

# SIGURNOST U LABORATORIJU

---

**Kelečić, Valentina**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

*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:128:699741>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



**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 REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Valentina Kelečić

# **SIGURNOST U LABORATORIJU**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Valentina Kelečić

# **SAFETY IN THE LABORATORY**

MASTER'S THESIS

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Valentina Kelečić

# **SIGURNOST U LABORATORIJU**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: dr.sc. Snježana Kirin, prof.v.š.

Karlovac, 2022.



**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**

Specijalistički studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2022.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Valentina Kelečić

Matični broj: 042017006

Naslov: Sigurnost u laboratoriju

Opis zadatka:

U radu je potrebno navesti koje opasnosti i rizici postoje u laboratoriju i koja se zaštitna oprema treba koristiti te prikazati koliko je važno pridržavati se svih pravila i mjera sigurnosti.

U eksperimentalnom dijelu treba provesti anketni upitnik u laboratoriju u kojem će sudjelovati oko 30 ispitanika.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Mentor:  
dr.sc. Snježana Kirin, prof. v.š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

*Ovom prilikom želim se zahvaliti svojoj mentorici dr.sc. Snježani Kirin, prof.v.š. na suradnji, pomoći i savjetima u pripremi i izradi diplomskog rada.*

*Također veliko hvala svim profesorima na prenesenom znanju i vještinama, mojim kolegama i prijateljima, a posebno mojoj obitelji na potpori tijekom cijelog studiranja.*

## **SAŽETAK**

Obavljanjem svakodnevnog rada u laboratoriju radnici se izlažu različitim izvorima opasnosti. Naglašava se kako su opasnosti prisutne neovisno o tome kojim se metodama koristi ili u kojoj vrsti laboratorija se posao obavlja. Izvori opasnosti su oni koji mogu uzrokovati različite nezgode koje mogu dovesti do ozljeda s lakšim ili pak s težim posljedicama. Velika većina pogrešaka unutar laboratorijskog okruženja događa se upravo radi nečije pogreške. Iz tog razloga potrebno je naučiti raditi prije svega na siguran način. To će se postići putem usvajanja pravila sigurnog rada. Cilj ovog rada stoga je pokazati temeljne značajke sigurnosti u laboratoriju.

Ključne riječi: laboratorij, opasnost, rizik, rad, sigurnost

## **SUMMARY**

By performing daily work in the laboratory, workers are exposed to various sources of danger. It is emphasized that hazards are present regardless of which methods are used or in which type of laboratory the work is performed. Sources of danger are those that can cause various accidents that can lead to injuries with mild or severe consequences. The vast majority of mistakes within a lab environment happen precisely because of someone's mistake. For this reason, it is necessary to learn to work primarily in a safe way. This will be achieved through the adoption of safe work rules. The aim of this paper is therefore to demonstrate the basic safety features in the laboratory.

Keywords: laboratory, hazard, risk, operation, safety

# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ .....	IV
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj istraživanja.....	2
1.2. Metodologija izrade rada.....	2
2. KEMIKALIJE KAO OSNOVNA PRIJETNJA SIGURNOSTI U LABORATORIJU.....	3
2.1. Nabava, zaprimanje i skladištenje kemikalija.....	3
2.2. Rizici pri uzrokovanju.....	6
2.3. Rizici pri prenošenju.....	6
2.4. Zbrinjavanje kemikalija u laboratoriju.....	7
3. RIZICI U LABORATORIJU.....	9
3.1. Rukovanje vrućom opremom i staklenim posuđem.....	9
3.2. Kemijske štetnosti.....	10
3.3. Biološke štetnosti.....	10
3.4. Ostale opasnosti.....	11
3.4.1. Mehaničke opasnosti.....	11
3.4.3. Opasnosti od eksplozije i požara.....	11
3.4.4. Opasnost od poremećenih temperatura.....	12
3.5. Rukovanje laboratorijskim instrumentima.....	12



3.5.1. Struja.....	12
3.5.2. Radioaktivnost.....	13
3.5.3. Laseri.....	13
3.5.4. Mehanika.....	14
3.5.5. Sustavi pod tlakom i vakuumi.....	14
4. PODRUČJE SIGURNOSTI U LABORATORIJU.....	16
4.1. Osobna zaštitna oprema i odjeća.....	16
4.1.1. Laboratorijska kuta.....	16
4.1.2. Zaštitna obuća.....	17
4.1.3. Rukavice.....	17
4.1.4. Zaštitne naočale.....	17
4.1.5. Štitnici za lice.....	18
4.1.6. Respiratori.....	18
4.2. Hitna oprema.....	18
4.2.1. Vatrogasni Aparat.....	18
4.2.2. Stanice za ispiranje očiju.....	18
4.2.3. Sigurnosni tuševi.....	19
4.2.4. Pribor za prvu pomoć.....	19
4.2.5. Ispušni ventilatori.....	19
4.3. Radno mjesto.....	19
5. UČESTALOST NESREĆA U LABORATORIJU.....	20
6. EKSPERIMENTALNI RAD.....	23
7. REZULTATI I RASPRAVA.....	25

8. ZAKLJUČAK.....	39
9. LITERATURA.....	40
10. PRILOZI.....	41
Popis tablica.....	41
Popis grafikona.....	41

# 1. UVOD

Sigurnost u laboratoriju nesumnjivo je primarna briga jer sigurno okruženje na bilo kojem radnom mjestu osigurava bolju kvalitetu i produktivnost. Smrt Marie Curie uzrokovana je zbog anemije uzrokovane izlaganju zračenja radija iz epruveta koje je nosila prilikom istraživanja. Ovo je dobro poznat primjer što dokazuje važnost sigurnosti u području kemije. Kobne nesreće su se dogodile u laboratorijima u nedavnoj prošlosti. Na taj način skrenuta je pozornost saveznih vlasti i medija te su na taj način istaknuli važnost poučavanja i provedbe laboratorijske sigurnosti u akademskim okvirima. Ova stavka je ključna za razvoj istinske kulture sigurnosti u istraživačkim i nastavnim laboratorijima u akademskim institucijama. Stoga mora postojati formalizirana obuka o sigurnosti koja se provodi ne samo za studente nego i za nastavno i nenastavno osoblje.

Potreba za izgradnjom, jačanjem i poboljšanjem elemenata jake sigurnosti kultura je koja je intenzivno prepoznata. Kao cilj za podizanje ljestvice laboratorijske sigurnosti u akademskim krugovima, sve veći naglasak je na laboratoriju. Sigurnost je promatrana na nacionalnim i regionalnim konferencijama. Također, Odbor ACS-a (American Chemical society) za kemijsku sigurnost uspostavio je „Radnu skupinu za sigurnosnu kulturu“ u suradnji s ACS društvom, Odborom za obrazovanje, Odborom za stručno osposobljavanje, Odborom mlađih kemičara i Odjelom za kemijsko zdravlje i Sigurnost (DCHAS). U laboratorijskim uvjetima bitno je obratiti pozornost na čimbenike odgovorne za nesreće.

Neki od načina za ublaživanje opasnosti od nesreća su: nadogradnja smjernica i resursni materijali, sigurnosna obuka, jačanje programa laboratorijskih pregleda i rad sa sigurnosnim odborima za redovito, učvršćivanje suradničkih odnosa s istraživačima i u interakciji s kolegama na drugim institucijama.

Dobre sigurnosne prakse, poput prikladnog nošenja zaštitne opreme također treba nadopuniti ažuriranjem sigurnosnih listova, kemijskih popisa, kemikalija, higijenskim planom i standardnim operativnim postupcima. Ljudi koji rade u

laboratoriju trebali bi biti svjesni hitnih postupaka u problematičnim situacijama koje uključuje poznavanje mjesta i uporabe aparata za gašenje požara, pribor za izlijevanje, hitni tuš, ispiranje očiju, izlazi za hitne slučajeve itd.

### **1.1. Predmet i cilj istraživanja**

Predmet istraživanja je sigurnost u laboratoriju. Temeljni cilj ovog rada je ukazati na mnoge izvore opasnosti s kojima se susreću radnici tijekom rada u laboratoriju te koliko je nužno pridržavati se svih pravila i mjera zaštite kako bi se izbjegle ozljede na radu.

### **1.2. Metodologija izrade rada**

Izrada rada temelji se na sekundarnim izvorima podataka. U istraživanju koristit će se već postojeća literatura koja uključuje mnoge znanstvene radove, istraživanja kao i rezultate tih istraživanja, provedenih od strane stručnjaka na području Republike Hrvatske i svijeta. Od metoda će se upotrijebiti induktivna metoda putem koje će se temeljem pojedinačnih činjenica i spoznaja iz literature, ali i vlastitog iskustva, graditi novi zaključci. Sljedeća metoda je deduktivna metoda koja će objasniti postojeće činjenice, poslužiti će za predviđanje budućih događaja i pokazati na neke nove činjenice. Metodom deskripcije provede će se zapažanje i opisivanje različitih fenomena koja će uključivati analizu postojeće literature, različitih propisa i dokumentacije. Posljednja je metoda generalizacije. Putem te metode omogućit će se uopćavanje prikupljenih podataka do općenitijeg pristupa prema formaciji zaključaka.

## **2. KEMIKALIJE KAO OSNOVNA PRIJETNJA SIGURNOSTI U LABORATORIJU**

Kemikalije koje se nalaze u laboratoriju prije svega nalaze se u obliku sirovine, poluproizvoda, gotovog proizvoda, reagensa, sredstava namijenjenog za dezinfekciju, sredstva namijenjenog za podmazivanje otpada, saniranje onečišćene površine i drugo. Kao druga zajednička činjenica svim kemikalijama je to da im je propisano jedno ili pak nekoliko opasnih svojstva pa se stoga smatraju opasnim kemikalijama. One se razvrstavaju među opasne i to na temelju fizikalnih svojstava, na temelju opasnog djelovanja na zdravlje zaposlenika ili pak okoliša. Opasne kemikalije je potrebno označavati, obilježavati kao i pakirati na propisan način.

### **2.1. Nabava, zaprimanje i skladištenje kemikalija**

Prilikom naručivanja opasnih kemikalija potrebno je zatražiti od strane proizvođača, tj. uvoznika sigurnosno-tehnički list (STL) na hrvatskom jeziku. Prema potrebi treba zatražiti ujedno i nalaz o čistoći. Ovaj nalaz je od posebne važnosti ukoliko se kemikalija kao takva koristi unutar kontrolno-analitičkih svrha. Proizvođač potom na nalazu mora navesti rok valjanosti kemikalije, u onom slučaju kada ne navodi tada ga je zaposlenik sam potreban odrediti i postaviti ga potom na ambalažu. Potrebno je pridržavati se datuma. Nakon zaprimanja kemikalije nužno je utvrditi radi li se o naručenoj. U navedenu svrhu dolazi do uspoređivanja podataka iz STL-a s onim podacima koji se nalaze na naljepnici zapakirane kemikalije. Vrlo je bitno da se podaci koji se odnose o razvrstavanju kemikalija na STL-u podudaraju s podacima koji se nalaze na naljepnici. Potom te kemikalije je potrebno smjestiti u skladište, odnosno potrebno ih je smjestiti izravno na mjesto korištenja u laboratoriju. [1]

Kako bi u laboratoriju osoblje bilo okruženo s što manjom količinom opasnih kemikalija nužno je iste držati unutar skladišta. Ona kemikalija koja se skladišti trebala bi biti ispravno smještena što bi značilo kako sama boca, odnosno posuda bi trebala biti postavljena što dalje od ruba. Ona mora biti dobro zatvorena, čista i suha. Isto tako kemikalije je potrebno okretati na stranu da se vidi naljepnica. Nepravilno skladištenje na taj način može dovesti do interakcije opasnih kemikalija. Ovom interakcijom kemikalije se na ne kontroliran način miješaju što u konačnici može dovesti do razvoja topline, nastanka požara, a potom i eksplozije.

Kako bi se miješanje onemogućilo potrebno je propisati pravila koja ovise o njihovim opasnim svojstvima, kao ujedno i o karakteristikama ormara, odnosno prostora koji su namijenjeni skladištenju. U tom slučaju odvajaju se one boce ili posude s zapaljivim kemikalijama (najčešće organskim otapalima) od drugih kemikalija i potom se smještaju u predviđene kovinske ormare. Ukupna količina zapaljivih tekućina u jednom ormaru ne smije biti veća od 200 litara. Ovaj ormar mora imati nepropusne spojeve, prag na vratima određene visine, bravu i provjetranja s izlazom na otvoreni prostor. Vrata i police ormara moraju biti osigurani od iskrenja, galvanski povezani i uzemljen, to zadnje je bitno zbog sprječavanja statičkog elektriciteta. Kovinski ormar ne smije se smjestiti na prolazima i prilazima, hodnicima, predvorjima, uredskim prostorima i sl.

Kemikalije koje imaju druga opasna svojstva kemikalije su koje su označene kao vrlo otrovne, otrovne, štetne, nagrizajuće, nadražujuće, karcinogene, mutagene i reproduktivno-toksične te kemikalije koje dovode do preosjetljivosti trebaju se držati u ormarima izrađenim od materijala kompatibilnog s tim kemikalijama. U ovom slučaju ormar bi trebao biti konstruiran kako bi spriječio izlivanje ili pak prosipanje kemikalije izvan samog ormara.

U navedenu svrhu se koriste ormari koji imaju police u obliku kadica. Iznimno je važno da kemikalije koje bi mogle međusobno reagirati ne budu držane skupa, nego odvojeno. Ovdje se primjerice radi o jakim kiselinama i jakim lužinama, oksidansima i reducensima i zapaljivim kemikalijama i drugim. [2,3]

Ormar i prostori koji su namijenjeni za osiguranje smještaja opasnih kemikalija moraju zapravo biti označeni putem standardnih sigurnosnih znakova. Tako primjerice na uzlaznim vratima unutar prostora potrebno je staviti oznaku „obavezno korištenje osobne zaštitne opreme“ i prema potrebi „Zabrana ulaza neovlaštenim osobama“. Na kovinskim ormarima oznaka zapaljivosti, a na ostalim ormarima oznake ovisno o pripisanim opasni svojstvima kemikalije koja se u njima skladišti. Na ulazu u skladišni prostor ili na vratima ormara mora se osigurati popis kemikalija koje se trenutno nalaze kao i kratke upute za korištenje prostora i ormara. Između ostalog upute moraju sadržavati podatke za koju je vrstu kemikalije prostor ili ormar namijenjen, koje se kemikalije ne smiju držati u njemu, koje sredstvo treba koristiti za početno gašenje požara, kako postupati u slučaju razlijevanja i prosipanja, kako se prostor ili ormar održava i čisti. Svi zaposlenici koji koriste kemikalije moraju biti osposobljeni za sigurno korištenje ormara prema uputama, a sudjelovanje na osposobljavanju dokazuju potpisom. Sigurnosne upute, natpisi i znakovi sigurnosti moraju biti izrađeni kako bi bili razumljivi svim zaposlenicima.

Kemikalije unutar laboratorija isto tako se mogu nalaziti i u plinovitom stanju. One se koriste za vođenje kemijskih procesa, proces zagrijavanja, spaljivanja, pročišćavanja te kao sredstvo za gašenje požara. Ukoliko se radi o plinovima tada je ujedno prisutna mehanička opasnost, opasnost od smrzavanja, opasnost od gašenja, eksplozije i opasnost od požara. Pravila za rad na siguran način koja se mogu primijeniti su osiguranje boca s komprimiranim plinovima koje moraju biti propisno kodirane bojom. Isto tako one moraju biti označene i obilježene. U najvećem broju slučajeva postavljene su uspravno te su učvršćene lancem za zid. Što se tiče nekorištenih boca one moraju imati zaštitnu kapu, dok ventil za zatvaranje boce mora biti u zatvorenom položaju kada se plin ne koristi.

Veliku pažnju potrebno je posvetiti mjestu na koje se postavlja boca s zapaljivim plinom. Kada je riječ o laboratorijima u njima se najčešće upotrebljava zapaljivi vodik i acetilen za plinsku kromatografiju, za atomsku apsorpciju, kromatografiju ili pak u reakcijama koje se odnose na hidriranje. Boce s takvim plinovima drže se izvan objekata ili na najvišoj etaži objekta. [2,3]

## **2.2. Rizici pri uzorkovanju**

Uzorkovanje opasnih kemikalija u većini slučajeva odvija izvan laboratorijskih prostora, ali ponekada ih obavljaju i zaposlenici laboratorija (kontrolori). Osim uzorkovanja, kontrolori često sami prenose, skladište i analiziraju opasne kemikalije. Uzorkovanje se odvija na određenim mjestima u pogonima, skladištima, prijenosnim spremnicima (cisternama), energetski postrojenjima, strojarnicama i dr. Često obavlja na nepristupačnim mjestima (npr. na otvorenom, na visini, slabo rasvijetljenim mjestima, mjestima sa ne povoljnim mikroklimatskim uvjetima) pa kontrolori mogu biti izloženi različiti opasnostima. Često se uzorkovanje mora obaviti jedino pri nefiziološkom položaju tijela, što kontrolorima pridonosi povećani napor. Uzorkovanje se često provodi u skladištima pri kontroliranim uvjetima, za to se koriste kabine s jednosmjernim strujanjem zraka u kojima kontrolori mogu biti izloženi opasnostima od izvora neionizirajućeg zračenja (UV lampe). Izloženi su još i mehanički (prepreke, poskliznuća, sudari), toplinskim opasnostima (opeklina, smrzotina), štetnostima od buke i drugim opasnostima i štetnostima koje su posljedica svojstva opasnih kemikalija. Ono najvažnije što kontrolore odvaja od ostalih zaposlenika laboratorija je količina opasnih kemikalija koja je puno veća tijekom uzorkovanja u usporedbi s onima koje se koriste u laboratorijskim uvjetima.

## **2.3. Rizici pri prenošenju**

Za prenošenje kemikalija iz skladišta na mjesto korištenja u laboratoriju moraju se osigurati primjerena kolica koja imaju stranice izvedene u obliku kadica s dovoljno visokom ogradom kako bi se zadržao eventualno proliveni sadržaj. U slučaju da se kolica ne mogu koristiti zbog stuba, neravnina ili teške prepreke koriste se ručne košare s prikladnim nosačima za boce ili posude. Materijali od kojih su kolica ili ručne košare napravljene moraju biti kompatibilni s kemikalijom koja se prenosi. Jako je važno izbjegavati ručno prenošenje kemikalija koje može biti opasno posebno pri spoticanju, poskliznuću i sudaru s drugim zaposlenikom ili predmetom. Posljedice takvih opasnosti su razbijanje ili



oštećenje boca i posuda kod kojih zaposlenici mogu biti izloženi i kemijskim opasnostima zbog neposrednog dodira s opasnom kemikalijom.

Prije prenošenja potrebno provjeriti da li ima prepreka na putu, da li je pod onečišćen i sklizak te je li dobro osvijetljen. Treba se pažljivo kretati, a trčanje izbjegavati. Da bi se smanjio rizik od poskliznuća i spoticanja, potrebno je osigurati da površine nisu skliske i mokre, podovi moraju biti izrađeni od ne skliskih materijala, a čišćenje površina se treba obavljati kada je najmanji broj zaposlenika u prostoriji. Potrebno je postaviti rukohvate te obilježiti povišene i snižene površine.

Podne površine po kojima se prenose kemikalije moraju biti elektrovodljive ili uzemljenje, posebno ako se prenose eksplozivne, oksidirajuće i zapaljive kemikalije. Osim elektroprovodnosti, podovi moraju imati svojstvo antistatičnosti kako bi se izbjeglo nakupljanje statičkog elektriciteta te osobna zaštitna oprema također mora biti izrađena od antistatičnih materijala. [4]

## **2.4. Zbrinjavanje kemikalija u laboratoriju**

Spremnici u kojima su kemikalije ili otopine bilo koje vrste koji se čuvaju u laboratorijima moraju biti označene punim kemijskim nazivom i klasifikacijom opasnosti, također moraju sadržavati datum roka valjanosti i ime odgovorne osobe. Važno je da se simbole opasnosti koristi kao vodič za rukovanje kemijskim reagensima. Laboratorij mora održavati inventuru kemikalija jednom godišnje.

S kemikalijama je potrebno raditi tek nakon što se sazna njihova zapaljivost, reaktivnost, korozivnost i toksičnost. Prilikom korištenja kemikalija, potrebno je pažljivo pročitati etiketu prije početka rada. Kako bi se izbjegla kontaminacija i moguća reakcija, nikako se ne smije vratiti ostatak kemikalije u spremnik. Nikada se ne smije dodavati voda u kiselinu, nego uvijek se dodaje kiselina polako ulijevajući vodu uz miješanje. Pipetu ili drugi uređaj za pipetiranje mora se koristiti u okomitom položaju. [2]

Prolivene kemikalije moraju se odmah očistiti i pravilno zbrinuti. Za veće izlijevanje treba koristiti kemikalije za kontrolu izlijevanja. Kiseline i korozivne kemikalije treba neutralizirati sodom (natrijev karbonat). Što se tiče izlijevanja lužine ista se može neutralizirati prekrivanjem suhim pijeskom. Kemikalije bi trebale biti pohranjene u originalnim spremnicima. Ormarići trebaju biti prikladno ventilirani. Oštri i šiljati alati trebaju se pravilno skladištiti. [4]

### **3. RIZICI U LABORATORIJU**

Unutar laboratorijskog područja mogu se javiti različiti rizici. Unutar ovog poglavlja prikazat će se mogući rizici koji mogu nastati.

#### **3.1. Rukovanje vrućom opremom i staklenim posuđem**

Prije upotrebe potrebno je pregledati sve stakleno posuđe i sve polomljeno, napuklo ili usitnjeno stakleno posuđe koje treba odložiti u za to pripadajući spremnik. Svu vruću opremu treba ostaviti da se ohladi prije nego što se spremi. Sa svim staklenim posuđem treba se pažljivo rukovati i nakon toga skladištiti na odgovarajućem mjestu. Sve staklene kemijske posude treba prevoziti u gumenim ili polietilenskim kolicima za boce pri izlasku iz jednog laboratorijskog prostora u drugi. Za zagrijavanje otopina smiju se koristiti samo borosilikatni spremnici. Nikada se ne smije zagrijavati zatvoreni sustav, poput zatvorene epruvete ili zatvorene boce. Kad se koriste plamenik ili ploče za kuhanje, uvijek se treba zaštititi sa zaštitnim naočalama i pregačom kako bi se zaštitile oči i odjeća.

Plamenik ne smije biti bez nadzora dok je uključen. Mnogi metalni, keramički i stakleni predmeti ne izgledaju uvijek vrući dok su vrući. S vrućom opremom potrebno je rukovati sa zaštitnim rukavicama i drugim odgovarajućim pomagalicama, ali nikada golim rukama. Potrebno je zaštititi glavu, ruke, kosu i odjeću od plamena ili područja grijanja i isključiti grijače uređaje kad nisu korišteni. Potrebno je provjeriti sve grijače uređaje i plin, a ventili se moraju isključiti prije napuštanju laboratorija. [5]

Opasnosti podrazumijevaju sve uvjete na radu, odnosno sve uvjete koji su u vezi s radom, koji kao takvi mogu ugroziti sigurnosti kao i zdravlje radnika. Posljedice od navedene opasnosti su odmah vidljive. Različite štetnosti koje se javljaju su štetnost kemikalija, biološke i fizikalne štetnosti koje mogu uzrokovati oštećenje zdravlja radnika ukoliko su dulje izloženi. Napori su statodinamički, psihofiziološki napori, napori vida i napori govora, koji mogu uzrokovati oštećenje zdravlja radnika koji su im izloženi.

### **3.2. Kemijske štetnosti**

Kao što je već navedeno rad s kemikalijama je rad koji uzrokuje velika izlaganja njihovu štetnom djelovanju. Kemikalije na taj način uzrokuju velika oštećenja zdravlja, a poglavito ukoliko su u obliku plinova, prašina, dimova, magle, vlakana i drugo. Upravo se ističe kako njihova štetnost ponajviše ovisi o fizikalnim, kemijskim i drugim toksičnim svojstvima. Jako su sljedeće vrijednosti: opseg apsorpcije (količina kemikalije koja je ušla u krvotok), brzina apsorpcije i čimbenici organizma, tj. debljina i kvaliteta sluznice ili kože, površina preko koje se odvija apsorpcija, vrijeme izloženosti otrovu, prokrvljenost i dr. Zbog toga za svaku kemikaliju treba propisati graničnu vrijednost izloženosti (GVI), tj. najveću koncentraciju kemikalije u radnom okolišu koja tijekom radnog vremena (8 sati) neće štetno djelovati na organizam. Još mnogim kemikalijama nije poznat GVI. [6]

### **3.3. Biološke štetnosti**

Ukoliko se radi o biološkim agensima riječ je o onim agensima koji uzrokuje štetnost, odnosno radi se o mikroorganizmima koji kao takvi mogu prouzročiti neku zarazu, alergiju ili pak trovanje. U ovisnosti na njihovu razinu rizika zaraze moguće ih je kategorizirati u ukupno četiri skupine. Prvu skupinu sačinjavaju biološki agensi. Riječ je o onima koji kao takvi vrlo vjerojatno neće prouzročiti bolest kod zdravih osoba. Što se tiče druge skupine, navedeni se odnose na biološke agense, a riječ je dakle o onima koji mogu prouzročiti bolest kod ljudi te kao takvi mogu biti iznimno opasni za radnike. Ono što nije vjerojatno je da će se isti raširiti u okoliš. Uobičajeno je na raspolaganju djelotvorna profilaksa ili pak liječenje. Što se tiče treće skupine bioloških agensa, ovdje se radi o onim agensima koji mogu prouzročiti vrlo tešku bolest kod ljudi, a ujedno predstavljaju vrlo ozbiljnu opasnost za radnike. Isto tako ovdje može postojati i rizik za širenje u okoliš. Uobičajeno je na raspolaganju djelotvorna profilaksa, odnosno liječenje. Kao četvrta skupina bioloških agensa se navode oni koji uzrokuju tešku bolest kod ljudi i oni su izrazito opasni za zdravlje radnika. Ovdje može ujedno postojati

i iznimno velik rizik za širenje u okoliš. Uobičajeno ovdje nema djelotvorne profilakse niti liječenja. [7]

Što se tiče izvora bioloških štetnosti mogu se javiti prilikom rada u mikrobiološkom laboratoriju, u radu s ljudima koji su oboljeli od zaraznih bolesti, u radu s primjerice zaraženim životinjama i ostalo.

### **3.4. Ostale opasnosti**

#### ***3.4.1. Mehaničke opasnosti***

Mehaničke opasnosti su tip opasnosti koje nastaju uslijed rukovanja s kemikalijama, odnosno opremom i priborom. Kod navedenih postoji opasnost od udaraca, opasnost od prignječenja, posjekotina kao i od uboda. Opasnost se javlja i prilikom mogućnosti zahvaćanja rotirajućim dijelovima i drugo. Ove opasnosti kao takve postoje i uslijed skliskih, neravnih kao i oštećenih podova s obzirom da mogući padovi ili pak predmeta na radnika smatraju se opasnim.

#### ***3.4.2. Opasnosti od električne struje***

Ozlijede uslijed električne energije su ozlijede koje nastaju onda kada struja prođe kroz tijelo. Električna energija stvara opekotine, razara krvnu plazmu, uzrokuje grčenje mišića i smetnje unutar živčanog sustava. S obzirom da radnici u laboratoriju rade s električnim uređajima stoga im prijete opasnost od izravnog dodira dijelova uređaja s naponom. Ovdje ujedno postoje slučajevi da se izolacija električne opreme ošteti pa tada nastaje spoj između vodiča koji su pod naponom i metalnih kućišta uređaja. Tada dodir radnika s kućištem je izrazito opasan zbog napona dodira.

#### ***3.4.3. Opasnosti od eksplozije i požara***

U pojedinim laboratorijima nije moguće raditi bez da se uporabi zapaljivi plin i hlapljiva otapala. Ujedno je na taj način i teže izbjeći navedenu vrstu opasnosti. Iz tog je razloga potrebno provjeravati propusnost plinske opreme kao i na redovan način održavati sustav plinodetekcije i vatrodojave. Prilikom rada s lako

hlapljivim tvarima opasnost tada prijete pri pretakanju, razrjeđivanju kao i uparavanju te zagrijavanju. Ove operacije smatraju se kritičnima jer je riječ o zapaljivim parama. Ukoliko se ništa ne poduzima one se dalje šire po laboratorijskom prostoru kao i širenje prašine. Kritičnim postupcima se smatraju postupak vaganja, postupak usipavanja, postupak miješanja, sijanja, mljevenja te čišćenja. Ukoliko se ne odvede s mjesta nastanka, navedene pare zapaljivih tekućina ili pak prašina poprimaju vrijednost koncentracija koje mogu izazvati eksploziju ili požar. Kao što je poznato sam uvjet za eksploziju ili pak požar je dovoljna količina kisika i prisustvo izvora paljenja. [8]

#### **3.4.4. Opasnost od poremećenih temperatura**

Opasnost od poremećenih temperatura je tip opasnosti koji nastaje onda kada su vrući ili pak zamrznuti pribori ili pak dijelovi opreme te kemikalije. Na taj način u dodiru s kožom dolazi do nastajanja opekotina ili pak smrzotina.

### **3.5. Rukovanje laboratorijskim instrumentima**

Zbog sve više instrumentalne prirode laboratorijskih istraživanja danas, mnogi uređaji i instrumenti imaju električni pogon. Neki uređaji, poput lasera, izvora napajanja i vakuuma pumpe mogu predstavljati ozbiljnu opasnost po sigurnost. Stoga, važno je znati pravilnu upotrebu tih uređaja i instrumenata prije nego što se počnu koristiti u istraživanju.

#### **3.5.1. Struja**

Električna energija nije opasna ako se pravilno koristi i ako je električna oprema pravilno instalirana i održavana. Prije spajanja ili odspajanja bilo kojeg visokonaponskog kabela treba provjeriti je li visokonaponsko napajanje isključeno. Prije opskrbe strujom na bilo koju električnu opremu, potrebno je provjeriti je li oprema pravilno uzemljena i je li izolacija u kabelu dovoljno jaka. Mora se položiti gumena ili izolirana prostirka na pod laboratorija, također potrebno je nositi odgovarajuće cipele. U slučaju strujnog udara, prvo što treba napraviti, djelatnik bi trebao odmah isključiti vezu. Ako nije moguće, osobu gurnuti komadom suhog drva ili s debelim suhim papirom, ni u kojem slučaju ne

smije se dotaknuti tijelo osobe. U slučaju požara opasno je polijevanje vode na vodič i opremu pod naponom. Prikladan vatrogasni aparat (klasa C), treba koristiti suhu kemikaliju - ugljikov dioksid. Potrebno je znati gdje glavni je prekidač za električnu energiju u laboratoriju. Produžni kablovi ne smiju ulaziti ispod vrata, preko prolaza, biti obješeni o strop ili priključen na druge produžne kabele. Naponi iznad 50 V uvijek su opasni.

### **3.5.2. Radioaktivnost**

Kako bi se spriječio unos radioaktivnih materijala u tijelo, primjenjuju se visoki standardi čistoće i održavanja svih laboratorija u kojima se koriste radioaktivni materijali. Radioaktivne izvore niske aktivnosti koji se koriste u laboratoriju treba skladištiti u konstrukcije od olovne opeke. Nakon korištenja radioaktivnog izvora, treba ga vratiti u olovnu ciglu. Svi radioaktivni izvori moraju biti sigurno pohranjeni kada se ne koriste. Kada se rukuje s radioaktivnim materijalom uvijek se moraju koristiti rukavice. Radioaktivni materijali ne smiju doći u kontakt s kožom, kosom i odjećom. Za radioaktivni otpad, laboratorij mora imati poseban spremnik označen odgovarajućom naljepnicom.

### **3.5.3. Laseri**

Nezaštićeno izlaganje laseru može uzrokovati ozbiljna i trajna oštećenja kože i osjetljivog tkiva očiju. Stoga, djelatnici moraju nositi laserske zaštitne naočale pri radu s laserima. Trebali bi se upotrebljavati štitovi kako bi se spriječila jaka refleksija i izravna zraka koja izlazi izvan potrebnog područja za eksperimente. Kad god laser radi izvan vidljivog raspona (kao što je CO<sub>2</sub> laser), mora se instalirati uređaj za upozorenje kako bi se naznačio njegov rad.

Nikada se ne smije dopustiti izlaganje očima na izravno ili reflektirano lasersko svjetlo. Laserom bi se trebalo upravljati na najmanjoj mogućoj snazi i održavati sobno osvjetljenje dovoljno jako da zjenice oka ostanu male. Treba primjenjivati odgovarajuće graničnike snopa, prekinuti laserski snop gdje je potrebno.

#### **3.5.4. Mehanika**

Dok se koristi primjerice komprimirani zrak, koriste se samo odobrene mlaznice i nikada se ne smije usmjeravati zrak prema drugoj osobi. Nagli ili neočekivani pokreti u blizini opreme s hidrauličkim ili pneumatskim pogonom mogu nanijeti teške ozljede. Dakle, konstantno treba biti oprezan pri rukovanju pokretnim objektima, predmetima koji padaju, izloženim pojasevima, snažni trajni magneti, oštri noževi i opruge.

Prilikom korištenja bilo kojeg uređaj koji se okreće, potrebno je provjeriti da je sigurnosna matica dobro pričvršćena. Potrebno je sigurno učvrstiti stolne centrifuge i postaviti na mjesto gdje vibracije neće uzrokovati pad laboratorijske opreme sa stola. Ukoliko centrifuga počinje vibrirati, onda je potrebno zaustaviti te provjeriti ravnotežu tereta.

#### **3.5.5. Sustavi pod tlakom i vakuumi**

Komprimirani (tlačni) plinovi su plinovi koji se pod tlakom skladište u metalnim bocama. Neki komprimirani plinovi poput klorovodika ili amonijaka jako su korozivni. Drugi kao npr. vodik ili acetilen vrlo su reaktivni i zapaljivi. I inertni plinovi poput dušika mogu biti opasni, u zatvorenom prostoru njihovo brzo oslobađanje može istisnuti dovoljnu količinu kisika što može uzrokovati gubitak svijesti i gušenje kod čovjeka. Plinske boce označene su bojom radi lakše pripreme identifikacija sadržaja plina. Svakako je potrebno upotrijebiti odgovarajući regulator za plinski spremnik.

Spremnici koji sadrže zapaljive ili reaktivne plinove moraju se skladištiti i koristiti u dobro prozračenim prostorima i nikada se ne smije raditi u blizini otvorenog plamena ili električnih uređaja koji mogu izazvati iskrenje. Regulatori na tim spremnicima treba redovito provjeravati ima li curenja plina pomoću detektora curenja. Plinske boce uvijek se moraju transportirati odgovarajućim kolicima i nikada se ne smiju okretati, kotrljati, vrtjeti ili vući. Rad s vakuum pumpom ima potencijal implozije i moguće opasnosti od prsnuća stakla, prskanje kemikalija i požara. Postavljanje prozirne plastike oko aparata pomaže spriječiti ozljede od



letećeg stakla u slučaju eksplozije. Vakuumske pumpe treba zaštititi hladnim zamkama i ispuh odzračiti u ispušni poklopac. Ne smije se raditi s pumpama u blizini spremnika zapaljivih kemikalija, zapaljivog kemijskog otpada ili zapaljivih materijala. [5]

## **4. PODRUČJE SIGURNOSTI U LABORATORIJU**

Eksperimenti imaju važnu ulogu u napretku znanosti jer velik broj izuma i otkrića moguć kroz istrage koje se obično provode u laboratorijima. Sigurnosni postupak uključuje kemijsko-higijenski plan i postupke zbrinjavanja otpada, značajne fizičke i zdravstvene opasnosti povezane sa specifičnom vrstom istraživanja i poučavanja u posebnim postupcima koji bi istraživači trebali koristiti kako bi spriječili i ograničili izloženost opasnostima na radnom mjestu.

Rukovanje opasnim materijalima i laboratorijska sigurnost su ponekad zanemareni pri istraživanju, ali niti jedan istraživač nije imun na nesreće. Stoga istraživači trebaju pregledati informacije i postupke o sigurnosnim pitanjima koji uključuju odgovarajuće korištenje zaštitne opreme i odjeće, sigurno rukovanje materijalima u laboratorijima, sigurnu opremu, sigurno odlaganje materijala, upravljanje sigurnošću i odgovornosti, opasnost procesa procjene, siguran transport materijala između laboratorija, siguran dizajn ustanove, hitne intervencije itd.

### **4.1. Osobna zaštitna oprema i odjeća**

Osobna zaštitna oprema koristi se kako bi se osoblje laboratorija moglo zaštititi pri radu s različitim laboratorijskim opasnostima. Osobna zaštitna oprema uključuje: laboratorijsku kutu, zaštitnu obuću, rukavice, zaštitne naočale, štitnike za lice, zaštitne kape i respiratore.

#### **4.1.1. Laboratorijska kuta**

Namjena laboratorijske kute je zaštita od prskanja i izlivanja kemikalija. Laboratorijska kuta bi trebala biti nezapaljiva i trebala bi se moći na lak način ukloniti, mora biti zakopčana dok se koristi. Pregače od gume mogu se nositi radi zaštite od prskanja i preko laboratorijske kute radi dodatne zaštite. Laboratorijska oprema ne smije se nositi izvan laboratorijskih prostora zbog moguće širenja kontaminacije. Iz tog razloga potrebno je izbjegavati nošenje

široke odjeće, zavezati kosu i ukloniti nakit kako se ne bi uhvatio u pokretnim ili rotirajućim dijelovima ili došao u kontakt s opasnim kemikalijama jer može reagirati.

#### **4.1.2. Zaštitna obuća**

Najbolju zaštitu pružaju kožne cipele koje potpuno prekrivaju prste, petu i gornji dio stopala. Cipele moraju biti izrađene od vodootpornih materijala i moraju imati neklizajući đon čvrsto pričvršćen za stopalo, pružajući odgovarajuću zaštitu u slučaju izlivanja ili pri rukovanju teškim predmetima koji bi mogli pasti na noge. Ukoliko se radovi izvode na teškim strojevima, onda je potrebno koristiti zaštitne cipele koje su ojačane čelikom.

#### **4.1.3. Rukavice**

Pri radu sa kemijskim, fizičkim ili biološkim opasnostima koje kroz kožu mogu ući u tijelo, moraju se nositi odgovarajuće zaštitne rukavice. Butilne, neoprenske i nitrilne rukavice jesu otporne na većinu kemikalija, npr. alkohole, aldehide, ketone, većinu anorganskih kiselina.

Rukavice od lateksa i vinila za jednokratnu upotrebu štite od nekih kemikalija i smanjuju rizik od kontaminacije proizvoda. Koža i neke pletene rukavice štite od protiva posjekotina, ogrebotina, ali ne i protiv kemikalija. Rukavice kevlar otporne na toplinu, osiguravaju dobru zaštitu od ekstremnih temperatura, također pružaju zaštitu i od posjekotina i ogrebotina. Pamučne rukavice pružaju bolje prianjanje pri radu s teškim strojevima. Rukavice od metalne mreže trebaju se koristiti pri radu s alatima za rezanje.

#### **4.1.4. Zaštitne naočale**

Zaštitne naočale koriste se za zaštitu od kemijskog prskanja, para i prašine. Tijekom rada zaštitne naočale moraju se konstantno nositi. Kontaktne leće ne smiju se nositi tijekom bilo kakvih ispitivanja kemikalijama. U slučaju nesreće, kemikalije mogu doći iza kontaktnih leća i uzrokovati ozbiljna oštećenja prije nego što se leće uspiju ukloniti. Ukoliko osoba radi s ultraljubičastim zračenjem tada je potrebno koristiti naočale specijalizirane za navedenu situaciju.

#### **4.1.5. Štitnici za lice**

Štitnik za lice treba koristiti kad je cijelom licu potrebna zaštita (npr. visoki tlak, zavarivanje, strojna obrada, požar, eksplozija itd.). Štitnici za lice koriste se za zaštititi od udara, prašine, čestica i prskanja po licu, očiju i grlu. Ispod štitnika trebalo bi obavezno nositi i zaštitne naočale za maksimalnu zaštitu.

#### **4.1.6. Respiratori**

Respiratori se koriste radi filtriranja razine zagađivača, sitnih čestica u zraku ili para i plinova. Potrebno ih je redovito čistiti, dezinficirati i održavati.

### **4.2. Hitna oprema**

Laboratorij mora biti opremljen širokim spektrom opreme za hitne slučajeve, ovo se smatra neprocjenjivo u slučaju slučajnog izlaganja, požara ili eksplozije koja uključuje opasne tvari. Oprema koja mora biti dostupna u laboratoriju u hitnim slučajevima uključuje u nastavku opisane stvari.

#### **4.2.1. Vatrogasni Aparat**

Postoje četiri glavne vrste aparata za gašenje požara: A, B, C i D. Aparati za gašenje požara klase A služe za gašenje požara na bazi papira i drva. Aparati za gašenje požara klase B koriste komprimirane nezapaljive plinove poput ugljičnog dioksida, a koriste se za gašenje požara koji uključuju zapaljive materijale. Plin gasi vatru uklanjajući kisik. Aparati za gašenje požara klase C ispuštaju nezapaljivi, neprovodljivi prah kako bi ugasili električne požare. Aparati klase D koriste se za suzbijanje požara koji uključuju zapaljive metale poput magnezija i natrija. Vatrogasne deke koriste se za gašenje požara na odjeći. Aparate za gašenje požara u laboratoriju potrebno je redovito pregledavati, provjeravati datum na vatrogasnom aparatu te provjeriti da li je pun i u ispravnom stanju.

#### **4.2.2. Stanice za ispiranje očiju**

Stanice za ispiranje očiju koriste se za hitno ispiranje kemikalija ili opasnih tvari s očiju prije nego što osoba može potražiti daljnu pomoć. Stanice se sastoje od

bočica koje sadrže fiziološku otopinu i omogućuju da se oko ispere kontinuiranim mlazom vode.

#### **4.2.3. Sigurnosni tuševi**

Tuširanje u slučaju nužde namijenjeno je pranju osobe koja je došla u kontakt s opasnim kemikalijama. Koristi se velika količina vode pod velikim pritiskom. Ako je netko poprskan kemikalijom, potrebno mu je pomoći aktivirati najbliži hitni tuš.

#### **4.2.4. Pribor za prvu pomoć**

Prva pomoć u laboratoriju mora biti lako dostupna za uporabu tijekom nesreća i hitnih slučajeva. Opremljen je sterilnim gazama, bočicom vodikovog peroksida, zavoja, flastera, škara i zaštitnim rukavicama. Važno je pregledati i opskrbiti komplet prve pomoći kako bi bio koristan u hitnim slučajevima.

#### **4.2.5. Ispušni ventilatori**

Kako bi laboratorij bio dobro prozračen, kontrolira se onečišćenost zraka, u tu svrhu postavljaju se ispušni ventilatori na stropu laboratorija za brzo uklanjanje otpadnih plinova.

### **4.3. Radno mjesto**

Radna mjesta trebaju biti čista i bez nepotrebnih prepreka. Kemikalije i reagensi koje se često koriste drže se na policama. Boce s reagensom raspoređene su prema određenom redosljedju. Sva osjetljiva elektronska oprema i uređaji trebaju biti sigurno postavljeni na stolovima. Nikako se ne smije blokirati pristup hitnoj opremi (npr. aparatima za gašenje požara, ispiranje očiju, itd.), izlazima u slučaju nužde i kontrolnim električnim pločama. Kad se oglase zvukovi alarma potrebno je evakuirati zgradu kroz najbliži izlaz. Važno je isključiti svu opremu prije odlaska, ukoliko za to ima vremena. [5]

## 5. UČESTALOST NESREĆA U LABORATORIJU

Svi kemičari praktičari u akademskim ustanovama svjesni su i priznaju da se laboratorijske nesreće (na primjer, požari, propusti, eksplozije staklenog posuđa ili eksplozije, izlivanje, zlouporaba opreme ili instrumenata što rezultira kvarom opreme koji ne rezultira kod ozljeda) javljaju se redovito. Trenutno nije dostupan opsežan skup podataka učestalost nezgoda ili promašaja u akademskim laboratorijima. Iako je nekoliko istraživača pokušalo stvoriti baze podataka o nesrećama, sudjelovanje u ovim inicijativama je dobrovoljno, što znači da su ti izvori nepotpuni i neadekvatni za svrhe istraživanja i sveobuhvatnog razvoja politike. Ovaj nedostatak podataka ozbiljno ometa sve napore u razumijevanju nesreća kako bi mogli poduzeti korake za njihovo sprječavanje, smanjenje njihove učestalosti i ozbiljnosti ili stvoriti sigurnosne smjernice zasnovane na dokazima. Moglo bi se očekivati da će se prikupljati i analizirati laboratorijski podaci o nesrećama kako bi se utvrdila stopa prevalencije koja bi mogla pasti pod nadležnošću državnih regulatornih agencija.

Uprava (OSHA) u Sjedinjenim Državama je uprava od pokrajinskih i teritorijalnih odbora za sigurnost u Kanadi, unatoč primanju izvješća o nesrećama i provođenja istraga, nije nikada sastavila ili analizirala podatke u cjelini. Osim toga, propisi OSHA ne odnose se na sva sveučilišta ili na laboratorijsko osoblje koje radi na sveučilištu, ovisno o njihovom radnom statusu. Od 2001. američki Odbor za ispitivanje kemijske sigurnosti i opasnosti (CSB) dao je izvješće o 120 nesreća u akademskim istraživačkim laboratorijima, tj. o 87 evakuacija, 96 teških ozljeda i tri smrtna slučaja.

Međutim, to predstavljaju samo one nezgode koja su sveučilišta morali prijaviti zbog ozbiljnosti posljedica. Regulatori stoga mogu ostati nesvjesni potencijalno velikih incidenata. Bilo je vrlo malo akademskih istraživanja o prevalenciji i učestalost laboratorijskih nesreća. U jednoj studiji koja je provedena odgovarajućim multiinstitucionalnim epidemiološkim pristupom, Hellman, Savage i Keefe, ispitujući 574 nesreće koje su se dogodile u institucijama Colorado između 1966. i 1984., otkrili su da 81% nesreća se dogodilo u učionicama, 13% u istraživačkim laboratorijima i 2% u proizvodnim prostorijama.

Većina nesreća dogodila se na početnoj razini kemijskih laboratorijskih tečajeva ili organski laboratorijskih tečajeva, a najčešće se dogodilo među mlađim pojedincima. Bilo je nekoliko, uglavnom malih, studija koje su se posebno fokusirale o prevalenciji ozljeda povezanih s istraživanjem. U jednom istraživanju iz Nature i UCLA od 2.400 znanstvenika, 30% je izjavilo da je bio svjedok laboratorijske ozljede koja je dovoljno teška da zahtijeva pažnju od medicinskog djelatnika. Pilot studija s 56 laboratorijskog osoblja u Kanadskim laboratorijima za kemiju i biologiju otkrili su da je 15% ispitanika zadobilo barem jednu ozljedu. Simmons, Matos i Simpson otkrili su da su laboratorijske nesreće, kako i u nastavi tako i u istraživanju laboratorija, predstavljali 18,4% ukupnih incidenata prijavljenih u državi Iowa sveučilištu od 2001. do 2014. godine, te da su studenti zaposlenici bili žrtava u jednoj trećini prijava ozljeda. Osim studije koju su proveli Hellman i kolege, bilo je nekoliko studija ozljeda zadobijenih u dodiplomskim nastavnim laboratorijima, možda zato što se te situacije pomnije kontroliraju i uključuju manje opasne reagense.

Čimbenici koji doprinose nesrećama u laboratoriju s obzirom na nedostatak istraživanja o prevalenciji i stopi incidencije laboratorijskih nezgoda se pojavljuju u više razina: rizici povezani s materijalima ili opremom, rizici povezani s vještinama, znanjem i izborima istraživačkog osoblja koje radi, karakteristike ili kvalitete. Primljeni su rizici povezani s materijalima koji koriste najveću pozornost u laboratorijskoj literaturi o zdravlju i sigurnosti. Na primjer, bilo je publikacija o određenim reagensima poput diazometana, organolitija ili dimetil dioksirana. Ta se izvješća obično prezentiraju u kontekstu zašto nova metodologija je sigurnija ili učinkovitija. Rasprave o konkretnim reagensima se uglavnom nalaze samo u blogosferi ili u sve rastućim zbirkama reagensa.

Schröder i suradnici otkrili su da preko 90% istraživača smatra da su njihovi laboratoriji sigurno mjesto za rad. Iako su ove studije ohrabrujuće i potencijalno relevantne za pojavu laboratorijske nesreće, uloga apstraktnih ideja kao što su sigurnosna kultura, sigurnost klima, sigurnosno vodstvo, podučavanje sigurnosti i subjektivni osjećaji sigurnosti je od ograničene korisnosti, a da se ti konstrukti

ne provjeravaju prema objektivnim mjerama kao što su učestalost nesreća i ozljede, pa čak i posredničkih mjera, poput inspekcijskih prekršaja.

Drugim riječima, nije jasno da li pojedinci koji cijene sigurnost i vjeruju da su njihova radna mjesta sigurna, donose sigurne odluke laboratorijske prakse. Do danas nije bilo istraživanja o korelacije između sigurnosnih stavova i sigurnosnih praksi.

Za razliku od ovih optimističnih nalaza o sigurnosnim uvjerenjima, zabrinjavaju rezultati istraživanja o ponašanju. Rezultati nekoliko studija sugerirali su da istraživači nisu skloni provoditi procjene sigurnosti prije provođenja pokusa. U studiji Ayi i Hon, je 27% sudionika eksperimentalnih istraživača, izjavilo da nikada nisu provodili bilo kakvu vrstu procjene rizika prije obavljanja laboratorijskog rada. U drugoj studiji, polovica ispitanika nije tražila niti koristila sigurnosne informacije u razvoju eksperimentalnih postupaka, no 80% njih je smatralo postojeće dostupne informacije koje odgovaraju procjeni rizika dovoljnima. U usporedbi Schrödera i suradnika istraživača u različitim okruženjima, akademski istraživači bili su najmanje vjerojatni za procjenu rizika (samo 18% je to izjavilo) u usporedbi s industrijom (43%) ili vladom (36%). [9]



## 6. EKSPERIMENTALNI RAD

U nastavku rada donosi se istraživanje sigurnosti rada u laboratoriju. Provedena je metoda anketnog upitnika (tablica 1). U anketiranju sudjelovalo je ukupno 30 ispitanika različite dobi. Radno mjesto ispitanika je tehničar-analitičar u laboratorijima. Zaposlenici laboratorija provode 8 sati dnevno u zatvorenom prostoru pod određenim uvjetima. Obavljanjem svakodnevnih poslova, rade sa raznim instrumentima i uređajima i izloženi su mnogim opasnim tvarima i kemikalijama koje koriste prilikom izvođenja analiza i pokusa.

Anketni upitnik sastoji se od 14 pitanja na koje zaposlenici odgovaraju odgovorima DA/NE, a pitanja su vezana za njihovo radno mjesto.

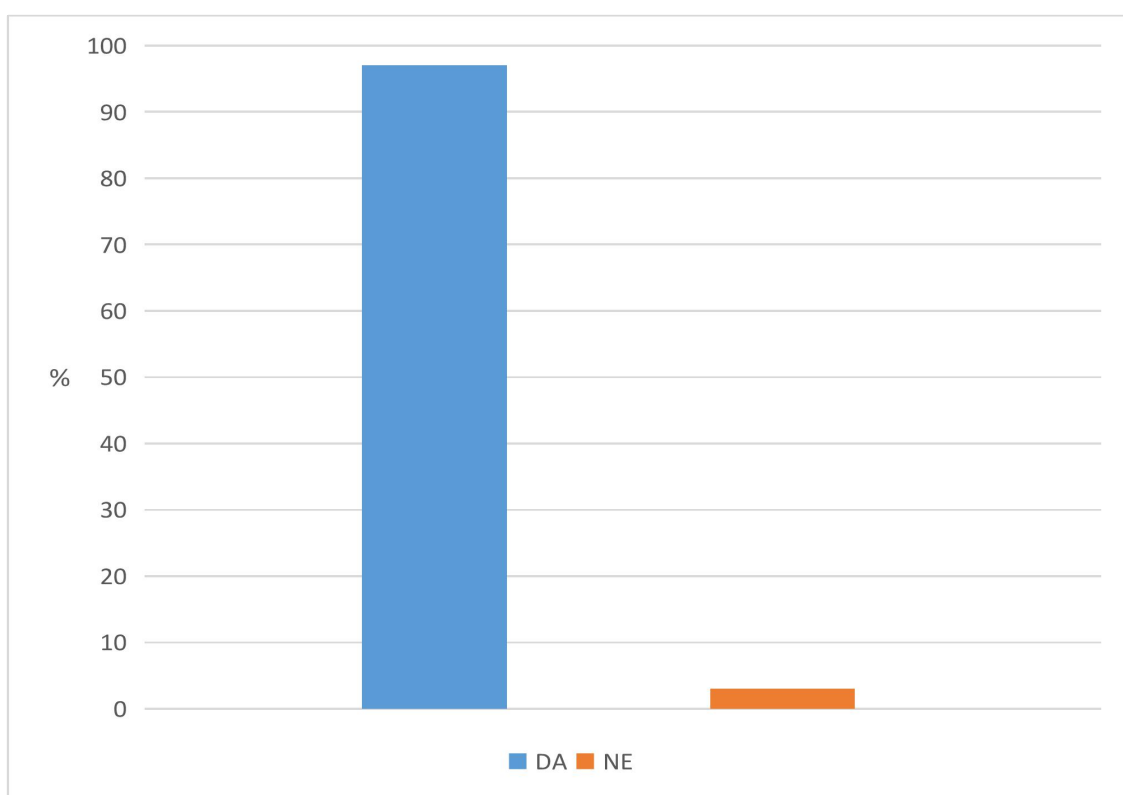
**Tablica 1. Anketni upitnik**

<b>RADNO MJESTO</b>	
Tehničar-analitičar u laboratoriju	
1. Postoji li pisani postupak za osposobljavanje zaposlenika za rad na siguran način na novom radnom mjestu?	DA / NE
2. Da li postoje zapisi o provjeri uvježbanosti zaposlenika za obavljanje određenih laboratorijskih analiza?	DA / NE
3. Analize koje se izvode u laboratoriju usklađene su prema kvalifikacijama zaposlenika?	DA / NE
4. U dokumentaciji laboratorija postoji tlocrt s obilježenim prostorijama?	DA / NE
5. Da li je put evakuacije zabilježen na tlocrtu ?	DA / NE
6. Da li se kontrolira sigurnost prostorija laboratorija u skladnosti s važećim propisima?	DA / NE

7. U laboratorijima je specificiran raspon temperature, poduzimaju li se radnje prilikom temperaturnih promjena?	DA / NE
8. U laboratorijima postoje određene radne upute za čišćenje i dezinfekciju prostorija i radnih površina?	DA / NE
9. Postoje li posebne radne upute za odlaganje laboratorijskog otpada?	DA / NE
10. Odlaganje laboratorijskog otpada provodi se prema zakonskim odredbama?	DA / NE
11. Postoji li pisani postupak za skladištenje, rukovanje i odlaganje opasnih kemikalija u skladu sa pravilima ?	DA / NE
12. S opasnim kemikalijama rukuje se u sukladnosti sa sigurnosno tehničkim listom koji se dostavlja uz njih?	DA / NE
13. U slučaju da se dogodi ozljeda, postoje li dostupni zaposlenici koji su prošli obuku za pružanje prve pomoći ?	DA / NE
14. Poslovi u laboratoriju spadaju pod "poslove s posebnim uvjetima rada"?	DA / NE

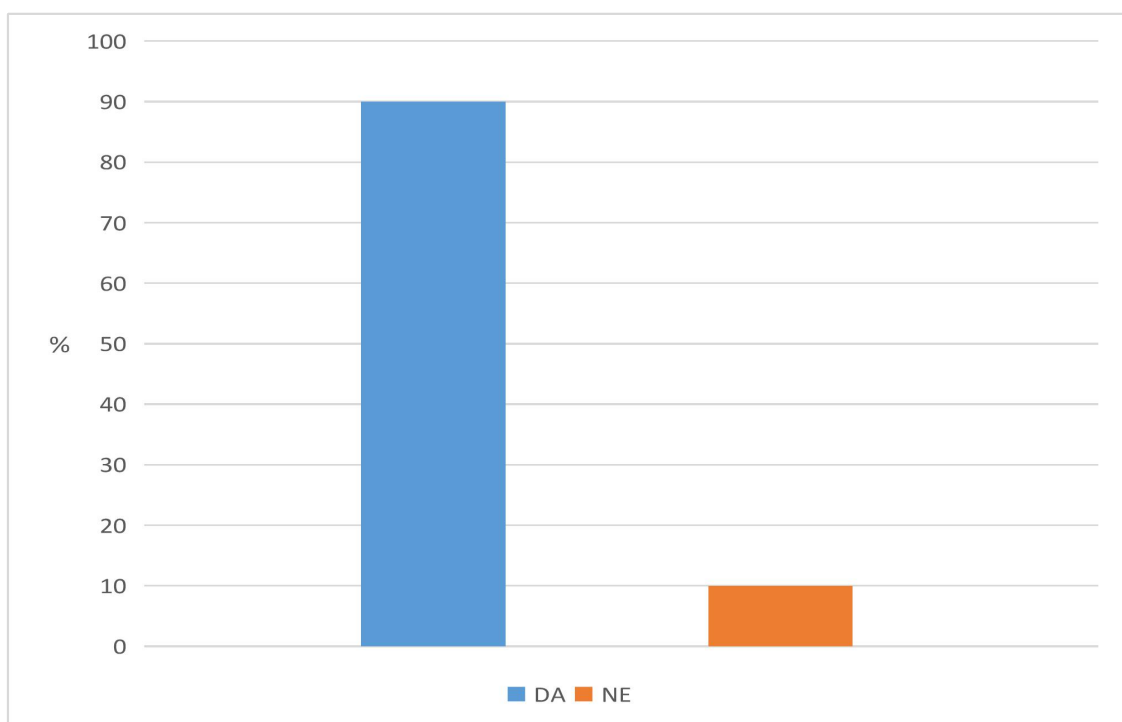
## 7. REZULTATI I RASPRAVA

Na grafikonu 1. prikazano je postoji li pisani postupak za osposobljavanje zaposlenika za rad na siguran način. Prema rezultatima vidljivo je kako 97% ispitanika izjavljuje kako je prošlo proces osposobljavanja na radnom mjestu dok svega 3% navodi da nije. Prema pravilniku o dobroj laboratorijskoj praksi svaki zaposlenik prije početka rada mora proći postupak osposobljavanja za rad na siguran način.



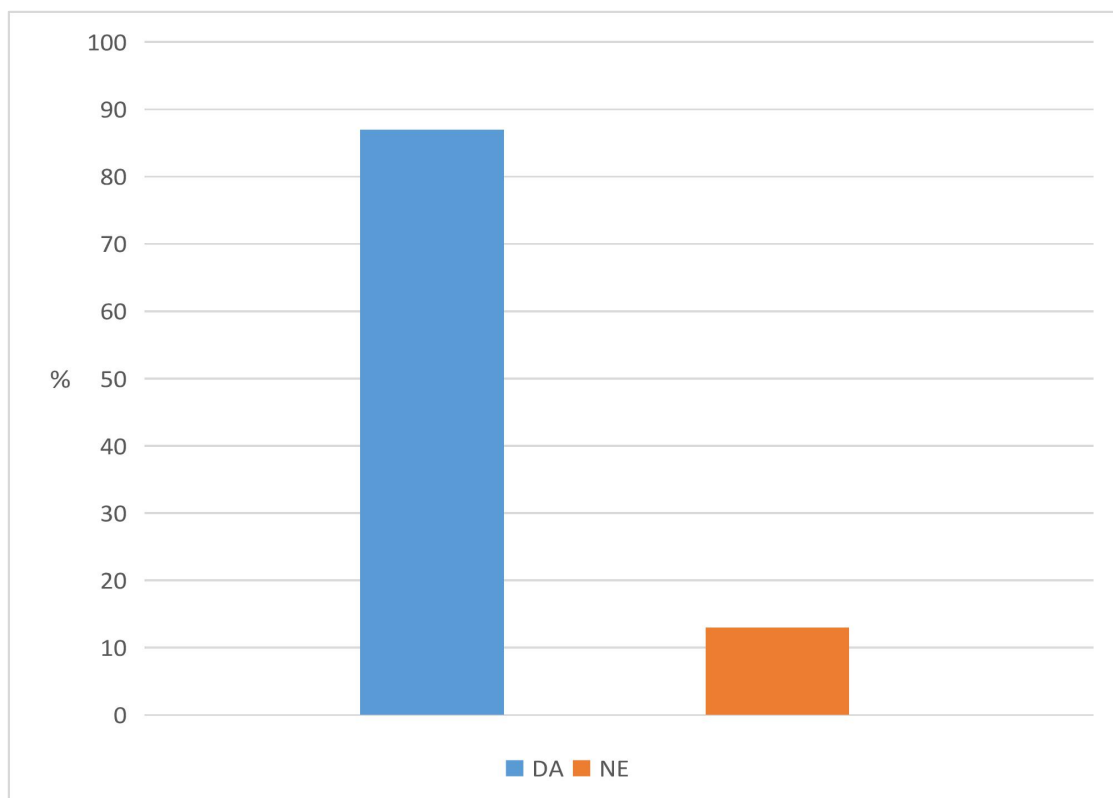
**Grafikon 1. Prikaz ispitanika prema postupku za osposobljavanje za rad na siguran način na novom radnom mjestu**

Prema grafikonu 2. prikazana je postojanost zapisa o provjeri uvježbanosti zaposlenika za obavljanje određenih laboratorijskih analiza. Vidljivo je kako 10% ispitanika navodi kako ne postoje zapisi o uvježbanosti zaposlenika za obavljanje određenih laboratorijskih analiza, dok 90% njih navodi da postoje. U laboratorijskoj dokumentaciji moraju postojati zapisi o uvježbanosti zaposlenika za svaku analizu.



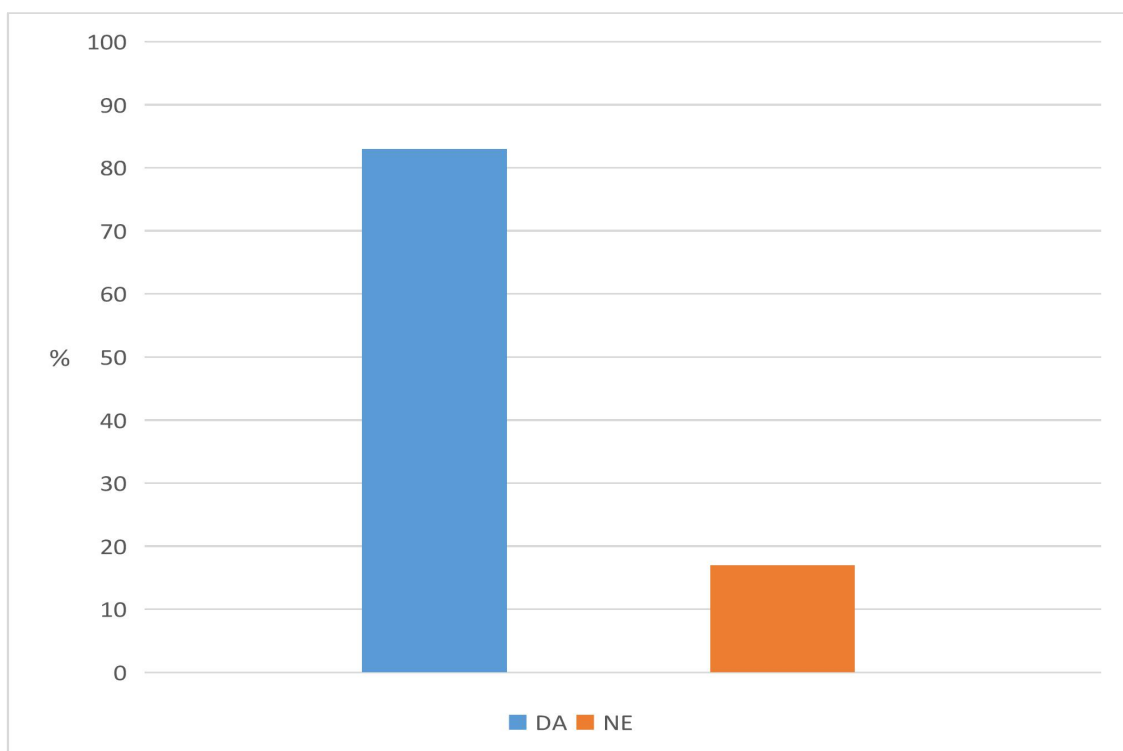
**Grafikon 2. Prikaz postojanosti zapisa o provjeri uvježbanosti zaposlenika za obavljanje određenih laboratorijskih analiza**

Na grafikonu 3. je prikaz zastupljenosti ispitanika koji izvode analize prema kvalifikacijama. Prema rezultatima moguće uvidjeti kako je 87% ispitanika navodi da je kvalificirano za izvođenje analiza, dok njih 13% navodi da nije adekvatno kvalificirano. Prema pravilima laboratorija svi zaposlenici moraju biti kvalificirani za određene analize.



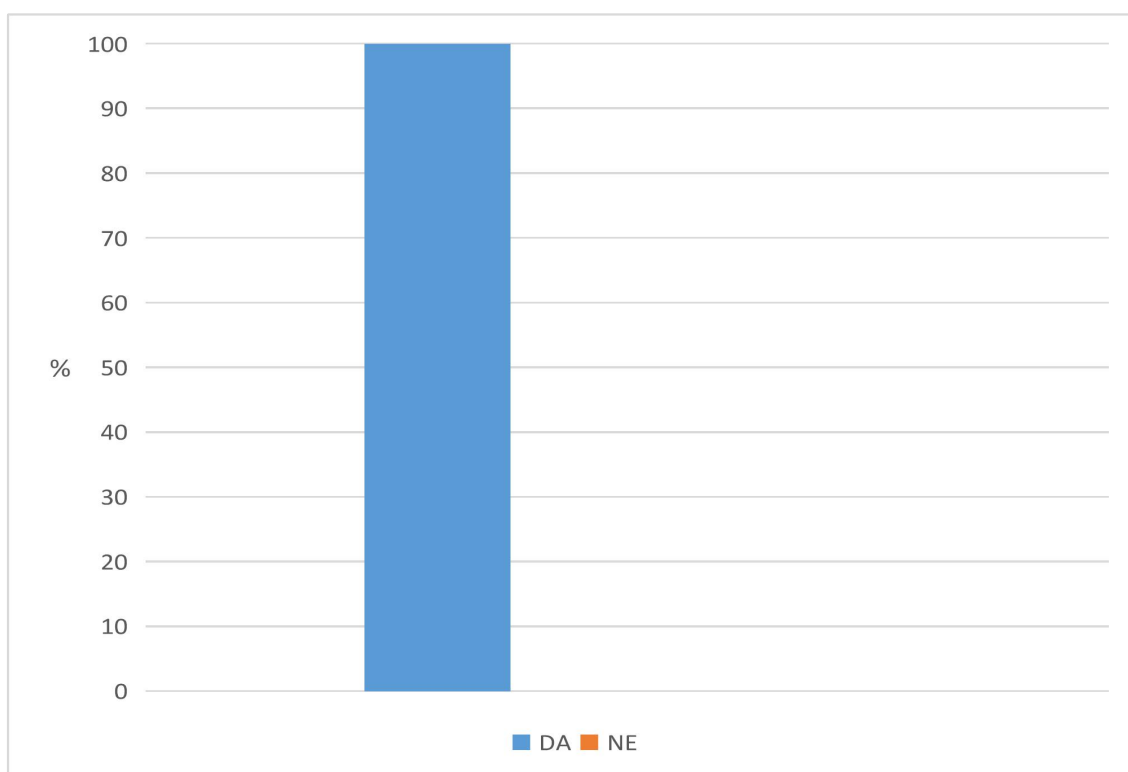
**Grafikon 3. Prikaz zastupljenosti ispitanika koji izvode analize prema kvalifikacijama**

Grafikon 4. prikazuje postojanost tlocrta s obilježenim prostorijama u dokumentaciji laboratorija. Na temelju grafikona 4. vidljivo je kako 83% ispitanika navodi da postoji tlocrt s obilježenim prostorijama u laboratorijskoj dokumentaciji, dok čak u 17% ispitanika tvrdi da nema obilježenih tlocrta što se smatra problematičnim. Prema pravilniku u laboratorijskoj dokumentaciji moraju biti obilježene sve prostorije.



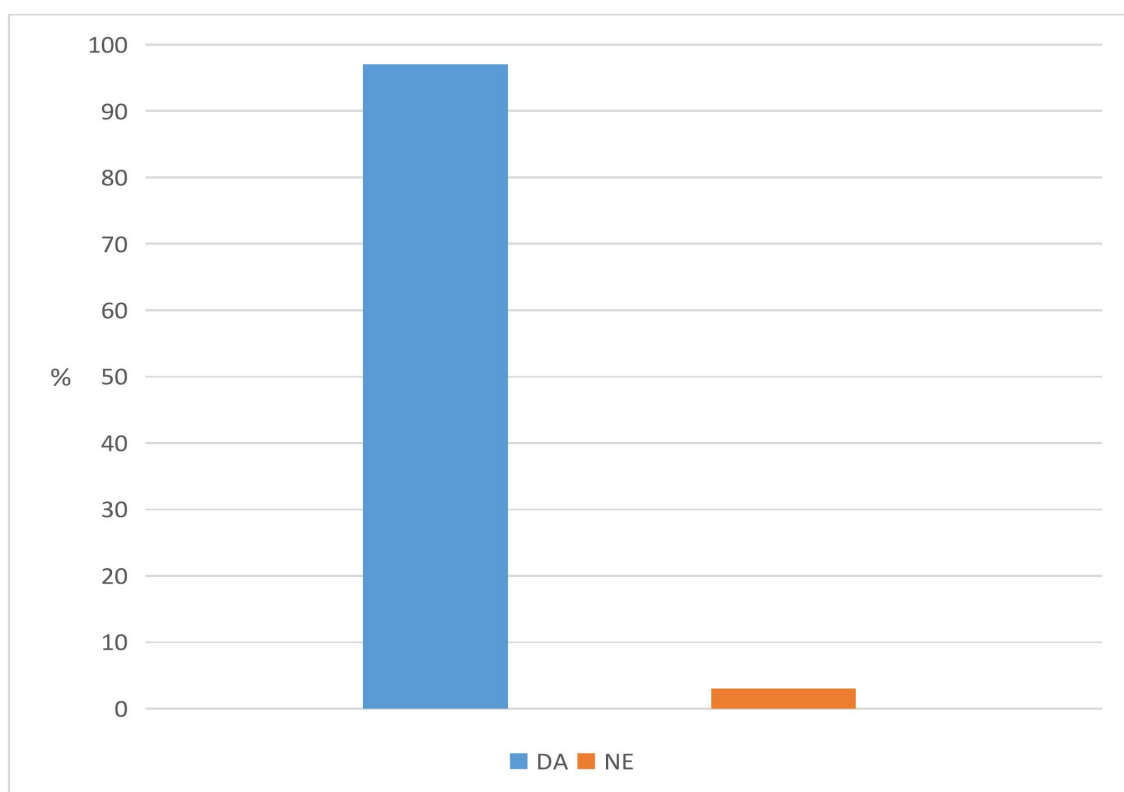
**Grafikon 4. Postojanost tlocrta s obilježenim prostorijama u dokumentaciji laboratorija**

Na grafikonu 5. je prikaz postojanosti zabilježenog puta evakuacije na tloctu. Svi ispitanici su pozitivni (100%) odgovorili. Ono što je pohvalno da svi ispitanici navode kako na njihovom radnom mjestu postoji zabilježen put evakuacije na tloctu. Prema pravilima jako je važno da bude obilježen put evakuacije u laboratoriju u slučaju da dođe do eventualnih nesreća.



**Grafikon 5. Postojanost zabilježenog puta evakuacije na tloctu**

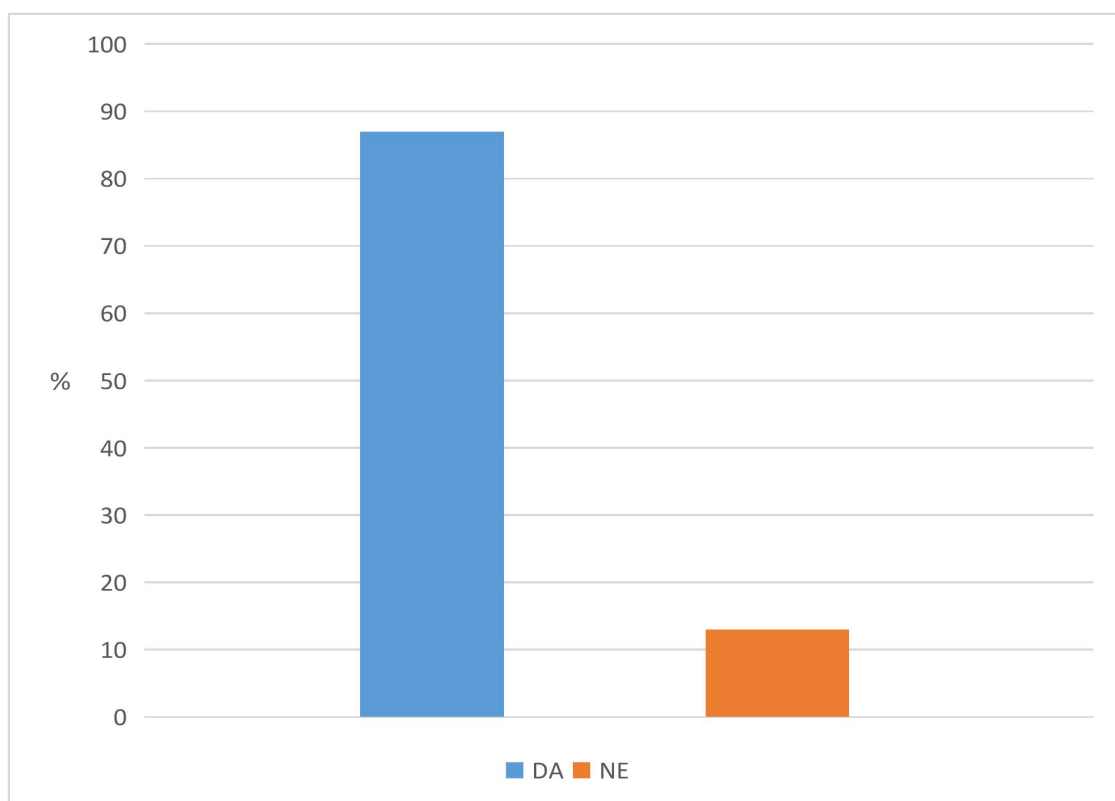
Grafikon 6. odnosi se na postojanost kontrole sigurnosti prostorija i to u sukladnosti s važećim propisima. Samo 3% ispitanika navodi kako nema kontrole sigurnosti prostorija laboratorija u sukladnosti s propisima, dok njih 97% potvrđuju pitanje. Prema propisima laboratorija mora se periodički kontrolirati sigurnost prostorija.



**Grafikon 6. Postojanost kontrole sigurnosti prostorija laboratorija u sukladnosti s važećim propisima**

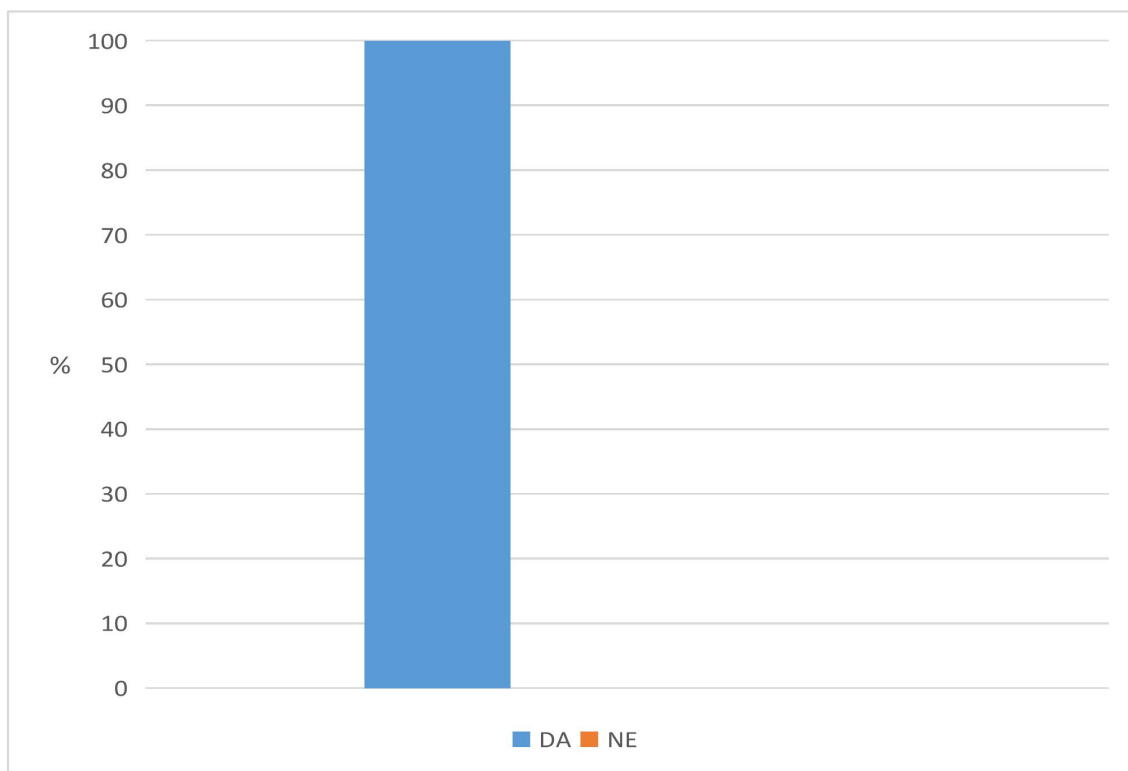


Prema prikazanom grafikonu 7. vidljivo je poduzimanje radnji prilikom temperaturnih promjena. Rezultati pokazuju da 87% ispitanika tvrdi da se poduzimaju radnje koje se odnose na temperaturne promjene dok 13% ispitanika navodi da se ne provode. Prema pravilima u prostorijama laboratorija postoje određeni uvjeti što se tiče temperature i mora se održavati u određenom rasponu.



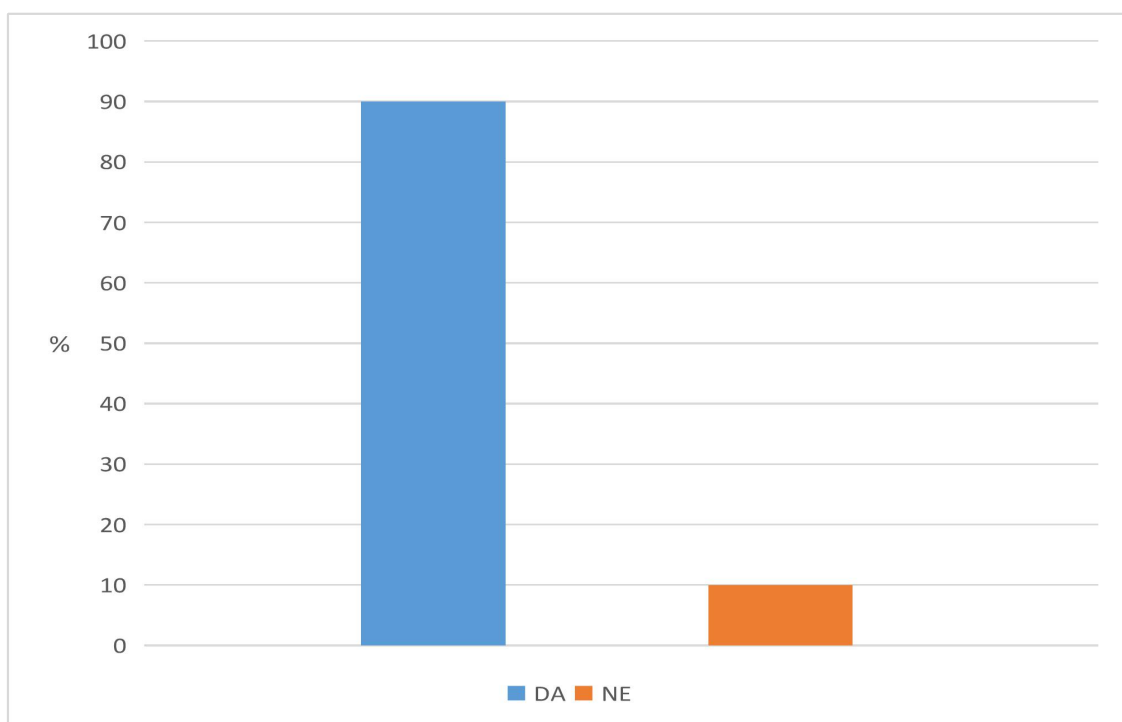
**Grafikon 7. Poduzimanje radnji prilikom temperaturnih promjena**

Na grafikonu 8. prikazana je postojanost radnih uputa za čišćenje i dezinfekciju prostorija i radnih površina u laboratoriju. Prema rezultatima vidljivo je kako 100% ispitanika tvrdi da postoje radne upute za čišćenje i dezinfekciju prostorija i radnih površina.



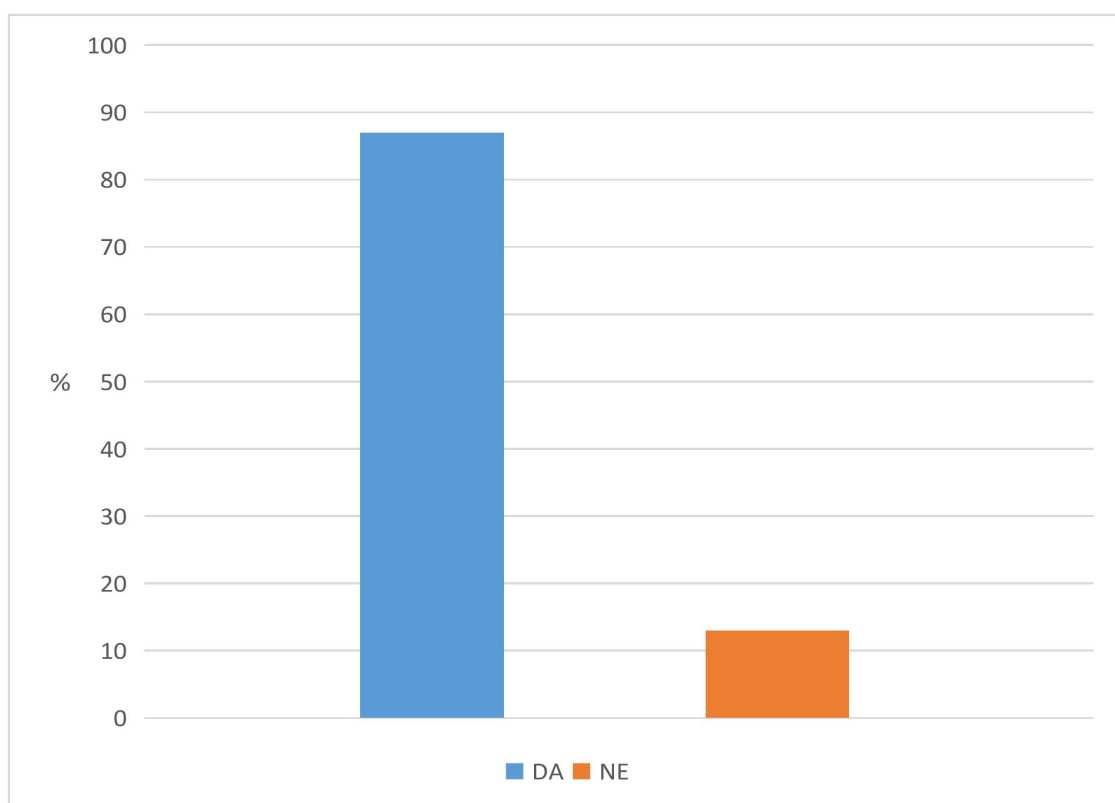
**Grafikon 8. Postojanost radnih uputa za čišćenje i dezinfekciju prostorija i radnih površina u laboratoriju**

Grafikon 9. odnosi se na postojanost radnih uputa za odlaganje laboratorijskog otpada. Prema mišljenju ispitanika 90% njih tvrdi da postoje radne upute, u 10% slučajeva laboratorijski otpad se ne odlaže na pravilan način, odnosno ne postoje radne upute o navedenom. Laboratorijski otpad se mora odlagati na poseban način prema propisima.



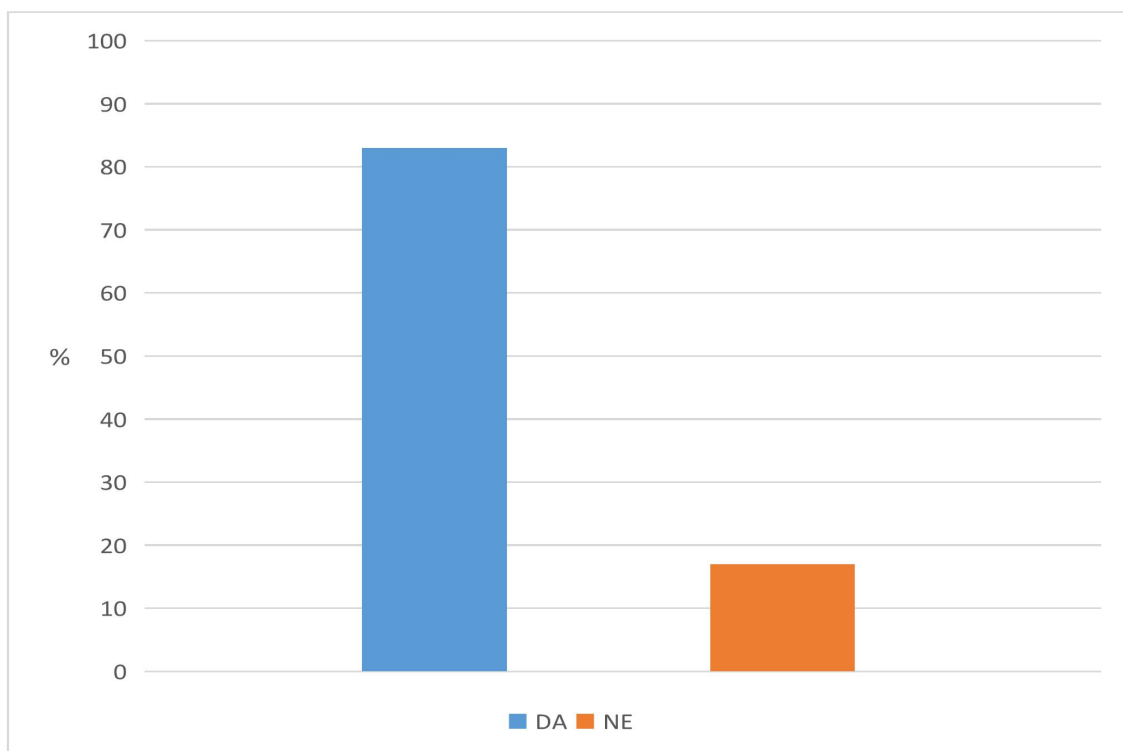
**Grafikon 9. Postojanost radnih uputa za odlaganje laboratorijskog otpada**

Na grafikonu 10. prikazano je odlaganje laboratorijskog otpada prema zakonskim odredbama. Prema rezultatima vidljivo je kako 87% ispitanika tvrdi da se otpad odlaže prema zakonu, a 13% ispitanika misli da odlaganje otpada nije u skladnosti s zakonskim odredbama što se smatra problematičnim. Laboratorijski otpad potrebno je zbrinjavati prema zakonskim odredbama.



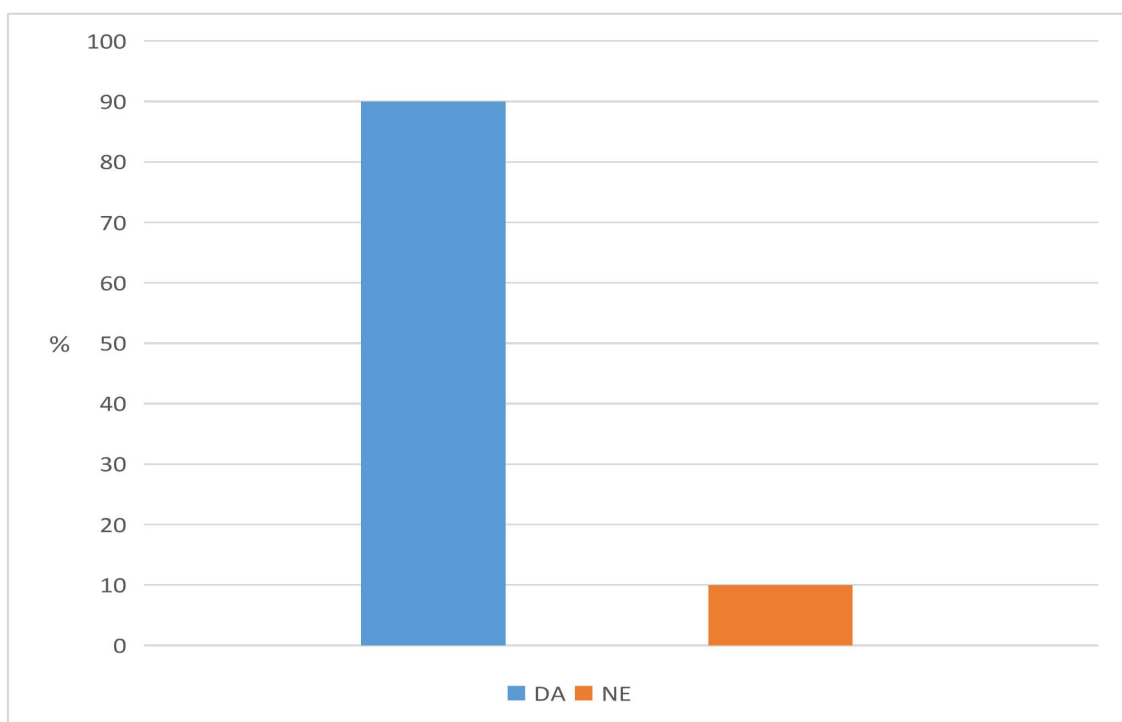
**Grafikon 10. Odlaganje laboratorijskog otpada prema zakonskim odredbama**

Na grafikonu 11. dan je prikaz postojanosti pisanog postupka za skladištenje, rukovanje i odlaganje opasnih kemikalija. Većina ispitanika, 83% tvrdi da postoji pisani postupak, a čak 17% ispitanika odgovorilo je da pisani postupak ne postoji.



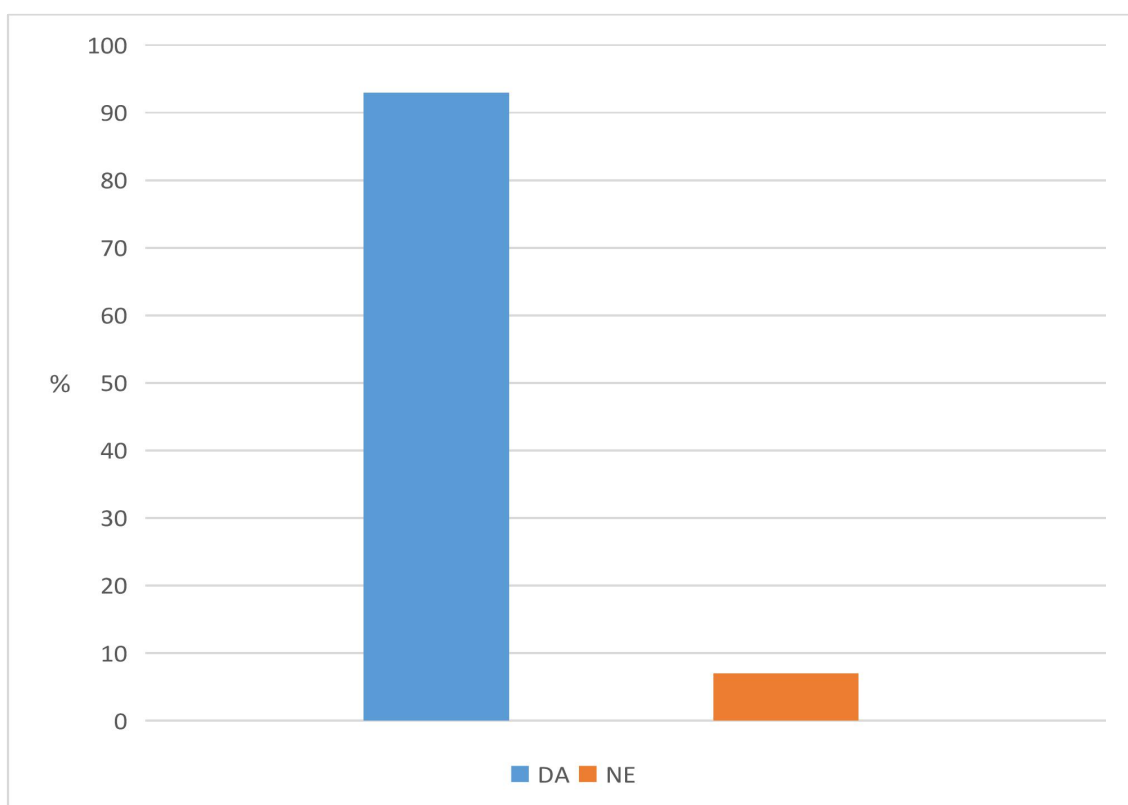
**Grafikon 11. Postojanost pisanog postupka za skladištenje, rukovanje i odlaganje opasnih kemikalija**

Na grafikonu 12. vidljivo je rukovanje s opasnim kemikalijama u skladnosti s sigurnosno tehničkim listom. Čak i u ovom slučaju rukovanje se krivo provodi navodi 10% ispitanika, dok 90% ispitanika tvrdi suprotno, da se rukovanje provodi u skladu sa STL. Prema pravilniku uz svaku kemikaliju dolazi STL i treba se rukovati u skladu s njim.



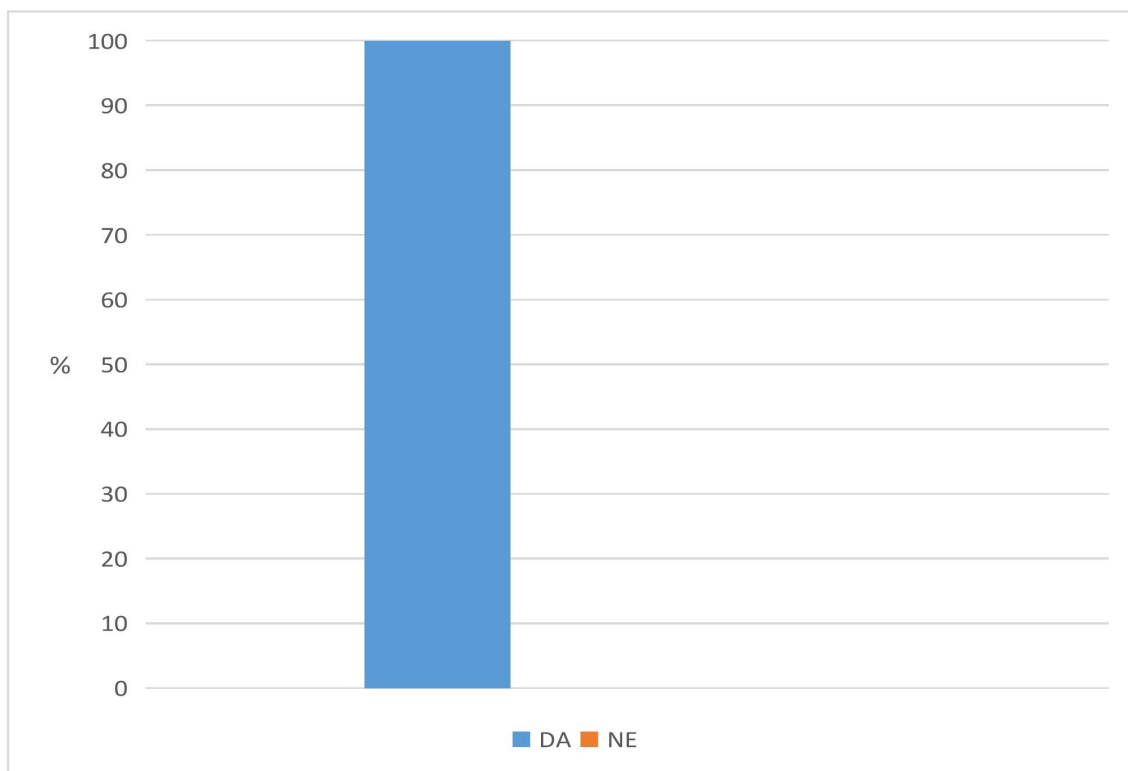
**Grafikon 12. Rukovanje s opasnim kemikalijama u skladnosti sa sigurnosno tehničkim listom**

Na grafikonu 13. vidljiva je postojanost dostupnih zaposlenika koji su osposobljeni za pružanje prve pomoći, u slučaju nezgode. Postotak je 93% u pozitivnom segmentu, dok 7% ispitanika navodi negativno. Prema pravilima laboratorija u svakom laboratoriju postoje dostupni zaposlenici koji su osposobljeni za pružanje prve pomoći.



**Grafikon 13. Postojanost dostupnih zaposlenika koji su osposobljeni za pružanje prve pomoći**

Na grafikonu 14. prikazano je postojanost poslova koji spadaju pod “poslove s posebnim uvjetima rada”. Prema rezultatima je vidljivo da svi (100%) ispitanici tvrde kako poslovi u laboratoriju spadaju pod kategoriju “poslova s posebnim uvjetima rada”.



**Grafikon 14. Prikaz postojanosti poslova koji spadaju pod “poslove s posebnim uvjetima rada”**

Prikazani rezultati ankete pokazuju da je ukupno 92% točnih odgovora, a 8% netočnih. Prema netočnim odgovorima možemo pretpostaviti da zaposlenici nisu dovoljno educirani o pravilima rada u laboratoriju i ne primjenjuju sva pravila sigurnosti i zaštite odnosno ne obavljaju ispravno radne zadatke.



## 8. ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati anketnim upitnikom pokazatelji su poslodavcu da postoji nedostatno znanje među pojedinim zaposlenicima. Rezultati pokazuju potrebu za dodatnim edukacijama i kontroliranjem provođenja odgovarajućih mjera sigurnosti i zaštite. Da bi zaposlenici sva navedena pravila ispravno primjenjivali, važno ih je redovito obavještavati i upozoravati o rizicima rada u laboratoriju. To se može postići pisanjem natpisa, postavljanjem znakova, te motivirajućim razgovorima sa zaposlenicima. Motiviran, zadovoljan zaposlenik raditi će učinkovitije i kreativnije.

Također prema rezultatima možemo vidjeti da nisu dovoljno osposobljeni za siguran rad. Nužno je provoditi neprekidno osposobljavanje za siguran rad u laboratoriju, što omogućava da se zaposlenike nauči obavezi pridržavanja svih mjera zaštite i uporabi zaštitnih sredstva pri obavljanju svakodnevnog rada. Poslodavac treba ulagati u očuvanje i podizanje radnih sposobnosti svojih zaposlenika i kontinuirano raditi na njihovom unaprjeđenju kako bi zaposlenici postali svjesni da je primjena pravila sigurnosti i zaštite sastavni dio posla.

## 9. LITERATURA

- [1] Zakon o kemikalijama, NN 37/20
- [2] Mjere sigurnosti u laboratoriju, online, dostupno na: [https://www.biotech.uniri.hr/files/Pravila\\_i\\_mjere\\_sigurnosti\\_za\\_rad\\_u\\_kemiskom\\_laboratoriju\\_2019.pdf](https://www.biotech.uniri.hr/files/Pravila_i_mjere_sigurnosti_za_rad_u_kemiskom_laboratoriju_2019.pdf) (Pristupljeno: 10.08.2021.)
- [3] Pravilnik o dobroj laboratorijskoj praksi, NN 38/08
- [4] Dunaj-Mutak, Lj.: Sigurnost i zaštita pri radu u industriji, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti, Zagreb, 2003.
- [5] Shrivastava, S. K.. Safety measures in Physic Laboratory Procedures, Anusandhan, 16(40), 2014., 11-23
- [6] Delez, G., Obuljen, V.: Kemijske štetnosti, štetne i otrovne tvari, Viša tehnička škola za sigurnost na radu i zaštitu od požara, Zagreb, 1973
- [7] <https://hrcak.srce.hr/41052> (Pristupljeno: 17.10.2021.)
- [8] Uhlik, B.: Zaštita od požarno opasnih, toksičnih i reaktivnih tvari, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera, Zagreb, 1998
- [9] Ménard, A.D., Trant, J.F. A review and critique of academic lab safety research, *Nature Chem.* 12, 17–25 (2020).

## 10. PRILOZI

### Popis tablica

Tablica 1 . Anketni upitnik.....	23
----------------------------------	----

### Popis grafikona

Grafikon 1. Prikaz ispitanika prema postupku za osposobljavanje za rad na siguran način na novom radnom mjestu.....	25
Grafikon 2. Prikaz postojanosti zapisa o provjeri uvježbanosti zaposlenika za obavljanje određenih laboratorijskih analiza.....	26
Grafikon 3. Prikaz zastupljenosti ispitanika koji izvode analize prema kvalifikacijama..	27
Grafikon 4. Postojanost tlocrta s obilježenim prostorijama u dokumentaciji.....	28
Grafikon 5. Postojanost zabilježenog puta evakuacije na tlocrtu.....	29
Grafikon 6. Postojanost kontrole sigurnosti prostorija laboratorija u sukladnosti s važećim propisima.....	30
Grafikon 7. Poduzimanje radnji prilikom temperaturnih promjena.....	31
Grafikon 8. Postojanost radnih uputa za čišćenje I dezinfekciju prostorija I radnih površina.....	32
Grafikon 9. Postojanost radnih uputa za odlaganje laboratorijskog otpada.....	33
Grafikon 10. Postojanost pisanog postupka za skladištenje, rukovanje i odlaganje opasnih kemikalija.....	34
Grafikon 11. Rukovanje s opasnim kemikalijama u sukladnosti sa sigurnosno tehničkim listom.....	35
Grafikon 12. Odlaganje otpada prema zakonskim odredbama.....	36

Grafikon 13. Postojanost dostupnih zaposlenika koji su osposobljeni za pružanje prve pomoći.....	37
Grafikon 14. Prikaz postojanosti poslova koji spadaju pod “poslove s posebnim uvjetima rada”.....	38