoj je smješten kemijski laboratorij u kojem se radi) s ciljem osiguravanja sigurnog izvršavanja radnih djelatnosti, bez narušavanja zdravlja, oštećivanja i uništavanja opreme te bez radnji koje mogu štetiti okolišu.^{1,2}

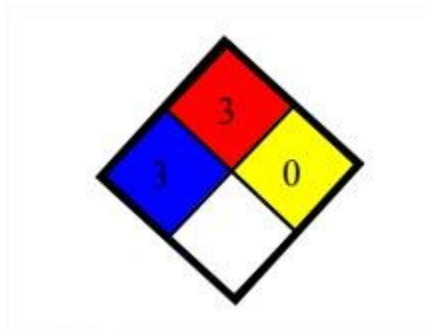
Mnoge tvari koje se nalaze u laboratorijima i s kojima educirano osoblje radi su izuzetno opasne, a ta opasnost se očituje u obliku štete koju mogu uzrokovati. Pa je tako većina kemikalija toksična, zapaljiva, nagrizajuća, zapaljiva i dr. Kako bi se olakšao rad djelatnika laboratorija i kako bi isti bio efikasno obavljen jasno je da svi djelatnici moraju proći odgovarajuće edukacije te da kemikalije s kojima se radi moraju biti propisno obilježene s pripadnim znakovima opasnosti.

Jedan od dosta čestih načina obilježavanja kemikalija je označavanje putem dijamanta opasnosti, gdje se zapravo na vrlo jednostavan i razumljiv grafički način, koji mogu razumjeti i oni koji nisu direktno vezani za poslove sigurnosti, dobiva informacija o potencijalnoj opasnosti. Dijamant opasnosti dizajniran je u obliku romba, čija je površina razdijeljena na četiri polja različitih boja u kojima su brojevi od 0 do 4, prikazan je na slici 1. Brojevi u rombu predstavljaju stupnjeve opasnosti. Porast broja ukazuje na porast opasnosti danog polja.

¹ <https://www.zakon.hr/z/167/Zakon-o-za%C5%A1titi-na-radu>

² <https://www.zakon.hr/z/710/Zakon-o-inspektoratu-rada>

Boje su također specifične i imaju određena značenja, pa je tako lijevim plavim poljem u rombu predstavljena opasnost po zdravlje, gornjim crvenim poljem predstavljena je požarna ili eksplozivna opasnost, dok je desno žuto polje oznaka reaktivnosti, a donje bijelo polje rezervirano je za posebne obavijesti.



Slika 1. Dijamant opasnosti za benzen

Opasnost od požara prisutne su posvuda. Paljenje može biti uzrokovano cijelim nizom mogućih izvora paljenja od otvorenog plamena, trenja, vođenja topline, iskra, električnog luka, isijavanja i dr. Sama uspješnost paljenja uvelike ovisi o kemikaliji s kojom se radi.



Slika 2. Oznaka na tvari koja je lako zapaljiva i rad s njom zahtjeva dodatan oprez

Važan čimbenik je edukacija djelatnika laboratorija s ciljem dobrog upoznavanja sa svim mogućim opasnostima i potencijalnim izvorima nastanka požara, te odgovarajućim načinima za njegovo sprječavanje i gašenje.

Važno je da se pri pojavi požara odmah reagira na odgovarajući način, da se pristupi gašenju s odgovarajućim raspoloživim sredstvima za gašenje, te se hitno zatraži pomoć vatrogasne službe.

Hrvatska norma HRN EN2³ iz 1997. godine razvrstava požare u skladu s prirodom gorive tvari na četiri razreda. Takva podjela posebno je značajna radi primjene odgovarajućih aparata za gašenje požara. Tako su požarni razredi određeni slovnim oznakom:

- A – požari krutina,
- B – požari tekućina ili rastaljenih krutina,
- C – požari plinova,
- D – požari metala.

Radi se, u stvari, o preuzetoj europskoj normi EN2 iz 1992. godine. S pojavom izmjene norme EN2:1992/A1:2004³ u siječnju 2005. godine, pored do sada poznatih klasa A, B, C, D, uvedena je klasa požara F.

Republika Hrvatska je ulaskom u Europsku Uniju prihvatila europsku normu EN2 u izvornom obliku te je ukomponirala u novi Pravilnik čime je u Republici Hrvatskoj po prvi puta uvedena klasa požara F, a to su požari biljnih i životinjskih ulja i masti koji su ujedno najzastupljeniji kod požara ulja i masti. To je za Republiku Hrvatsku veliki korak naprijed u zaštiti od požara.

Plinovi i pare zapaljivih tekućina mogu gorjeti plamenom, ili trenutno sagorjeti, odnosno eksplodirati. Kada dođe do miješanja u određenom omjeru s zrakom stvara se eksplozivna smjesa. Taj omjer ovisi o „granicama eksplozivnosti“, odnosno o „području eksplozivnosti“. Jasno je da što je područje eksplozivnosti šire, to je opasnost od plina ili para veća. Dovoljna je samo jedna iskra da se ta smjesa zapali ili da nastane eksplozija ili požar.

³ www.faolex.fao.org/docs/texts/cro135632.doc

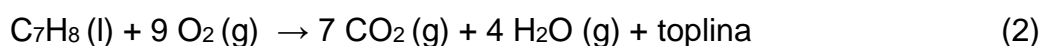
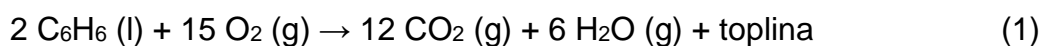
Iskrenje je gotovo nemoguće spriječiti, jer ono može nastati na različite načine (upotrebom metalnog alata, električna struja, elektromotori i sl.).

Da bi se pare mogle zapaliti ili eksplodirati, tekućinu je prije svega potrebno zagrijati na određenu temperaturu koja se naziva plamište. Plamište je najniža temperatura na koju treba zagrijati zapaljivu tekućinu da se iznad njezine površine nakupi dovoljna količina pare, koja se u dodiru s otvorenim izvorom paljenja može zapaliti.⁴

Gorenje je kemijska reakcija spajanja gorive tvari s kisikom, uz pojavu plamena odnosno žara i uz oslobađanje topline, a da bi nastalo gorenje mora postojati :

- goriva tvar (kruta, tekuća ili plinovita),
- kisik (zrak),
- toplina (temperatura paljenja).

Primjer kemijske reakcije gorenja organskog spoja, npr. benzena (1) i toluena (2):



Produkti gorenja navedenih organskih spojeva su ugljični dioksid (CO_2), voda (H_2O) i određena količina topline koja je karakteristična za danu reakciju. Ovisno o tvari koja gori, tj. njezinom kemijskom sastavu kao rezultat gorenja može se razviti niz štetnih plinova, pa tako ako tvar sadrži dušik rezultat gorenja iste su različiti dušikovi oksidi (N_xO_y), a ukoliko pak sadrži sumpor tada se oslobađaju sumporovi oksidi (S_xO_y).

⁴ <http://hns-cff.hr/files/documents/4369/Priru%C4%8Dnik%20za%C5%A1tita%20na%20radu.pdf>

2.1. Opća i posebna obilježja zapaljivih tvari

Za određivanje stupnjeva opasnosti postoje norme i njima propisani testovi. Tako za požarnu opasnost stupnjevi imaju sljedeće značenje:

0 – Tvari s ovim stupnjem zapaljivosti ne gore ako se izlože pet minuta temperaturi 815,6 °C.

1 – Stupanj zapaljivosti pripisuje se tvarima koje se moraju predgrijati da bi se zapalile, a to su:

a) tvari koje gore na zraku kada se izlože pet minuta temperaturi od 815,6 °C.

b) skupina tvari IIIb-zapaljivih kapljevina, krutih i polukrutih tvari prema normi HRN Z.CO.007.⁵

c) krute zapaljive tvari klase A, prema HRN Z.CO.003.⁵

2 – Ovaj stupanj zapaljivosti pripisuje se tvarima koje se moraju zagrijati da bi došlo do paljenja pri normalnim uvjetima. Te tvari ne stvaraju sa zrakom opasne smjese, ali pri sagorijevanju mogu stvarati pare u dovoljnoj količini da se stvore takve smjese.

3 – Stupanj zapaljivosti 3 pripisuje se tvarima koje se mogu zapaliti na sobnoj temperaturi. Te tvari sa zrakom stvaraju opasne smjese na gotovo svim temperaturama ili se zapale pod gotovo svim uvjetima.

4 – Stupanj 4 pripisuje se lako zapaljivim plinovima i lako isparljivim zapaljivim kapljevinama, koje se pri normalnom atmosferskom tlaku i temperaturi brzo ili potpuno isparuju i sa zrakom stvaraju zapaljive i eksplozivne smjese.

⁵ http://www.hvz.hr/media/Docs/Pravilnici/Pravilnik_zaptek.pdf

2.2. Opća i posebna obilježja eksplozivne tvari

Pod pojmom klase 1 uključene su:

(a) Eksplozivne tvari: krute ili tekuće (ili smjese tvari), koje svojom kemijskom reakcijom stvaranja plinova na određenoj temperaturi, tlaku i brzini reakcije mogu prouzročiti štetu po okoliš. Pirotehničke tvari ili smjese tvari izrađene tako da mogu proizvoditi učinak toplinom, svjetlom, zvukom i plinom ili dimom ili njihovom kombinacijom kao rezultat nedetonirajućih samopodupirućih egzotermnih kemijskih reakcija.

NAPOMENA 1: Tvari koje same po sebi nisu eksplozivne, ali mogu stvoriti eksplozivnu smjesu plina, pare ili praha, nisu tvari klase 1.

NAPOMENA 2: Iz klase 1, također, su isključeni: vodom ili alkoholom namočeni eksplozivi kod kojih voda ili sadržaj alkohola prelazi označene granice i koji sadrže plastifikatore – eksplozivi su klasificirani u klasu 3 ili klasu 4.1 i eksplozivi koji su na temelju svoje prevladavajuće opasnosti klasificirani u klasu 5.2.

(b) Eksplozivni predmeti: predmeti koji sadrže jednu ili više eksplozivnih ili pirotehničkih tvari: *NAPOMENA:* Uređaji koji sadrže eksplozivne ili pirotehničke tvari u tako malim količinama ili takve vrste da njihovo nehotično ili slučajno paljenje ili pokretanje u prijevozu ne prouzroči nikakvu reakciju izvan uređaja izbijanjem, požarom, dimom, toplinom ili bukom, nisu predmetom uvjeta klase 1.

(c) Tvari i predmeti koji nisu gore navedeni i proizvedeni su u svrhu praktičnoga učinka eksplozije ili pirotehničkog djelovanja.

U svrhu klase 1 primjenjuje se sljedeća definicija: Flegmatiziran znači da je eksplozivu dodana tvar („flegmatizator“) kako bi se povećala sigurnost prilikom rukovanja i prijevoza. Flegmatizator čini eksploziv neosjetljivim ili manje osjetljivim na sljedeće: toplinu, trzaj, udar pri padu, udarac ili trenje.

Tipična sredstva za flegmatizaciju uključuju, ali nisu ograničena na: vosak, papir, vodu, polimere (na primjer polimere koji sadrže klor i fluor), alkohol i ulja (na primjer petrolat i parafin).⁶

2.3. Opća i posebna obilježja izvora energije paljenja ili aktiviranja požara/eksplozije

Paljenje je rezultat procesa za koji je osim gorive tvari potrebna dovoljna količina oksidansa (kisika iz zraka) i odgovarajuća količina energije, odnosno izvor energije paljenja. Pri zapaljenju stvara se dovoljna količina toplinske energije za nesmetano trajanje procesa gorenja. Osim otvorenog plamena, cigareta, užarenih predmeta i svih toplih površina čija je temperatura iznad temperature zapaljenja smjese (590 – 650 °C), izvori zapaljenja mogu biti sasvim neočekivani, primjerice:

- iskra električnih uređaja koji se automat ski uključuju (zamrzivač, hladnjak, električni zagrijač vode, termostat centralnog grijanja, itd.),
- isključena, ali ugrijana ploča štednjaka ili električne grijalice (iznad temperature zapaljenja),
- džepna baterijska svjetiljka,
- iskra zbog elektrostatickog pražnjenja,
- iskra iz vozila koje slučajno prolazi u blizini,
- egzotermne kemijske reakcije,
- te razne druge pojave (fisija, fuzija).⁷

⁶ <http://www.mppi.hr/UserDocsImages/ADR%202011%202.%20dio.pdf>

⁷ Đ Pavelić, *Mjere zaštite od požara i izvori paljenja*, SIGURNOST 54 (2) 205 - 208 (2012)

Razvoj topline može biti uzrokovan nizom čimbenika kao što su razgradnja molekula tvari, tiha oksidacija, mikrobiološki procesi i slično. Kada govorimo o procesu od samozagrijavanja do samozapaljenja ovisno o vremenskom razdoblju unutar kojega dolazi do postepenog porasta temperature tvari uslijed čega dolazi do sve veće dinamike tog procesa što pak u konačnici rezultira pojavom plamena i/ili sagorijevanja u užarenom stanju.

Vrijeme proteklo od početka zagrijavanja tvari pa do pojave sagorijevanja naziva se razdoblje indukcije. Navedeno vremensko razdoblje različito je za razne tvari, a u pravilu je kod plinova i tekućina koje su sklone samozagrijavanju ono kratko u odnosu na razdoblje indukcije koje je pak karakteristično za krute tvari.

U grupu samozapaljenja ubrajaju se tvari koje uslijed samozagrijavanja i dostizanja temperature paljenja uzrokuju vatru. Uzroci stvaranja ove topline unutar požarnog objekta mogu biti različiti. Kod samozapaljivog požarnog objekta postoje kemijski procesi – oksidacija (vrenje ili raspadanje), koji stvaraju male količine topline. Ako vanjske okolnosti ne dozvoljavaju odvođenje ove topline, ona iako je relativno mala rezultira porastom temperature što pak dalje za posljedicu ima povećanje brzine kemijske reakcije.

Na temelju iskustava o brzinama kemijskih reakcija ista se udvostručava kod svakog porasta temperature za $\sim 10^{\circ}\text{C}$. Što je veći porast temperature to je veći porast brzine reakcije. Reakcija koja je ubrzana na prethodno naveden način rezultira stvaranjem topline koja je dovoljna za postizanje temperature paljenja. Na povećanje brzine oksidacije mogu utjecati veći zračni pritisak, veća koncentracija kisika, vlažnost, prisustvo katalizatora i drugo.

Samozapaljenje se javlja, kako kod čvrstih, tako i kod tekućina i plinovitih tvari. Postoji veliki broj samozapaljivih tvari. Neke čvrste tvari imaju osobinu da nisu samozapaljive ukoliko su u kompaktnim komadima, a da su njihove prašine ili otpaci samozapaljivi.

Postoje tvari koje se ukoliko su nepravilno uskladištene uslijed kemijskih ili bioloških reakcija zagrijavaju tako da veća količina topline koja se pri tome izdvaja ostaje u unutrašnjosti tvari, a manja odlazi u okolinu uslijed čega dolazi do povećanja temperature u unutrašnjosti tvari, a kisik (O_2), koji sadrži sama tvar, omogućava zapaljenje.

Preventivne mjere zaštite kod samozapaljenja su prije svega poznavanje tvari koje su sklone samozapaljenju, redovito odvođenje nastale topline na odgovarajući način te redovita kontrola i mjerenje temperature u unutrašnjosti tvari koja je sklona samozapaljenju.

3. MJERE ZAŠTITE

Opasni tehnološki parametri su tehnološki parametri koji kod prekoračenja dozvoljene vrijednosti u ovisnosti od tehnološkog procesa mogu prouzročiti požar, eksploziju ili drugi incident, npr.: tlak, temperatura, protok, razina, brzina kemijske reakcije, nadzirano provjetravanje, propusnost instalacija, reakcijskih posuda i spremnika i sl.

U laboratorijima su posebno važni uređaji za mjerenje, upravljanje i nadziranje tehnoloških procesa te za sprječavanje nastanka i širenje požara ili eksplozije ili drugih incidenata su pouzdani dijelovi postrojenja koji pravovremeno:

a) upozoravaju na poremećaj tehnoloških parametara, kada je potrebno automatski, poluautomatski ili ručno obaviti popravak tijekom tehnološkog procesa radi sprječavanja nastajanja opasnih tehnoloških parametara

b) alarmiraju prekoračenje dozvoljene vrijednosti tehnoloških parametara, kada se mora automatski, poluautomatski ili ručno obaviti zaustavljanje pojedinih faza tehnološkog procesa ili uključivanje uređaja ili sustava za gašenje ili hlađenje ili drugih uređaja za sprječavanje nastanka ili širenja požara ili eksplozije ili druge zaštitne funkcije utvrđene glavnim projektom

Sustavi zaštite od požara na građevinama ili postrojenjima su zapravo cjelovit skup tehničkih i organizacijskih mjera zaštite od požara i eksplozija koji se utvrđuje glavnim projektom, pogonskim uputama, općim aktom o zaštiti od požara i planom zaštite od požara građevine ili postrojenja.

Također je važno voditi računa o tehničkim mjerama zaštite od požara koje obuhvaćaju ispravnost:

- uređaja, sustava i drugih elementa,
- vatrogasnih vozila, vatrogasnih aparata i druge opreme i sredstava za gašenje požara,

- osobne i skupne zaštitne opreme za gašenje.

Dobro funkcioniranje laboratorija i osiguravanje zadovoljavajuće razine sigurnosti sa sobom nosi i zahtjev provođenja odgovarajućih organizacijskih mjera zaštite od požara koje obuhvaćaju kako slijedi:

- osposobljenost vatrogasne postrojbe za učinkovito gašenje požara i spašavanje,
- osposobljenost osoblja za otklanjanje opasnosti od požara, eksplozija i drugih incidenata i mogućnost za učinkovito gašenje požara na radnom mjestu,
- organizaciju propisanog održavanja uređaja, sustava, opreme i sredstava.⁸

Važan preduvjet za pouzdanu identifikaciju opasnosti koje bi mogle dovesti od neželjenog štetnog događaja je prije svega dobro poznavanje medija, odnosno fizikalne ili kemijske okoline koja može ugroziti život ili zdravlje radnika.

3.1. Zakonska legislativa

U Republici Hrvatskoj su svi poslodavci obvezni organizirati i provoditi zaštitu na radu. Iz navedenog slijedi da je odgovornost na poslodavcu, neovisno o tome da li je zaposlio (jednog ili više) eksperata zaštite na radu ili je pak obavljanje takovih poslova ugovorio s osobom koja je ovlaštena za izvođenje takvih poslova. Važno je istaknuti da kvalitetno obavljanje poslova pri zaštiti na radu osim vremena zahtjeva prije svega ozbiljan pristup i vrlo visoke kompetencije.

Zakonodavac je donio niz Zakona i pravnih akata koji se bave ovom problematikom a kojima je uređen sustav zaštite na radu, te nacionalna politika i

⁸ http://www.hvz.hr/media/Docs/Pravilnici/Pravilnik_zaptek.pdf

aktivnosti, opća načela prevencije i pravila provedbe zaštite na radu, djelatnost u vezi sa zaštitom na radu kao i prekršajna odgovornost. Osim navedenog Zakonodavac je osnovao Zavod za unaprjeđenje zaštite na radu, a Zakonom o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14) je utvrđena i njegova djelatnost te upravljanje. Svrha navedenog zakona je sustavno unaprjeđivanje sigurnosti i zaštite zdravlja osoba na radu.^{9,10}

3.1.1. Nacionalni propisi – zaštita na radu

1. Zakon o zaštiti na radu
2. Pravilnik o ovlaštenjima za poslove zaštite na radu
3. Pravilnik o obavljanju poslova zaštite na radu
4. Pravilnik o izradi procjene rizika
5. Pravilnik o pregledu i ispitivanju radne opreme
6. Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša
7. Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada
8. Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava
9. Pravilnik o stavljanju na tržište osobne zaštitne opreme
10. Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja na radu trudne radnice, radnice koja je nedavno rodila i radnice koja doji
11. Pravilnik o sigurnosnim znakovima
12. Pravilnik o pružanju prve pomoći radnicima na radu
13. Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada
14. Pravilnik o osposobljavanju iz zaštite na radu i polaganju stručnog ispita
15. Pravilnik o evidenciji, ispravama, izvještajima i knjizi nadzora iz područja zaštite na radu
16. Pravilnik o utvrđivanju zdravstvene sposobnosti, načinu i postupku utvrđivanja prisutnosti alkohola, opojnih droga i psihotropnih tvari u organizmu izvršnih radnika željezničkog sustava

⁹ <https://www.zakon.hr/z/167/Zakon-o-za%C5%A1titi-na-radu>

¹⁰ <http://zuznr.hr/>

17. Odluka o osnivanju nacionalnog vijeća za zaštitu na radu
18. Odluka o troškovima komisije za nadzor rada i reviziju ovlaštenja ovlaštenih osoba za poslove zaštite na radu

3.1.2. Propisi prema rizicima

OPASNOSTI

POŽAR I EKSPLOZIJA

1. Zakon o zaštiti od požara
2. Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima
3. Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara
4. Pravilnik o vatrogasnim aparatima
5. Pravilnik o iskaznici osoba ovlaštenih za obavljanje kontrole provedbe propisanih mjera zaštite od požara
6. Pravilnik o izradi procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije
7. Pravilnik o minimalnoj osobnoj zaštitnoj i tehničkoj opremi inspektora zaštite od požara
8. Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja
9. Pravilnik o obavljanju inspekcijskog nadzora zaštite od požara za potrebe ministarstva obrane i ministarstva pravosuđa
10. Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara
11. Pravilnik o ovlaštenjima za izradu elaborata zaštite od požara
12. Pravilnik o planu zaštite od požara
13. Pravilnik o postajama za opskrbu prijevoznih sredstava gorivom
14. Pravilnik o postupku pečačenja, obliku, sadržaju i načinu uporabe pečata u provedbi mjera zabrane u području zaštite od požara
15. Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara
16. Pravilnik o provjeri tehničkih rješenja iz zaštite od požara predviđenih u glavnom projektu
17. Pravilnik o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara
18. Pravilnik o razvrstavanju građevina u skupine po zahtjevanosti mjera zaštite od požara
19. Pravilnik o revidentima iz zaštite od požara

20. Pravilnik o sadržaju elaborata zaštite od požara
21. Pravilnik o sadržaju i načinu vođenja evidencija iz područja zaštite od požara
22. Pravilnik o sadržaju općeg akta iz područja zaštite od požara
23. Pravilnik o službenoj iskaznici i službenoj znački inspektora zaštite od požara
24. Pravilnik o stručnim ispitima u području zaštite od požara
25. Pravilnik o sustavima za dojavu požara
26. Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta
27. Pravilnik o temeljnim zahtjevima za zaštitu od požara elektroenergetskih postrojenja i uređaja
28. Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe
29. Pravilnik o zaštiti od požara kod građenja
30. Pravilnik o zaštiti od požara u skladištima
31. Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu
32. Pravilnik o zapaljivim tekućinama
33. Zakon o eksplozivnim tvarima te proizvodnji i prometu oružja
34. Pravilnik o uvjetima i načinu provedbe sigurnosnih mjera kod skladištenja eksplozivnih tvari
35. Pravilnik o uvjetima i načinu proizvodnje eksplozivnih tvari
36. Pravilnik o stručnom osposobljavanju osoba za rukovanje eksplozivnim tvarima
37. Pravilnik o načinu označavanja eksplozivnih tvari
38. Pravilnik o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom
39. Pravilnik o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u potencijalno eksplozivnim atmosferama
40. Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, protupožarna zaštita¹¹

¹¹ <http://zuznr.hr/propisi/nacionalni-propisi/>

ŠTETNOSTI

KEMIJSKE

1. Zakon o kemikalijama
2. Zakon o obveznom zdravstvenom nadzoru radnika profesionalno izloženih azbestu
3. Pravilnik o graničnim vrijednostima izloženosti opasnim tvarima pri radu i o biološkim graničnim vrijednostima

4. Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti opasnim kemikalijama na radu
5. Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenima i/ili mutagenima
6. Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izlaganja azbestu
7. Pravilnik o zaštiti na radu pri radu s tvarima koje sadrže poliklorirane bifenile, poliklorirane naftalene i poliklorirane terfenile
8. Pravilnik o uvjetima za obavljanje djelatnosti proizvodnje, stavljanja na tržište i korištenja opasnih kemikalija
9. Pravilnik o uvjetima i načinu stjecanja te provjere znanja o zaštiti od opasnih kemikalija
10. Pravilnik o uvjetima glede posebnih mjera zaštite na radu s otrovima u pravnim osobama koje rabe otrove u znanstvenoistraživačke svrhe
11. Pravilnik o skladištenju opasnih kemikalija koje djeluju u obliku plina
12. Pravilnik o načinu vođenja očevidnika o kemikalijama te o načinu i rokovima dostave podataka iz očevidnika
13. Pravilnik o načinu vođenja očevidnika o kemikalijama te o načinu i rokovima dostave podataka iz očevidnika – OBRASCI 1–2
14. Pravilnik o načinu vođenja očevidnika o kemikalijama te o načinu i rokovima dostave podataka iz očevidnika – OBRAZAC 3

15. Pravilnik o načinu provedbe i sadržaju ispita, te izgledu i roku valjanosti uvjerenja o stručnoj osposobljenosti sigurnosnog savjetnika
16. Pravilnik o načinu, programu, provedbi stručnog osposobljavanja i provjere znanja sigurnosnog savjetnika
17. Pravilnik o malim količinama otrova namijenjenih za laboratorijske i znanstvene svrhe
18. Popis otrova namijenjenih održavanju komunalne higijene, za dezinfekciju, deratizaciju, odstranjenje lošeg mirisa i dekontaminaciju¹¹

3.2. Postojeće opće i posebne mjere, aktivnosti i radnje protupožarne/protueksplozijske sigurnosti, zaštite i intervencije

Postoji cijeli niz općih i posebnim mjera, aktivnosti i radnji koje su usmjerene na osiguravanje protupožarne odnosno protueksplozijske sigurnosti, zaštite i odgovarajuće i pravovremene intervencije.

3.2.1. Ispitivanje električnih instalacija

Mjerenja koja se odnose na ispitivanje električnih instalacija su propisana čl. 38., st. 2. Zakona o zaštiti od požara (NN 92/10)¹², a prema Tehničkom propisu za niskonaponske električne instalacije (NN 5/10)¹³ obveza provođenja istih je svake 4 godine.

¹² <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>

¹³ <http://www.gradnja.org/zakoni/tehniki-propisi/174-tehnicki-propis-za-niskonaponske-elektricne-instalacije.html>

3.2.2. Pregled i ispitivanje gromobranskih instalacija

Na osnovi Tehničkih propisa za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama (NN 87/08, 33/10)¹⁴ i Zakona o normizaciji (NN 80/13)¹⁵:

- mjerenje otpora uzemljenja sa shemom mjernih mjesta
- izradu revizijske knjige za gromobranske instalacije.

3.2.3. Pregled i ispitivanje zaštite od statičkog elektriciteta

Na temelju Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta (Sl. list 62/73)¹⁶, te prema Preporukama za zaštitu od statičkog elektriciteta Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske korisnici su obvezni ispitati sredstva (pumpne rezervoare i sl.) svakih 6 mjeseci.

3.2.4. Ispitivanje ispravnosti stabilnih instalacija za dojavu i gašenje požara

Na osnovi članka 40. Pravilnika o provjeri ispravnosti stabilnog sustava zaštite od požara (NN 44/12)¹⁷, a u skladu sa Zakonom o zaštiti od požara (NN 92/10)¹⁸ potrebno je provoditi:

- ispitivanje vanjske i unutarnje hidrantske mreže,
- izradu sheme hidrantske mreže,
- ispitivanje funkcionalnosti stabilnih instalacija za gašenje požara,
- ispitivanje instalacija i uređaja za dojavu požara,
- servis vatrodojavnog sustava, čišćenje i reviziju javljača požara,
- projektiranje, izvedbu i ispitivanje protupanične rasvjete.

¹⁴ <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/tpn030.pdf>

¹⁵ <https://www.zakon.hr/z/518/Zakon-o-normizaciji>

¹⁶ <http://hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Pravilnik-stati%C4%8Dki-elektricitet.pdf>

¹⁷ <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/ope015.pdf>

¹⁸ <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>

3.2.5. Ispitivanje plinskih instalacija

Na temelju Zakona o zaštiti od požara (NN 92/10)¹⁸ i Pravilnika o uvjetima provjere ispravnosti plinskih instalacija HSUP (HSUP-P601.111)¹⁹ provjeru i ispitivanja:

- plinskih instalacija radnih prostora,
- plinskih instalacija industrijskih i mjerno-regulacijskih postrojenja te plinskih kotlovnica.

3.2.6. Izrada procjena ugroženosti od požara, planova zaštite od požara i pravilnika o zaštiti od požara

Na osnovi članka 20. Zakona o zaštiti od požara Republike Hrvatske (NN 92/10)²⁰, Pravilnika o planu zaštite od požara (NN 51/12)²¹, Pravilnika o izradi procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije (NN 35/94, 110/05. i 28/10)²², Pravilnika o sadržaju općeg akta iz područja zaštite od požara (NN 116/11)²³ provode se postupci:

- izrade procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije,
- izrade plana zaštite od požara,
- izrade pravilnika o zaštiti od požara.

¹⁹ <http://hsup.hr/izdavastvo/pravilnik-o-uvjetima-postupku-ispitivanja-nepropusnosti-i-ispravnosti-plinskih-instalacija/>

²⁰ <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>

²¹ <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/ope012.pdf>

²² <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/ope006.pdf>

²³ <http://ecomission.hr/wp-content/uploads/2015/04/Pravilnik-o-sadr%C5%BEaju-op%C4%87eg-akta-iz-podru%C4%8Dja-za%C5%A1tite-od-po%C5%BEara.pdf>

3.2.7. Osposobljavanje za gašenje požara i spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom²⁴

Kako bi se proveo postupak gašenja požara jasno je da je za isti potrebno ukloniti jedan od uvjeta koji omogućavaju gorenje. Navedeno se može provesti na nekoliko načina. Ako se snižava temperatura ispod temperature paljenja, vatra će se ugasi, a takav način gašenja naziva se gašenje ohlađivanjem. Također je moguće spriječiti pristup kisika (O₂), što će jasno rezultirati gašenjem vatre, ovakav pristup gašenju naziva se gašenje ugušivanjem. Gorenje je moguće prekinuti i oduzimanjem gorive tvari.

Neka sredstva za gašenje, kao što su haloni i prah imaju antikatalitičko djelovanje na vatru, čime se prekida lančana reakcija gorenja. Tvari kojima se postiže jedan od načina gašenja, zovu se sredstva za gašenje. Pijesak, zemlja i slične tvari koje ne gore svrstavaju se u kategoriju krutih pomoćnih sredstava za gašenje požara. U nedostatku odgovarajućih sredstava i sprava za gašenje požara često se koriste i pomoćna sredstva. Pijesak, zemlja i druge krute tvari efikasni su kod gašenja površinskih požara, posebno za gašenje manjih požara različenih zapaljivih tekućina i nekih zapaljivih borbenih sredstava.

Tekstilni pokrivači se upotrebljavaju za gašenje manjih početnih požara kao npr.: zapaljivih tekućina u posudama, za gašenje plinova motornih vozila. Posebno je značajna i česta njihova primjena u gašenju zapaljenih osoba, zbog mogućnosti vrlo brze intervencije.²⁵

Požari na zapaljivim tekućinama kao što su benzin, benzol, benzen, ulja, masti, lakovi, tekuće smole, razrjeđivači, eter, alkohol i dr., gase se veoma uspješno suhim kemikalijama (prahom), pjenom i halonima, dok je uspjeh s ugljičnim dioksidom (CO₂) slabiji. Kod manjih požara mogu se uspješno koristiti i „puške za gašenje“ koje gase s malom količinom vode (H₂O) i priručnim sredstvima poput zemlje, pijeska i dr.²⁵

²⁴ <http://www.zirs.hr/zastita-od-pozara>

²⁵ <http://hns-cff.hr/files/documents/4369/Priru%C4%8Dnik%20za%C5%A1tita%20na%20radu.pdf>

4. EKSPERIMENTALNI DIO

Tehnički gledano ljudi općenito imaju relativno malen, ako ga uopće i imaju, izravni nadzor nad svojim radnim navikama. Općenito velika većina djelatnika u kemijskim laboratorijima, bilo u sklopu instituta/fakulteta ili pak industrije, posjeduje visoko obrazovanje i iskustvo te je upravo poradi navedenoga jasno da bi trebali imati svijest i sposobnost prihvaćanja sigurnosti u vidu svojevrsne samodiscipline i individualne profesionalne odgovornosti. Neka od iskustava su pokazala da je važan interes sudionika, te da bi administracija trebala sudjelovati u vidu vođenja i savjetovanja dok se rad i njegova sigurnost treba prepustiti laboratorijskom osoblju i neposrednom nadzornom osoblju koje ima odgovarajuće kompetencije.²⁶

4.1. Primjeri požara

4.1.1. primjer – požar uslijed izlivanja dietil-etera ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$)

Slučaj 1.

Student postdiplomskog studija američkog Sveučilišta bio je ozlijeđen uslijed pojave vatre (bljesak) koja je bila nusprodukt reakcije pri kojoj je korišten volumen od 1 litre dietil-etera. Zadatak je bio provesti filtraciju dietil-etera kroz filter unutar kojega je bio smješten higroskopni natrijev-sulfat, čija je uloga bila u vidu sredstva za sušenje. Aparatura za filtriranje je uključivala filter koji je spojen na 2-litrenu tikvicu s okruglim dnom i spajanje na vakuum. Tikvica s okruglim dnom je bila pričvršćena za stalak putem odgovarajuće kleme.

²⁶ Braidech, M. M., *Fire and Explosion Problems in Laboratories and Pilot Plants*, J. Chem. Educ., 44 (4), p A319, DOI: 10.1021/ed044pA319 (1967)

Student je radio u digestoru, međutim u jednom trenutku se 2-litrena tikvica u kojoj je bio produkt reakcije i dietil-eter razbila, a sadržaj razlio unutar digestora i po okolnom podu ispred digestora.

Da situacija bude gora cijela je komora bila smještena s prednje strane inače zatvorenih vrata sušionika, tako da kad se vrata zatvore, zapaljiva smjesa ne može doći u kontakt s grijačem. Međutim sigurnosni pojas je bio potpuno otvoren.

Nekoliko sekundi kasnije, požar koji se dizao s poda ispred digestora zahvatio je studenta. Izvor zapaljenja bio je najvjerojatnije sušionik koji je bio smješten ispod digestora. Na žalost student nije bio propisno obučen za rad u laboratoriju nego je nosio kratke hlače i sandale. Student se uspio odmaknuti od sušionika i digestora, te se počeo kotrljati po podu kako bi ugasio vatru. Dodatni problem je bio i u tome što je obližnji tuš s vodom bio blokiran s opremom. Uz pomoć kolega student je uspio izaći iz zgrade, te je nakon pružene prve pomoći bio prebačen u bolnicu na danje liječenje.

Ovaj slučaj je dobar primjer opasnosti koje vrebaju pri radu u laboratoriju i te kako treba poduzeti sve mjere opreza, od nošenja zaštitne kute, naočala, rukavica itd.. Ono što je važno istaknuti da u tom laboratoriju nije bilo pisane standardne radne procedure (SOP, engl. *Standard Operating Procedure*) i očito je da se radilo o načelno jednostavnoj proceduri s kojom se student susreo više puta. Međutim uvidom u dokumentaciju bilo je vidljivo da student navedeno nije upisao u svoj laboratorijski dnevnik niti u bilješke rada laboratorija, iako je sam student već ranije izvodio navedeni postupak uz nadzor svog mentora.

Zanimljiva činjenica u ovom slučaju je i to da je 2 godine prije ovog incidenta sam laboratorij bio podvrgnut čak trima inspekcijama sigurnosti, koje su u svojim dokumentima navele mnoge nedostatke u proceduri i teške uvijete rada obzirom na broj ljudi koji radi u tom laboratoriju.

Postoji nekoliko koraka koji se mogu poduzeti da se spriječi ili ublaži ovakav incident, a oni su:

1. Provjera staklenog posuđa/aparature u vidu pukotina ili ogrebotina prije same uporabe, te prema potrebi zamijeniti oštećeno staklo.
2. Za transport ili držanje otapala koristiti plastificirano staklo, te stakala koja su otpornija na lomljenje.
3. Veći radni prostor. U ovom slučaju prema dokumentaciji u ovom laboratoriju je ponekada simultano radilo do 14 ljudi.
4. Pri radu u digestoru treba izbjegavati slaganje aparature na samom rubu, nego raditi barem do 10-tak centimetara unutar istoga. Navedeno je izuzetno važno za odvođenje para i plinova koji se razvijaju kao nusprodukt reakcija.
5. Radite s digestorom koji se može zatvoriti, jer isto sprječava izloženost plinovima, a može spriječiti i izloženost vatri.
6. Voditi računa da sigurnosna oprema, poput sigurnosnog tuša, nije blokirana te da joj je pristup lak.
7. Voditi računa da sušionici i peći za žarenje nisu smješteni u neposrednoj blizini ili pak ispod digestora.
8. Voditi računa da su svi ljudi koji rade u laboratoriju propisno obučeni u odgovarajuće kute, duge hale i pripadne zatvorene cipele. Posebno treba voditi računa da se zabrani nošenje kratkih hlača, suknji i sandala.
9. Voditi računa da svi ljudi nose odgovarajuće zaštitne naočale, a ljudi s dužom kosom da ju imaju obuzdanu i podignutu.
10. Važna je provedba odgovarajuće edukacije za sve koji rade u laboratorijima te upoznavanje s pripadnim protokolima.
11. Izuzetno je važno vođenje laboratorijskih dnevnika.²⁷

²⁷ <https://www.aiha.org/get-involved/VolunteerGroups/LabHSCCommittee/Incident%20Pages/Lab-Safety-Fire-Incidents---Chemical-based.aspx>



Slika 3. Primjer požara u laboratoriju.

Izvor: <http://3dsbiovia.com/blog/index.php/2015/01/09/reduce-potential-dangers-lab-perform-fire-risk-assessment/>

4.1.2. primjer - Eksplozija i požar otapala

Slučaj 2.

Požari i eksplozije otapala

U skladištu jednog američkog Sveučilišta nalazio se bubanj volumena 208 L koji je sadržavao je oko 113 litara miješanih organskih otapala. Eksplozija ga je lansirala prema stropu unutar skladišta opasnog otpada pri čemu je počeo goriti. Srećom, nitko nije ozlijeđen. Pomiješana organska otapala u bubnju su bila sakupljana zajedno iz različitih spremnika otpadnih otapala iz laboratorija diljem kampusa. Sličan proces zajedničkog sakupljanja se koristi u mnogim istraživačkim institucijama. Otapala se miješano sakupljaju jer navedeno dovodi do značajne ušteda troškova odlaganja jednog velikog bubnja za razliku od mnogih manjih kontejnera. Ovaj incident pokazuje koliko je važno da svaki laboratorij potpuno ispiše sadržaj na svakom spremniku u vidu oznake opasnog otpada.²⁷



Slika 4. Izgled laboratorija nakon gašenja požara.

Izvor: <http://publicsafety.tufts.edu/ehs/files/labfire2.jpg>

4.1.3. primjer – Eksplozija i požar na Institutu Ruđer Bošković

Slučaj 3.

U laboratoriju na Institutu Ruđer Bošković se 21. veljače 2018. u ranojutarnjim satima dogodila eksplozija hladnjaka. Sam požar koji je uslijedio nakon eksplozije je zahvatio dio laboratorija, a u gašenju vatre su sudjelovala 3 vatrogasca s Instituta. Iako su uspjeli obuzdati požar sva 3 vatrogasca su ozlijeđena i prevezena u KBC Zagreb. Prema informacijama iz medija navodi se da je hladnjak bio pun kemikalija, što i ne čudi obzirom da se radi o laboratoriju sintetsku i organsku kemiju u sklopu Zavoda za organsku kemiju. Jutro nakon je pristupljeno čišćenju zgarista te je izvršeno mjerenje koncentracije plinova. Kako se navodi zasad još nisu utvrđeni razlozi eksplozije i požara prema informacijama koje je izdala Policijska uprava zagrebačka.²⁸

²⁸ <http://www.index.hr/black/clanak/eksplozija-na-institutu-rudjer-boskovic-ozlijedjena-tri-vatrogasca/1027432.aspx>



Slika 5. Laboratorij Instituta Ruđer Bošković nakon što je ugašen požar.

Izvor: <https://www.24sata.hr/news/eksplozija-u-laboratoriju-na-ru-eru-ozlije-eni-vatrogasci-561642>

5. ZAKLJUČAK

Proces paljenja se u osnovi sastoji iz prijelaza energije od izvora paljenja na požarni objekt, odnosno zapaljivu materiju. Ova energija je najčešće toplinska, tako da izvor paljenja vrši neophodnu pripremu za izbijanje požara. Naravno da i drugi uvjeti moraju biti ispunjeni, ali se može reći da u suvremenom životu postoji ogroman broj slučajeva takvih odnosa izvora paljenja i požarnih objekata, da postoje uvjeti za paljenje. Postoji cijeli niz tvari koja se pod određenim uvjetima mogu zagrijati do točke samozapaljenja.

Proces od samozagrijavanja do samozapaljenja je vremenski proces pri kojem temperatura tvari postepeno raste, pri čemu se proces sve više ubrzava, da bi na kraju došlo do pojave plamena ili sagorijevanja u užarenom stanju.

Preventiva je najvažnija te obuhvaća mjere opreza od požara, no prilikom izbijanja požara dužnost je svake osobe ugasiti požar ako to može učiniti bez opasnosti za sebe ili drugu osobu. A ukoliko ta osoba to ne može učiniti sama, dužna je obavijestiti najbližu vatrogasnu postrojbu, policijsku upravu, centar za obavještanje i uzbuđivanje te po potrebi i prvu pomoć. Također je poželjno znati pružiti adekvatnu prvu pomoć svakom unesrećenom od vatre do dolaska profesionalnih službi na teren.

Kako bi se osigurao siguran rad u laboratorijima potrebno je poštivati sve protokole i procedure. Također važno je da se radi u odgovarajuće uređenom laboratoriju, uz istaknute znakove potencijalnih opasnosti, te da su odgovarajući mehanizmi zaštite u funkciji i jasno označeni. Ljudi koji rade u laboratorijima moraju biti propisno odjeveni, te moraju posjedovati odgovarajuću edukaciju.

6. LITERATURA

1. <https://www.zakon.hr/z/167/Zakon-o-za%C5%A1titi-na-radu>
(15.02.2018.)
2. <https://www.zakon.hr/z/710/Zakon-o-inspektoratu-rada> (15.02.2018.)
3. www.faolex.fao.org/docs/texts/cro135632.doc (15.02.2018.)
4. <http://hns-cff.hr/files/documents/4369/Priru%C4%8Dnik%20za%C5%A1tita%20na%20radu.pdf> (15.02.2018.)
5. http://www.hvz.hr/media/Docs/Pravilnici/Pravilnik_zaptek.pdf
(15.02.2018.)
6. <http://www.mppi.hr/UserDocsImages/ADR%202011%202.%20dio.pdf>
(15.02.2018.)
7. Đ Pavelić, *Mjere zaštite od požara i izvori paljenja*, SIGURNOST 54 (2) 205 - 208 (2012)
8. http://www.hvz.hr/media/Docs/Pravilnici/Pravilnik_zaptek.pdf
(15.02.2018.)
9. <https://www.zakon.hr/z/167/Zakon-o-za%C5%A1titi-na-radu>
(15.02.2018.)
10. <http://zuznr.hr/> (15.02.2018.)
11. <http://zuznr.hr/propisi/nacionalni-propisi/> (15.02.2018.)
12. <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>
(15.02.2018.)
13. <http://www.gradnja.org/zakoni/tehniki-propisi/174-tehnicki-propis-za-niskonaponske-elektricne-instalacije.html> (15.02.2018.)
14. <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/tpn030.pdf>
(15.02.2018.)
15. <https://www.zakon.hr/z/518/Zakon-o-normizaciji> (15.02.2018.)
16. <http://hzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Pravilnik-stati%C4%8Dki-elektricitet.pdf>

17. <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/ope015.pdf>
(15.02.2018.)
18. <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>
(15.02.2018.)
19. <http://hsup.hr/izdavastvo/pravilnik-o-uvjetima-postupku-ispitivanja-nepropusnosti-i-ispravnosti-plinskih-instalacija/> (15.02.2018.)
20. <https://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>
(15.02.2018.)
21. <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/ope012.pdf>
(15.02.2018.)
22. <http://zuznr.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/ope006.pdf>
(15.02.2018.)
23. <http://ecomission.hr/wp-content/uploads/2015/04/Pravilnik-o-sadr%C5%BEaju-op%C4%87eg-akta-iz-podru%C4%8Dja-za%C5%A1tite-od-po%C5%BEara.pdf> (15.02.2018.)
24. <http://www.zirs.hr/zastita-od-pozara> (15.02.2018.)
25. <http://hns-cff.hr/files/documents/4369/Priru%C4%8Dnik%20za%C5%A1tita%20na%20radu.pdf> (15.02.2018.)
26. Braidech, M. M., *Fire and Explosion Problems in Laboratories and Pilot Plants*, J. Chem. Educ., 44 (4), p A319, DOI: 10.1021/ed044pA319 (1967)
27. <https://www.aiha.org/get-involved/VolunteerGroups/LabHSCCommittee/Incident%20Pages/Lab-Safety-Fire-Incidents---Chemical-based.aspx> (15.02.2018.)
28. <http://www.index.hr/black/clanak/eksplozija-na-institutu-rudjer-boskovic-ozlijedjena-tri-vatrogasca/1027432.aspx> (15.02.2018.)

7. PRILOZI

7.1. Popis slika

Slika 1. Dijamant opasnosti za benzen.....	11
Slika 2. Oznaka na tvari koja je lako zapaljiva i rad s njom zahtjeva dodatan oprez	11
Slika 3. Primjer požara u laboratoriju.....	33
Slika 4. Izgled laboratorija nakon gašenja požara.	34
Slika 5. Laboratorij Instituta Ruđer Bošković nakon što je ugašen požar.	35