

# OPASNOSTI I MJERE ZAŠTITE PRI RADU S KISELINAMA I LUŽINAMA U EL-TO ZAGREB

---

Škarica, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:128:235603>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



**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

Domagoj Škarica

**OPASNOSTI I MJERE ZAŠTITE PRI  
RADU S KISELINAMA I LUŽINAMA U  
EL-TO ZAGREB**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2023.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and protection department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Domagoj Škarica

**DANGERS AND PROTECTIVE  
MEASURES WHEN WORKING WITH  
ACIDS AND ALKILS IN EL-TO ZAGREB**

FINAL PAPER

Karlovac, 2023.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Domagoj Škarica

**OPASNOSTI I MJERE ZAŠTITE PRI  
RADU S KISELINAMA I LUŽINAMA U  
EL-TO ZAGREB**

ZAVRŠNI RAD

Mentori: prof. dr. sc. Budimir Mijović  
Lidija Jakšić, mag. ing. cheming.

Karlovac, 2023.



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

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite na radu

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2023.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Domagoj Škarica

Matični broj: 0416620030

Naslov: Opasnosti i mjere zaštite pri radu s kiselinama i lužinama u EL-TO Zagreb

Opis zadatka: U ovom radu će biti analizirane opasnosti i mjere zaštite pri radu s kiselinama i lužinama u EL-TO Zagreb. Opisati će se upotreba kiselina i lužina u termoenergetskom sektoru, mjere zaštite u procesu proizvodnje demineralizirane vode i proizvodnji tehnološke pare i toplinske energije. Također će se analizirati postupak u slučaju istjecanja kiseline ili lužine u bazene otpadnih voda. Na kraju će se predložiti mjere zaštite pri upotrebi lužina u kotlovskim postrojenjima.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

23.03.2023.

25.08.2023.

01.09.2023.

Mentori: prof. dr. sc. Budimir Mijović

mag. ing. cheming. Lidija Jakšić, pred.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Snježana Kirin, prof. v. š.

## PREDGOVOR

Zahvaljujem se svojim mentorima, prof. dr. sc. Budimiru Mijoviću i Lidiji Jakšić, mag. ing. cheming., što su mi pomagali tijekom izrade ovog rada. Hvala Vam na vodstvu, savjetima i vremenu koje ste izdvojili za mene.

Ovaj rad nastao je u želji da objedinim znanje iz kemije koje sam stekao svojim srednjoškolskim obrazovanjem i znanje iz područja zaštite na radu koje je stečeno studiranjem na Veleučilištu. Studiranje na Veleučilištu i pisanje ovog rada dodatno su me osvijestili opasnostima s kojima se na poslu susrećem i poučili kako se od njih zaštititi.

Ovom prilikom želim zahvaliti voditelju Službe za proizvodnju EL-TO Zagreb na odobrenju za pisanje ove teme rada te što mi je kao mentor pružio svoje znanje i podršku. Također se zahvaljujem i ostalim kolegama iz EL-TO Zagreb koji su mi svojim znanjem nesebično pomogli.

Na kraju se zahvaljujem i svojim roditeljima koji su me poticali na studiranje te svojoj obitelji koja me je podržavala tijekom cijelog trajanja studija.

## SAŽETAK

Proizvodnja kao djelatnost sastoji se od više proizvodnih aktivnosti u kojima radnik, koji sudjeluje u tehnološkom procesu, može biti izložen raznim izvorima opasnosti. U ovom radu opisani su tehnološki procesi u EL-TO Zagreb koji koriste kiseline i lužine te opasnosti s kojima se radnici u tim procesima susreću. U eksperimentalnom dijelu opisane su mjere zaštite koje se primjenjuju pri radu s kiselinama i lužinama u pojedinim dijelovima tehnološkog procesa. Središnji dio eksperimentalnog dijela čini izračun potrebnog volumena kiseline i lužine za neutralizaciju otpadnih voda te opis mjera koje se poduzimaju prema operativnom planu za slučaj propuštanja sadržaja spremnika kiselina i lužina u bazen otpadnih voda.

## KLJUČNE RIJEČI

proizvodnja, tehnološki proces, opasnosti, mjere zaštite

## SUMMARY

Production consists of several production activities where the worker participating in the technological process can be exposed to various sources of danger. This paper describes the technological processes in EL-TO Zagreb where acids and bases are used, and the dangers faced by workers in these processes. The experimental section describes the protective measures that are applied when working with acids and bases in certain parts of the technological process. The central part of the experimental section is the calculation of the required volume of acids and bases for the neutralisation of wastewater and a description of measures taken according to the operational plan in the event of acid and base tanks contents leaking into the wastewater basin.

## KEYWORDS

production, technological process, dangers, protective measures

## SADRŽAJ

|   |     |
|---|-----|
| ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....  | I   |
| PREDGOVOR.....  | II  |
| SAŽETAK.....  | III |
| SADRŽAJ.....  | IV  |
| 1. UVOD.....  | 1   |
| 2. UPOTREBA KISELINA I LUŽINA U TERMOENERGETSKOM SEKTORU .....  | 2   |
| 3. OPASNOSTI U PROIZVODNJI DEMINERALIZIRANE VODE.....   | 4   |
| 3.1. Pogon za kemijsku pripremu vode.....   | 6   |
| 3.2. Rezervoari solne kiseline i natrijevog hidroksida.....   | 9   |
| 3.3. Postrojenje za obradu otpadnih voda .....  | 11  |
| 4. OPASNOSTI PRI RADU U LABORATORIJU ZA ANALIZU VODA.....   | 13  |
| 4.1. Skladištenje amonijaka i laboratorijskih kemikalija .....  | 15  |
| 5. OPASNOSTI PRI UPOTREBI LUŽINA U KOTLOVSKIM POSTROJENJIMA....   | 16  |
| 5.1. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2 .....   | 16  |
| 5.2. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnog kotla NTK3 .....            | 17  |
| 5.3. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojnih voda visokotlačnih kotlova K8 i K9 .....     | 19  |
| 5.4. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2 ..... | 19  |
| 5.5. Opasnosti pri upotrebi lužina za kondicioniranje vode vrelovodnog sustava .....                        | 20  |
| 6. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE NA RADU .....  | 22  |
| 6.1. Pravila zaštite na radu .....  | 22  |



|  |    |
|--|----|
| 6.1.1. Osnovna pravila zaštite na radu .....   | 23 |
| 6.1.2. Posebna pravila zaštite na radu .....   | 24 |
| 6.1.3. Priznata pravila zaštite na radu .....  | 24 |
| 7. MJERE ZAŠTITE NA RADU S KISELINAMA I LUŽINAMA U EL-TO ZAGREB<br>.....   | 25 |
| 7.1. Mjere zaštite na radu u pogonu za kemijsku pripremu vode.....   | 25 |
| 7.2. Mjere zaštite na radu sa spremnicima solne kiseline i natrijevog hidroksida .....                                       | 27 |
| 7.3. Mjere zaštite na radu u postrojenju za obradu otpadnih voda.....  | 31 |
| 7.4. Mjere zaštite na radu u laboratoriju za analizu voda.....   | 35 |
| 7.5. Mjere zaštite na radu pri skladištenju amonijaka i laboratorijskih kemikalija.....                                      | 36 |
| 7.6. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine na kotlovskim postrojenjima.....  | 38 |
| 7.6.1. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode<br>niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2.....    | 38 |
| 7.6.2. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode<br>niskotlačnog kotla NTK3 .....            | 40 |
| 7.6.3. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode<br>visokotlačnih kotlova K8 i K9 .....      | 41 |
| 7.6.4. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode<br>plinske termoelektrane PTE1 i PTE2 ..... | 42 |
| 7.6.5. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje vode<br>vrelodnog sustava.....                           | 43 |
| 8. ZAKLJUČAK .....   | 45 |
| 9. LITERATURA.....   | 47 |
| 10. PRILOZI .....  | 49 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 10.1. Popis simbola ..... | 49 |
| 10.2. Popis slika .....   | 50 |

## 1. UVOD

Pogon EL-TO Zagreb je elektroenergetsko postrojenje za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije smješteno na zagrebačkoj Trešnjevki. Povijest EL-TO Zagreb započinje 1907. godine kada je puštena u pogon termoelektrana pod nazivom „Munjara“. Tijekom povijesti više puta mijenja svoj naziva, a od 1961. godine nosi današnji naziv Elektrana – toplana Zagreb. Rasklopno postrojenje naponske razine 110kV pozicionira EL-TO Zagreb kao važno čvorište za prijenos i distribuciju električne energije u gradu Zagrebu. Pogon EL-TO Zagreb postrojenjem toplinske stanice spojen je na centralni toplinski sustav grada Zagreba, a parni konzum opskrbljuje tehnološkom parom putem dva parovoda [1]. Aktualno raspoloživi proizvodni kapacitet iznosi 50 MWe. Nominalni kapacitet ogrijevne topline iznosi  $200 \text{ MW}_{\text{topl}}$ , a nominalni kapacitet tehnološke pare iznosi  $80 \text{ MW}_{\text{topl}}$ .

Tehnološki procesi dobivanja tehnološke pare, ogrijevne topline i električne energije specifični su i zahtjevni, te nose sa sobom brojne opasnosti kojima su radnici u tim procesima izloženi. Opasnosti su svi uvjeti na radu i u vezi s radom, koji mogu ugroziti sigurnost i zdravlje radnika [2]. Procjenom rizika poslodavac je dužan za svako radno mjesto i poslove koji se na njemu obavljaju utvrditi opasnosti, štetnosti i napore. Prema Pravilniku o izradi procjene rizika (N.N. 112/14) opasnosti dijelimo na: mehaničke opasnosti, opasnosti od padova, opasnosti od električne struje, opasnosti od požara i eksplozija i termičke opasnosti. Štetnosti se dijele na: kemijske, biološke i fizikalne. Napori mogu biti: statodinamički, psihofiziološki, napori vida i napori govora. S obzirom na broj zaposlenih u EL-TO Zagreb, poslove zaštite na radu obavljaju dva stručnjaka za zaštitu na radu, čime su zadovoljeni uvjeti propisani Člankom 7. Pravilnika o obavljanju poslova zaštite na radu (N.N. 126/19).

U ovom završnom radu prikazat će se dio tehnološkog procesa proizvodnje toplinske i električne energije te proizvodnje tehnološke pare koji u procesu kondicioniranja koriste kiseline i lužine. Utvrdit će se opasnosti koje mogu nastati prilikom rada s kiselinama i lužinama, te napraviti uvid u mjere zaštite kako bi se povećala sigurnost pri radu s njima.

## 2. UPOTREBA KISELINA I LUŽINA U TERMOENERGETSKOM SEKTORU

Proizvodnja tehnološke pare, toplinske i električne energije zahtjevan je tehnološki proces koji uključuje i upotrebu kemikalija. U termoenergetskom sektoru za proizvodnju tehnološke pare, topline i električne energije u tehnološkim procesima najčešće se koriste: solna kiselina, natrijev hidroksid, amonijev hidroksid.

Solna kiselina i natrijev hidroksid upotrebljavaju se za regeneraciju smole u ionskim izmjenjivačima, a natrijev hidroksid koristi se još i za kondicioniranje vode u vrelovodnom sustavu. Amonijevim hidroksidom kondicioniraju se vode u kotlovskim postrojenjima.

Kiseline su spojevi koji, prema teoriji švedskog znanstvenika Svantea Arrheniusa, prilikom disocijacije u vodenim otopinama daju oksonijev ion. Naime, vodene otopine tih spojeva pokazuju kiselu reakciju, tj. imaju kiselu okus i mijenjaju boju nekih organskih bojila, tzv. indikatora [3]. Baze su spojevi koji, prema Svanteu Arrheniusu, u vodenim otopinama disocijacijom daju hidroksid-ion. Njihove otopine pokazuju lužnatu reakciju, tj. imaju lužnat okus i mijenjaju crvenu boju lakmus papira u modru. Zbog lužnate reakcije nazivamo takve otopine baza lužinama [3].

Zakon o kemikalijama (N.N. 150/05) definira kemikalije kao tvari i pripravke. Navedenim zakonom definirane su i opasne kemikalije, te su razvrstane kao: a) eksplozivne kemikalije, b) oksidirajuće kemikalije, c) vrlo lako zapaljive kemikalije, d) lako zapaljive kemikalije, e) zapaljive kemikalije, f) vrlo otrovne kemikalije, g) otrovne kemikalije, h) štetne kemikalije, i) nagrizajuće kemikalije, j) nadražujuće kemikalije, k) kemikalije koje dovode do preosjetljivosti, l) kancerogene kemikalije, m) mutagene kemikalije, n) reproduktivno toksične kemikalije, o) kemikalije opasne za okoliš.

Prema Zakon o kemikalijama (N.N. 150/05) solna kiselina pripada među opasne i nagrizajuće kemikalije, natrijev hidroksid pripada nagrizajućim kemikalijama, a amonijev hidroksid opasnim i nagrizajućim kemikalijama, te kemikalijama opasnima za okoliš. Važan dio proizvodnog procesa je i kontrola kvalitete tehničkih voda u proizvodnom procesu, te kontrola kvalitete vodene pare kao gotovog proizvoda. Kontrola se vrši uzimanjem uzoraka napojnih i kotlovskih voda, vode iz vrelovodnog sustava,

ukupnog kondenzata, vode iz rashladnih tornjeva, te uzoraka pregrijane pare. Prikupljeni uzorci zatim se analiziraju u pogonskom laboratoriju za kemijsku analizu voda.

Analitičke metode zahtijevaju upotrebu određenik kemikalija, a od kiselina i lužina u laboratoriju se koriste: titrival kloridne kiseline za dobivanje 0.1 N otopine, titrival natrijevog hidroksida za dobivanje 0.1 N otopine, sulfatna kiselina, octena kiselina, oksalana kiselina-dihidrat i 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonska kiselina.

Prema Zakonu o kemikalijama (N.N. 150/05) titrival kloridne kiseline i oksalna kiselina-dihidrat pripadaju među opasne i nagrizajuće kemikalije, a 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonska kiselina pripada opasnim kemikalijama. Titrival natrijevog hidroksida za dobivanje 0.1 N otopine, sulfatna i octena kiselina pripadaju nagrizajućim kemikalijama.

Svako termoenergetsko postrojenje, pa tako i EL-TO Zagreb (Slika 1.), mora imati upute za siguran rad pri radu s navedenim opasnim tvarima. Radnik koji s navedenim kemikalijama neposredno rukuje u procesu proizvodnje ili procesu kontrole proizvodnje mora biti stručno osposobljen prema posebnom propisu.



Slika 1. EL-TO Zagreb [4]

### 3. OPASNOSTI U PROIZVODNJI DEMINERALIZIRANE VODE

Voda u prirodi po porijeklu može biti oborinska, površinska i podzemna. O porijeklu vode ovisi i njen kemijski sastav, te se sastav svake od navedenih voda znatno razlikuje. U prirodi nema kemijski čiste vode, pa ju je prije primjene potrebno obraditi. Onečišćenja prirodnih voda mogu se podijeliti na grubo dispergirana, koloidno dispergirana i molekularno dispergirana. Grubo dispergirane čestice iz vode se mogu ukloniti filtriranjem ili taloženjem, koloidne čestice uklanjaju se dodavanjem sredstava za koagulaciju, a molekularno dispergirane čestice uklanjaju se primjenom posebnih fizikalnih i kemijskih tehnoloških postupaka.

Prvi tehnički propisi u nas za kvalitetu vode u parnim kotlovima doneseni su 1957. godine sa zahtjevima koji su odgovarali tadašnjim konstrukcijama vodocijevnih i vatrocijevnih optočnih kotlova s velikim vodenim prostorom, nisko toplinski opterećenih ogrjevnih površina, loženih uglavnom krutim gorivom, tek ponegdje loživim uljem [5]. Voda se je tada omekšavala postupkom taloženja uz primjenu vapna, natrijevog karbonata, natrijeve lužine i trinatrijevog fosfata. Primjena ionskih izmjenjivača je tek bila u začecima, a uglavnom se koristio postupak direktne neutralne ionske izmjene. Razvojem novih konstrukcija parnih i vrelovodnih kotlova loženih tekućim gorivom i plinom, sa znatno višim toplinskim opterećenjem ogrjevne površine, zatim nastojanjem da se poboljša ekonomičnost toplinskog pogona i smanji broj oštećenja uzrokovanim lošom kvalitetom vode i pare, mijenjali su se i tehnički zahtjevi za kvalitetu vode [5]. Da bi se udovoljilo tim zahtjevima voda za tehnološke potrebe počela se pročišćavati kemijskom pripremom pomoću ionskih izmjenjivača. Razvojem tehnologije danas je moguće primjeniti postupke reverzibilne osmoze i nanofiltracije za proizvodnju tehnoloških voda u termoenergetskom sektoru. Oni su sa aspekta sigurnosti na radu i zaštite okoliša jako poželjni jer ne koriste kemikalije u procesu pročišćavanja sirove vode.

U EL-TO Zagreb tehnološka voda za potrebe rada kotlovskih postrojenja proizvodi se u pogonu za kemijsku pripremu vode (Slika 2.). Sirova voda dobavlja se iz vodocrpilišta Knežija koje ima šest bunara. Voda se iz njega transportira industrijskim cjevovodom do pogona za kemijsku pripremu vode. Pogon ima kapacitet proizvodnje  $3 \times 150 \text{ m}^3/\text{h}$  demineralizirane vode, a čine ga tri linije ionskih izmjenjivača. Svaka linija sastoji se od kationskog, anionskog i miješanog ionskog izmjenjivača, te ostalih pripadajućih uređaja

potrebnih za proizvodnju. Proizvedena demineralizirana voda skladišti se u čeličnom spremniku kapaciteta 1000 m<sup>3</sup>. Za potrebe regeneracije ionskih smola na vanjskom dijelu pogona nalazi se pet spremnika solne kiseline kapaciteta po 50 m<sup>3</sup> i dva spremnika natrijevog hidroksida kapaciteta po 50 m<sup>3</sup>. Vanjski dio pogona također čini postrojenje za obradu otpadnih voda nastalih u procesu proizvodnje demineralizirane vode. Sastoji se od stanice za obradu otpadnih voda, pet neutralizacijskih bazena, međubazena, te dva sedimentacijska bazena s pripadajućim pumpama i opremom.

S obzirom da se u proizvodnji demineralizirane vode koriste solna kiselina i natrijev hidroksid, koji prema Zakon o kemikalijama (N.N. 150/05) pripadaju među opasne i nagrizajuće kemikalije, radnici koji sudjeluju u proizvodnji mogu biti izloženi opasnostima i rizicima koji rad s tim kemikalijama sa sobom nosi. Automatizacijom pojedinih dijelova procesa proizvodnje i obrade otpadnih voda uvelike su smanjene opasnosti i rizici u tehnološkom procesu. U djelovima procesa gdje automatizacija nije bila moguća radnik, osposobljen za rad na siguran način i uz upotrebu osobne zaštitne opreme, obavlja rad u neautomatiziranim dijelovima procesa.



Slika 2. Pogon za kemijsku pripremu vode [6]

### 3.1 Pogon za kemijsku pripremu vode

Za tehnološke potrebe pogon za kemijsku pripremu vode koristi prvenstveno bunarsku vodu iz vlastitih bunara na vodocrpilištu Knežija, a može koristiti i gradsku vodu. Bunarsko postrojenje sastoji se od šest bunarskih pumpi kapaciteta od 80 m<sup>3</sup>/h do 200 m<sup>3</sup>/h koje dobavljaju sirovu vodu industrijskim cjevovodom do pogona za kemijsku pripremu vode. Sirova voda, da bi zadovoljila sve tehnološke zahtjeve, obrađuje se postupkom demineralizacije do postizanja vrijednosti električne vodljivosti do maksimalnih 0,2 μS/cm.

U pogonu za kemijsku pripremu vode koriste se kationske i anionske ionske mase koje se nalaze u kationskim, anionskim i miješanim izmjenjivačima. Izmjenjivači prerađuju sirovu vodu ukupne tvrdoće 20-30 ° nj, te svaka linija ionskih izmjenjivača u random ciklusu može proizvesti 1800 m<sup>3</sup> demineralizirane vode. Karakteristika svih izmjenjivača je da imaju mrežastu strukturu povezanu mostovima čija gustoća definira veličinu pora o kojoj ovisi djelovanje izmjenjivača. Unutar mrežaste strukture nalaze se aktivne grupe koje sudjeluju u procesu izmjene. Što je broj aktivnih grupa veći to je veći i kapacitet ionske izmjene.

Kationski stupanj pogona sastoji se od tri linije kationskih izmjenjivača koji su ispunjeni slabo kiselim i jako kiselim smolnim izmjenjivačima. Između kationskog i anionskog stupnja nalaze se deaeratori čija uloga je da vrše otplinjavanje slobodne ugljične kiseline iz dekatationirane vode. Koncentracija slobodne ugljične kiseline u ulaznoj vodi iznosi od 300 do 400 mg CO<sub>2</sub>/l, a u izlaznoj do 10 mg CO<sub>2</sub>/l. Iz deaeratora otplinjena dekatationirana voda slobodnim padom odlazi u bazen dekatationirane vode volumena 100 m<sup>3</sup>. Iz bazena dekatationirane vode pumpama se voda dalje potiskuje kroz anionske i miješane ionske izmjenjivače.

Anionski stupanj pogona sastoji se od tri linije anionskih izmjenjivača koji su ispunjeni slabobaznim i jako baznim smolnim izmjenjivačima. Anionski izmjenjivači prerađuju dekatationiranu vodu iza kationskog stupnja i degazatora koja sadrži uglavnom anione mineralnih kiselina ( kloridi, sulfati, nitrati, silicijev dioksid i preostali ugljikov dioksid ), te proizvode u radnom ciklusu 1800 m<sup>3</sup> demineralizirane vode čija je električna vodljivost manja od 10 μS/cm, a preostala vrijednost silicijevog dioksida manje od 20 μg /l.



Miješani stupanj sastoji se od tri linije miješanih izmjenjivača koji su ispunjeni jako kiselim i jako baznim smolnim izmjenjivačima između kojih se nalaze inertna masa. Oni prerađuju vodu iza anionskog stupnja, te u radnom ciklusu proizvodi do 100 000 m<sup>3</sup> demineralizirane vode električne vodljivosti manje od 0,2 μS/cm i vrijednosti silicijevog dioksida manje od 20 μg/l. Nakon zasićenja izmjenjivača pristupa se njihovoj regeneraciji. Regeneracija kationskog i anionskog izmjenjivača obavlja se paralelno.

Regeneracija kationskog izmjenjivača izvodi se prema protustrujnom principu uvođenjem 6% otopine solne kiseline od vrha prema dnu izmjenjivača. Solna kiselina se u izmjenjivač uvodi pomoću pumpe za kiselinu i razrjeđuje se demineraliziranom vodom do potrebne koncentracije pomoću automatiziranog ventila. Prilikom regeneracije dolazi do izmjene natrijevih, kalcijevih i magnezijevih iona vezanih na smolu s vodikovim ionima iz kiseline. Regeneracija kationskog izmjenjivača gotova je kada vrijednost električne vodljivosti na izlazu iz izmjenjivača iznosi manje od 140 μS/cm.

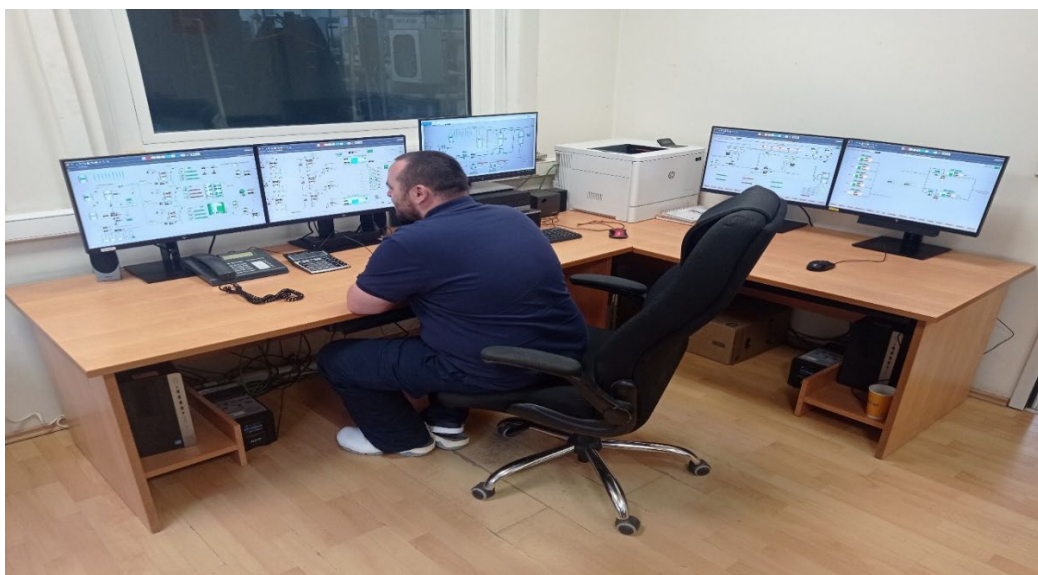
Regeneracija anionskog izmjenjivača izvodi se prema protustrujnom principu uvođenjem 2,5 % otopine natrijevog hidroksida od vrha prema dnu izmjenjivača. Natrijev hidroksid se u izmjenjivač uvodi pomoću pumpe za lužinu i razrjeđuje se zagrijanom demineraliziranom vodom do potrebne koncentracije pomoću automatiziranog ventila. Demineralizirana voda se zagrijava u izmjenjivaču topline kako bi se pospješila i ubrzala regeneracija. Izmjenjivač topline podešen je da zagrije vodu na temperaturu od 38 °C. Prilikom regeneracije dolazi do izmjene kloridnih i sulfatnih iona vezanih na smolu s hidroksilnim ionima iz lužine. Regeneracija anionskog izmjenjivača gotova je kada vrijednost električne vodljivosti na izlazu iz izmjenjivača iznosi manje od 5 μS/cm.

Regeneracija kationske i anionske smole u miješanom izmjenjivaču izvodi se paralelno uvođenjem 4% otopine natrijevog hidroksida od vrha prema sredini izmjenjivača i uvođenjem 3,4 % solne kiseline od dna prema sredini izmjenjivača. Solna kiselina i natrijev hidroksid uvode se u izmjenjivač pomoću pumpi za kiselinu i lužinu, a procesom razrjeđivanja solne kiseline i natrijevog hidroksida upravlja se pomoću automatiziranih ventila. Regeneracija miješanog izmjenjivača gotova je kada vrijednost električne vodljivosti na izlazu iz izmjenjivača iznosi manje od 0,2 μS/cm.

Proces proizvodnje demineralizirane vode nadzire se putem sustava za upravljanje i nadzor pogona za kemijsku pripremu vode (Slika 3.). Parametri tijekom procesa

regeneracije kationskog, anionskog i miješanog ionskog izmjenjivača nadziru se putem grafičkog sučelja. U slučaju izvanrednog događaja, alarmni sustav na grafičkom sučelju upozorava radnika na grešku u sustavu. Alarmi su podjeljeni na klase prema vrsti iznenadnog događaja i na taj način upućuju radnika na standardne operativne postupke koje treba poduzeti u slučaju određenog događaja. Radnik može biti izložen opasnosti od djelovanje solne kiseline ili natrijeve lužine ukoliko dođe do mehaničkog oštećenja cijevi za dovod solne kiseline i natrijevog hidroksida prema ionskim izmjenjivačima ili curenja na nekom od elementa armature ugrađenih na cjevovodni sistem. Curenje se također može pojaviti na pumpama za solnu kiselinu i natrijev hidroksid koje su ugrađene u regeneracijskoj stanici. Alarmni sustav obavještava radnika o smanjenju protoka tijekom procesa regeneracije linije, te radnik u tom slučaju zaustavlja automatski slijed radnji unutar tog procesa. Opasnost za radnika može se pojaviti prilikom postupka traženja mjesta curenja solne kiseline ili natrijevog hidroksida iz cjevovoda, armature ili pripadajućih pumpi. Pravovremeno otkrivanje mjesta curenja medija uvelike smanjuje rizik od nastanka ozljeda radnika, te smanjuje materijanu štetu na opremi unutar pogona.

Prema standardnom operativnom postupku radnik zatvara elektromagnetne ventile na cjevovodu prije mjesta gdje je došlo do propuštanja solne kiseline ili natrijeve lužine. Opasnost za radnika može se javiti i prilikom zatvaranja ručnih ventila prije mjesta propuštanja, a kojeg je dužan zatvoriti kako bi se poduzele mjere zaštite radnika koji uklanjaju grešku na sustavu.



Slika 3. Sustav za upravljanje i nadzor pogona za kemijsku pripremu vode [7]

### 3.2. Rezervoari solne kiseline i natrijevog hidroksida

Solna kiselina i natrijev hidroksid za potrebu regeneracije ionskih izmjenjivača skladište se u stanici za regeneraciju. Za regeneraciju ionskih izmjenjivača koristi se solna kiselina koncentracije 30-33 %, te natrijev hidroksid koncentracije 48-50 %. EL-TO Zagreb raspolaže s pet spremnika solne kiseline kapaciteta po 50 m<sup>3</sup> i dva spremnika natrijevog hidroksida kapaciteta po 50 m<sup>3</sup>. Spremnici su izrađeni od čelika i obloženi materijalom otpornim na kiseline i lužine. Spremnici lužine dodatno su toplinski izolirani i grijani parom na 30 ° C kako bi se izbjegla kristalizacija lužine pri hladnijim vremenskim uvjetima. Spremnici se nalaze unutar betonskih tankvana obloženih materijalom otpornim na kiseline i lužine. Tankvane su betonski bazeni izgrađeni ispod spremnika solne kiseline i natrijevog hidroksida s ciljem da spriječe zagađenje zemljišta i podzemnih voda u slučaju propuštanja spremnika. Svaki spremnik opremljen je pokazivačem nivoa koji se može izravno očitati na samom spremniku ili na grafičkom sučelju u upravljačkoj sobi pogona za kemijsku pripremu vode. Solna kiselina i natrijev hidroksid iz spremnika se ispumpavaju pomoću centrifugalnih pumpi smještenih unutar pogona za kemijsku pripremu vode. U pogonu se zatim razrjeđuju do potrebnih koncentracija putem upravljačkih ventila. Za razrjeđivanje se koristi demineralizirana voda koja se zasebnim cjevovodom i pumpom dovodi iz spremnika demineralizirane vode. Voda za regeneraciju anionskog i miješanog ionskog izmjenjivača zagrijava se parom putem izmjenjivača topline kako bi temperatura otopine natrijevog hidroksida tijekom regeneracije iznosila 38 ° C . Cijevi i armature između spremnika i pogona za kemijsku pripremu vode nalaze se položene u betonskim kanalima. Na svaki spremnik ugrađena je cijev s pripadajućim ventilom za odzračivanje. Spremnici su spojeni na sustav za vakumiranje koji se sastoji od cijevi, armatura i ejektora ugrađenog u cijev sirove vode za stvaranje vakuuma. Vakuum se koristi za vakumiranje spremnika pri procesu njegova punjenja. Solna kiselina i natrijev hidroksid dostavlja ju se željeznicom putem vagon cisterni ili cestovnim putem sa auto cisternama. Pretakanje se vrši spajanjem cisterne gumenim armiranim crijevom na pojedini, prethodno vakumirani, spremnik za kemikalije. S obzirom na prethodno postignuti vakuum u spremniku, solna kiselina ili natrijev hidroksid početi će teći iz područja višeg tlaka (cisterna) u područje nižeg tlaka (spremnik). Punjenje spremnika nadzire se neposredno na mjestu istovara kemikalija, te putem grafičkog sučelja u komandnoj sobi pogona za kemijsku pripremu vode.

Solna kiselina i natrijev hidroksid su kemikalije koje se najviše koriste u procesu proizvodnje u EL-TO Zagreb. Zbog sigurnosti kontinuiteta procesa proizvodnje i specifičnih zahtjeva njihovog transporta, solna kiselina i natrijev hidroksid naručuju se u većim količinama i skladište u spremnicima (Slika 4.). S porastom količine uskladištenih kemikalija proporcionalno raste i opasnost od njihovog potencijalnog negativnog utjecaja na radnike i okoliš. Do opasnosti može doći usred proboja stijenke spremnika uzrokovanog nagrizajućim djelovanjem kemikalija ili zbog mehaničkog oštećenja cjevovoda ili armature između spremnika i pogona za kemijsku pripremu vode. Najvećoj opasnosti mogu biti izloženi radnici koji sudjeluju u procesu punjenja spremnika kemikalija. Radnik EL-TO Zagreb može biti izložen štetnom utjecaju kemikalija prilikom uzimanja uzorka iz cisterne za provjeru gustoće kemikalije, te prilikom praćenja procesa punjenja spremnika. Vozač auto cisterne, odnosno transportni radnik vagon cisterne, može izložiti sebe i djelatnika EL-TO Zagreb opasnosti usred nepravilnog spajanja cijevi za pretakanje kemikalija. Zbog toga je važno da sve osobe uključene u proces punjenja spremnika koriste propisanu osobnu zaštitnu opremu.



Slika 4. Spremnici solne kiseline i natrijevog hidroksida [8]

### 3.3. Postrojenje za obradu otpadnih voda

Postrojenje za obradu otpadnih voda dio je proizvodnog procesa namijenjenog za neutralizaciju otpadnih voda pogona za kemijsku pripremu vode. Proces demineralizacije vode optimiziran je tako da otpadne vode nakon regeneracije linija budu u propisanom pH-intervalu dozvoljenom za ispuštanje u sustav javne odvodnje Grada Zagreba, no ukoliko ipak dođe do određenih odstupanja, pristupa se procesu predobrade otpadnih voda postupkom neutralizacije. Postrojenje ima kapacitet obrade vode od  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ . Sastoji se od pet međusobno povezanih neutralizacijskih bazena, svaki kapaciteta  $100 \text{ m}^3$ , te dva bazena za sedimentaciju kapaciteta  $100 \text{ m}^3$  i  $150 \text{ m}^3$ . Neutralizacijski bazeni (Slika 5.) opremljeni su s dvije sonde za mjerenje pH-vrijednosti, a sedimentacijski bazeni imaju svoju zasebnu sondu za mjerenje pH-vrijednosti. Nakon procesa neutralizacije, otpadna voda se prepumpava u bazene za sedimentaciju. Obradena voda se iz sedimentacijskih bazena ispušta u sustav javne odvodnje Grada Zagreba. Postrojenje još čine stanica za obradu otpadnih voda, te pumpe za solnu kiselinu i natrijev hidroksid s pripadajućim cjevovodom i armaturom. Unutar stanice za obradu voda ugrađene su dodatne cijevi i armature za pretakanje solne kiseline i natrijevog hidroksida u manje spremnike. Manji spremnici se koriste na mjestima za pripremu otopina za kondicioniranje napojnih voda na kotlovskim postrojenjima i za kondicioniranje vrelovodne vode. Mjesto za pretakanje opremljeno je pneumatskom pumpom za pretakanje natrijevog hidroksida, a solna kiselina se ispumpava slobodnim padom. Ispod ventila za pretakanje nalazi se tankvana izrađena od plastičnog materijala s odvodom razlivenih kemikalija u neutralizacijske bazene.

U postrojenju za obradu otpadnih voda radnik može biti izložen opasnostima od nagrizajućeg djelovanja solne kiseline i natrijevog hidroksida, te opasnosti od udisanja nagrizajućih para solne kiseline. Do opasnosti može doći zbog mehaničkog oštećenja cijevi, zbog propuštenja brtvi pumpi ili na nekom od elementa armature. Radnik upravlja procesom neutralizacije iz komandne sobe, ali može biti izložen štetnom djelovanju solne kiseline i natrijeve lužine prilikom provjere rada pumpi i elemenata armature ukoliko na njima dođe do kvara. Najvećoj opasnosti su izloženi radnici prilikom pretakanja solne kiseline i natrijevog hidroksida u manje spremnike. Do opasnosti može doći u slučaju curenja ventila na cjevovodima za kemikalije ili usred neopreznog rukovanja crijevima za pretakanje. Opasnost može nastati i neopreznim rukovanjem pneumatskom pumpom

za pretakanje natrijevog hidroksida. Druga vrsta opasnosti koja se javlja u procesu obrade otpadnih voda je opasnost od štetnog utjecaja otpadne vode na sustav javne odvodnje Grada Zagreba i opasnost utjecaja na okoliš. Do opasnosti može doći usred neopreznog rukovanja procesom za obradu opasnih voda ili zbog kvara pojedinih sonde za mjerenje pH-vrijednosti. Ispuštanje neobrađene otpadne vode dugoročno bi izazvalo oštećenja na armiranobetonskim dijelovima sustav javne odvodnje, te bi se time pojavila opasnost od propuštanja otpadnih voda u okoliš.



Slika 5. Neutralizacijski bazeni [9]

#### 4. OPASNOSTI PRI RADU U LABORATORIJU ZA ANALIZU VODA

Laboratorij za analizu voda EL-TO Zagreb nalazi se u sklopu pogona za kemijsku pripremu voda. To je posebno odvojena prostorija u kojoj se ispituju uzorci s proizvodnih linija za demineralizaciju vode, napojnih voda, kotlovnih voda, rashladnih voda, otpadnih voda, uzoraka ukupnog kondenzata i uzoraka tehnološke pare. Laboratorij je opremljen mjernim uređajima, priborom, laboratorijskim posuđem i kemikalijama potrebnim za analizu navedenih uzoraka (Slika 6.).

Nepravilno rukovanje laboratorijskim priborom, posuđem i opremom, kao i njihova neispravnost mogu biti izvori opasnosti na radu u laboratoriju. Posebnu opasnost za zdravlje radnika u laboratoriju predstavlja rad s kemikalijama. Svaka analitička metoda zahtjeva upotrebu određenih kemikalija. Kiseline koje se koriste u analitičkim metodama su sljedeće: titrival kloridne kiseline za dobivanje 0.1 N otopine, sulfatna kiselina, octena kiselina, oksalana kiselina-dihidrat i 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonska kiselina. Titrival kloridne kiseline za dobivanje 0.1 N otopine koristi se za određivanje p-vrijednosti i m-vrijednosti alkaliteta u vodi. Titrival kloridne kiseline predstavlja nagrizajuću opasnost za metale i kožu, te može izazvati teške ozljede oka. Sulfatna kiselina 95% koristi se u analitičkim metodama za određivanje hidrazina, silicija i željeza u vodi. Sulfatna kiselina predstavlja nagrizajuću opasnost za metale i kožu. Također djeluje nadražujuće na kožu i oči ili može izazvati teške ozljede oka. Octena kiselina 95% koristi se za pripremu reagensa u analitičkoj metodi za određivanje željeza u vodi. Octena kiselina predstavlja nagrizajuću opasnost za metale i kožu, te djeluje nadražujuće na kožu i oči ili može izazvati teške ozljede oka. Oksalna kiselina-dihidrat koristi se za pripremu reagensa u analitičkoj metodi za određivanje silicija u vodi. Oksalna kiselina-dihidrat može biti akutno toksična u slučaju oralnog ili dermalnog kontakta, a također je nadražujuća za oko ili može izazvati teške ozljede oka. Tvar 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonska kiselina koristi se za pripremu reagensa u analitičkoj metodi za određivanje silicija u vodi. Tvar 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonska kiselina ne zadovoljava kriterije za razvrstavanje prema Uredbi (EZ) broj 1272/2008. Lužine koje se koriste u analitičkim metodama su sljedeće: titrival natrijevog hidroksida za dobivanje 0.1 N otopine i amonijev hidroksid 25%. Titrival natrijevog hidroksida koristi se u analitičkoj metodi za određivanje slobodnog CO<sub>2</sub> u vodi, te za provjeru normaliteta 0.1 N otopine kloridne kiseline. Titrival natrijevog hidroksida je nagrizajući za metale.

Amonijev hidroksid 25% koristi se za pripremu pufera koji se koristi u analitičkoj metodi za određivanje ukupne tvrdoće vode. Amonijev hidroksid 25% uzrokuje teške opekline kože i ozljede oka. Amonijev hidroksid 25% također može nadražiti dišni sustav i vrlo je otrovan za vodeni okoliš.

Nezgode pri radu s kiselinama i lužinama mogu se dogoditi u svakom laboratoriju, unatoč primjeni svih sigurnosnih mjera. Trovanja pri radu u suvremenim laboratorijima rijetko se događaju, jer bi zahtjevala oralan unos kemikalija ili njihovo udisanje. Mnogo češće događaju se ozljede oka ili kože zbog pogreške u postupku kemijske analize ili zbog ne korištenja osobne zaštitne opreme propisane za radno mjesto tehničara u laboratoriju.



Slika 6. Analiza uzorka [10]



#### 4.1. Skladištenje amonijaka i laboratorijskih kemikalija

Kemikalije se u EL-TO Zagreb skladište u čvrstom, zidanom objektu. Objekt ima četiri zasebna odjeljenja u kojima se čuvaju odvojeno pojedine skupine kemikalija. Svaki odjeljak ima ugrađen ventilacijski sustav i ostale električne instalacije izvedene u Ex izvedbi. Amonijak i laboratorijske kemikalije skladište se u zasebnim odjeljenjima. Amonijak se u skladište dostavlja na euro paletama u zatvorenim plastičnim posudama težine 25 kg. Laboratorijske kemikalije dolaze u staklenoj i plastičnoj ambalaži različitih gramaža i čuvaju se na policama i laboratorijskim ormarima.

Opasnosti od štetnog djelovanja amonijaka može nastati usred neopreznog rukovanja s plastičnim posudama u kojima se on nalazi, zbog mehaničkog oštećenja posude ili zbog nedovoljnog brtvljenja čepa posude. Amonijak može izazvati teške opekline kože i ozljede organa vida. Pare mogu izazvati nadraženje dišnog sustava. Oslobođeni amonijak u slučaju izlivanja ili propuštanja para na nedovoljnom pritegnutom čepu posude može nagrizati metalne konstrukcije unutar skladišta. Ispuštanje u okoliš ostavilo bi dugotrajan otrovan učinak na vodeni okoliš. Amonijak kao kemikalija ne gori, ali njegove pare u doticaju s kisikom mogu stvoriti eksplozivnu smjesu. U slučaju požara mogu nastati opasni proizvodi raspada dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ).

Pogonski laboratorij EL-TO Zagreb troši male količine kemikalija na godišnjoj razini, te njihovo skladištenje predstavlja ograničenu opasnost za sigurnost radnika i okoliša. Do opasnosti može doći usred neopreznog rukovanja s kemikalijama ili ukoliko dođe do mehaničkog oštećenja ambalaže kemikalija. Opasnost bi također predstavljalo zajedničko skladištenje inkompatibilnih kemikalija u istim laboratorijskim ormarima. Primjerice titrival kloridne kiseline za dobivanje 0.1 N otopine ne može se skladištiti u istom laboratorijskom ormaru kao i titrival natrijevog hidroksida za dobivanje 0.1 N otopine. Jaka oksidacijska sredstva, kao što je kalijev permanganat, moraju se skladištiti odvojeno od drugih kemikalija jer njihova oksidativnost može izazvati požar ili eksploziju. Lako hlapiva i lako zapaljiva organska otapala, kao što je etanol, moraju se skladištiti u sigurnosnom ormaru, te se moraju čuvati daleko od izvora topline kako bi se spriječio rizik od nastanka požara. Otrovnne kemikalije predstavljaju opasnost ukoliko njima imaju slobodan pristup osobe koje nisu osposobljene za rad s njima. Čuvaju se pod ključem u posebno označenim prostorijama i ormarima.

## **5. OPASNOSTI PRI UPOTREBI LUŽINA U KOTLOVSKIM POSTROJENJIMA**

Za kvalitetu vode u termoenergetici, napojne i kotlovske vode optočnih i protočnih parnih kotlova, u kotlovima za proizvodnju vrele vode i u mreži s vrelovodnom vodom, za rashladnu vodu, vodu za regulaciju temperature pregrijane vodene pare i za kvalitetu pregrijane vodene pare u nas vrijedi standard HRN M.E2.011, izdanje 1980.god. [5]. Postoje različite konstrukcije vrelovodnih generatora koji mogu biti na različite načine spojeni na vrelovodnu mrežu. Bez obzira na konstrukciju moraju se zadovoljiti tehnički uvjeti za kvalitetu vode u generatoru za proizvodnju vrele vode i u mreži s vrelovodnom vodom prema HRN M.E2.011. Različite primjese koje se nalaze u vodi uređaja za proizvodnju pare, u uređajima i postrojenjima za prijenos toplinske energije ili u uređajima za hlađenje, mogu se u povoljnim uvjetima izdvajati kao tvrda faza „prilijepljeni“ na ogrjevnoj ili hladnoj površini u više-manje tvrdom, debljem ili tanjem sloju, ili biti raspršeni u masi vode u obliku koloidnih čestica ili disperznog mulja koji se može mjestimično i taložiti u generatorima topline, rashladnim uređajima, u dijelovima cijevne mreže i u trošilima [5]. Da bi se spriječio nastanak taloga u uređajima za proizvodnju pare, u uređajima i postrojenjima za prijenos toplinske energije ili u uređajima za hlađenje, potrebno je kondicionirati vodu koju ti dijelovi postrojenja koriste. Voda se kondicionira dozirnim pumpama za doziranje potrebnih kemikalija s ciljem postizanja i održavanja vrijednosti parametara navedenih u normi HRN M.E2.011.

Lužine koje se koriste za održavanje optimalne pH-vrijednosti u kotlovskim postrojenjima i vrelovodnom sustavu su amonijev hidroksid 25% i natrijev hidroksid 48-50 %. S obzirom da natrijev hidroksid pripada nagrizajućim kemikalijama, a amonijev hidroksid opasnim i nagrizajućim kemikalijama, te kemikalijama opasnim za okoliš, rad s njima predstavlja opasnost za radnike koji s njima rukuju prilikom pripreme otopina potrebnih za kondicioniranje voda u proizvodnji.

### **5.1. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2**

Niskotlačni kotlovi NTK1 (Blok M) i NTK2 (Blok N) su parni kotlovi čije vršno opterećenje proizvodnje pare iznosi 39 t/h pri tlaku od 17 bar i temperaturi od 235 ° C. Oba kotla napajaju se vodom iz napojnog spremnika kapaciteta 40 m<sup>3</sup>. Kondicioniranje napojne vode vrši se putem dozirnih pumpi koje doziraju pripremljenu otopinu. Dozirne

pumpe s pripadajućim spremnicima nalaze se u dozirnoj stanici kotlovskeg postrojenja. Dozirnu stanicu čine dvije pumpe s pripadajućim spremnicima za otopinu kapaciteta po 130 l koje se nalaze na metalnoj tankvani. U stanicu su ugrađene i dvije pumpe za pretakanje kemikalija s pripadajućim odmjernim posudama i cijevima za pretakanje. Koncentracija otopine i količina doziranja prilagođava se potrošnji vode iz napojnog spremnika, odnosno količini proizvodnje tehnološke pare. Dozirnu stanicu u rad pušta radnik koji uključuje kotao putem grafičkog sučelja u komandnoj sobi. Radnik laboratorija za kemijsku analizu voda priprema otopinu za dozirnu stanicu i prilagođava potrebnu količinu doziranja otopine. Više je vrsta opasnih događaja koji se mogu dogoditi radniku zaduženom za pripremu otopine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2. Prva opasnost s kojom se radnik može susresti u tom radnom procesu je pri uzimanju amonijeva hidroksida iz skladišta kemikalija u kojem može doći do curenja nekog od spremnika amonijeva hidroksida ili pojave para amonijeva hidroksida usred nedovoljnog brtvljenja čepa posude. Opasnost od izlivanja amonijeva hidroksida može nastati i prilikom transporta spremnika od skladišta kemikalija do dozirne stanice niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2. U dozirnoj stanici do opasnosti može doći ukoliko radnik neoprezno rukuje sa spremnikom amonijaka i crijevima za njegovo pretakanje. Pri radu u dozirnoj stanici važno je pridržavati se radnih uputa za pripremu dozirne otopine, kako bi se izbjegle greške u njejoj pripremi, te korištenje osobnih zaštitnih sredstava tijekom pripreme.

## **5.2. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnog kotla NTK3**

Niskotlačni kotao NTK3 (Blok P) je parni kotao (Slika 7.) koji, pri vršnom opterećenju, proizvodi 39 t/h pare pri tlaku od 17 bar i temperaturi od 235 ° C. Kotao se napaja vodom iz napojnog spremnika kapaciteta 40 m<sup>3</sup>. Napojni spremnik kotla kondicionira se putem dozirnih pumpi koje doziraju pripremljenu otopinu. Dozirne pumpe, te pripadajući spremni nalaze se u dozirnoj stanici kotlovskeg postrojenja. Stanicu čine dvije pumpe za doziranje i dva spremnika za dozirnu otopinu kapaciteta po 100 l smještenih na plastičnu tankvanu. Stanicu još čine i dvije pumpe za pretakanje kemikalija s pripadajućom odmjernim posudama i cijevima za pretakanje. Koncentracija otopine i količina njenog doziranja prilagođava se potrošnji vode iz napojnog spremnika, odnosno količini proizvodnje pare. Dozirnu stanicu u rad pušta radnik koji uključuje kotao, a njen rad

prilagođava radnik laboratorija za kemijsku analizu voda, koji ujedno i priprema otopinu za doziranje. Opasnosti s kojima se može susresti radnik zadužen za pripremu dozirne otopine za kondicioniranje niskotlačnog kotla NTK3 iste su kao i kod pripreme otopina za kotlove NTK1 i NTK2. Do opasnosti može doći pri uzimanju amonijaka iz skladišta kemikalija. Opasnost predstavlja i transport posude s amonijevim hidroksidom iz skladišta kemikalija do dozirne stanice niskotlačnog kotla. U dozirnoj stanici do opasnosti može doći ukoliko radnik neoprezno rukuje sa spremnikom amonijeva hidroksida i crijevima za pretakanje, te ne pridržava se radnih uputa za pripremu dozirne otopine.



Slika 7. Niskotlačni kotao NTK3 [11]

### **5.3. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode visokotlačnih kotlova K8 i K9**

Visokotlačni kotlovi K8 i K9 čine Blok B EL-TO Zagreb. To su parni kotlovi čije vršno opterećenje proizvodnje pare iznosi 100 t/h pri tlaku od 115 bar i temperaturi od 520 ° C. Oba kotla napajaju se vodom iz dvaju napojnih rezervoara, svaki kapaciteta 60 m<sup>3</sup>.

Kondicioniranje napojne vode vrši se putem dozirnih pumpi za doziranje potrebne otopine. Dozirne pumpe s pripadajućim spremnicima nalaze se u dozirnoj stanici kotlovskeg postrojenja. Stanica se sastoji od dvije pumpe s pripadajućim spremnicima za otopinu kapaciteta po 800 l. Za pripremu otopine ugrađena je jedna pneumatska pumpa s jednom dozirnom posudom. Ovisno o količini proizvodnje pare, prilagođava se količina doziranja otopine, te njena koncentracija. S obzirom da je riječ o starom proizvodnom dijelu EL-TO Zagreb, dozirnu stanicu u rad pušta radnik laboratorija za kemijsku analizu voda u dogovoru s radnikom koji pušta kotlove u pogon.

Izlaganje radnika opasnosti u radnom procesu pripreme otopine za kondicioniranje je već pri uzimanju amonijeva hidroksida iz skladišta za kemikalije, te njegovom transportu do dozirne stanice kotlova K8 i K9. U dozirnoj stanici radnik nespretnim rukovanjem posudom s amonijevim hidroksidom i crijevima za njegovo doziranje može dovesti u opasnost svoje zdravlje. Ono može biti ugroženo ako se radnik ne pridržava radnih uputa za pripremu otopine, te ukoliko ne koristi osobnu zaštitnu opremu.

### **5.4. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2**

Plinsku termoelektranu PTE1 (Blok H) i PTE2 (Blok J) čine dvije plinske turbine s generatorima. Svaka plinska turbina ima svoj kotao na otpadnu toplinu UT1 i UT2. To su niskotlačni kotlovi čije vršno opterećenje proizvodnje pare iznosi 65 t/h pri tlaku od 17 bar i temperaturi od 240 ° C. Oba kotla napajaju se vodom iz jednog napojnog spremnika kapaciteta 102,5 m<sup>3</sup>. Napojni spremnik kotla kondicionira se otopinom amonijevog hidroksida putem dviju dozirnih pumpi za doziranje otopine koje se nalaze u dozirnoj stanici. Opremu za kondicioniranje napojnog spremnika čine spremnik kapaciteta 500 l s ugrađenom glavnom i rezervnom pumpom na sebi. Spremnik je smješten na plastičnoj tankvani. U stanici se također nalazi i pumpa za pripremu otopine

za doziranje s pripadajućim crijevom za pretakanje i odmjernom posudom. Dozirnica također čini i oprema za direktno kondicioniranje kotlovene vode u kotlovima UT1 i UT2. Ona se sastoji od dva zasebna spremnika kapaciteta od 300 l namijenjena za pojedinačno doziranje svakog kotla s otopinom natrijeva hidroksida. Na svaki spremnik je ugrađena pumpa za doziranje s pripadajućim cjevovodom i armaturom, a sva oprema nalazi se ugrađena na plastičnoj tankvani. Ovaj dio stanice za doziranje ne posjeduje zasebnu pumpu i odmjernu posudu za dodavanje natrijevog hidroksida u spremnik dozirne otopine, već se natrijev hidroksid s prijenosnom odmjernom posudom dodaje direktno u posudu. Pumpu za kondicioniranje napojnog rezervoara pokreće radnik prilikom puštanja u pogon kotlovske postrojenja. Pumpe za direktno kondicioniranje kotlovske vode pokreće radnik laboratorija za kemijsku analizu voda zavisno o rezultatima analize pH-vrijednosti vode.

U procesu pripreme dozirnih otopina izlaganje radnika opasnostima započinje već u skladištu amonijevog hidroksida i natrijevog hidroksida gdje može doći do neželjenog oštećenja spremnika s kemikalijama ili propuštanja njihovih para kroz čepove spremnika. Posebnu opasnost za zdravlje i okoliš predstavlja njihov transport do dozirne stanice, naročito transport natrijevog hidroksida u slučaju prevrtanja spremnika i njegovog puknuća. Neoprezno rukovanje crijevom za pripremu otopine amonijeva hidroksida može radnika dovesti u opasnost od doticaja s njime. Radnik može biti izložen opasnosti prilikom dodavanja natrijevog hidroksida u spremnik za doziranje otopine, te neopreznim rukovanjem prijenosnom odmjernom posudom za natrijev hidroksid. Svako nekorisćenje osobne zaštitne opreme prilikom rada s kemikalijama za doziranje predstavlja veliku opasnost za zdravlje radnika, naročito za dišni sustav, kožu i organe vida.

### **5.5. Opasnosti pri upotrebi lužine za kondicioniranje vode vrelovodnog sustava**

Voda vrelovodnog sustava, koja cirkulira zapadnim dijelom grada Zagreba, zagrijava se u izmjenjivačima topline. Zavisno o potrebama potrošača toplinske energije, vrelovodna voda može se dogrijati i vrelovodnim kotlovima WK-3 (Blok G) i WK-4 (Blok K) jakosti po 116 MW. Vrelovodni sustav napaja se kondicioniranom vodom iz dvaju napojnih spremnika (Slika 8.). Svaki spremnik ima kapacitet 40 m<sup>3</sup>. Za održavanje pH-vrijednosti vode vrelovodnog sustava između pH-9 i pH-10, napojni spremnici kondicioniraju se otopinom amonijevog hidroksida.



Slika 8. Napojni spremnici vrelovodnog sustava [12]

Otopina se dozira pneumatskom pumpom iz metalnog spremnika kapaciteta 800 l. Uz spremnik je također ugrađena i pneumatska pumpa za pripremu otopine i odmjerne posuda za amonijev hidroksid. Pumpu u pogon pušta radnik laboratorija za kemijsku analizu voda, te podešava njen rad sukladno pH- vrijednosti vode. Uz doziranje napojnih spremnika također je potrebno kontinuirano direktno doziranje vrelovodnog sustava. Otopina se dozira dvjema dozirnim pumpama smještenim u dozirnoj stanici. Stanica za direktno doziranje sastoji se od dviju pumpi za doziranje otopine ugrađenih na dva spremnika kapaciteta po 1000 l smještenih unutar plastične tankvane. Uz dozirne pumpe ugrađene su i dvije pumpe za pretakanje natrijevog hidroksida sa pripadajućim odmjernim posudama. Pumpe za direktno doziranje otopine uključuje radnik laboratorija za kemijsku analizu voda, prilikom pokretanja zagrijavanja vode vrelovodnog sustava. Opasnosti za zdravlje i okoliš u procesu pripreme otopine javljaju se već tijekom uzimanja spremnika sa amonijevim hidroksidom i natrijevim hidroksidom iz skladišta kemikalija, te njihovog transporta do dozirne stanice vrelovodnog sustava. Opasnost od doticaja s lužinama postoji ukoliko se radnik ne pridržava radnih uputa za pripremu otopina, te ne koristi osobna zaštitna sredstva.

## **6. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE NA RADU**

Zaštita na radu je sustav pravila, načela, mjera, postupaka i aktivnosti, čijom se organiziranom primjenom ostvaruje i unapređuje sigurnost i zaštita zdravlja na radu, s ciljem sprječavanja rizika na radu, ozljeda na radu, profesionalnih bolesti, bolesti u vezi s radom te ostalih materijalnih i nematerijalnih šteta na radu i u vezi s radom [2].

Osim Zakonom o zaštiti na radu, radnike koji rade s kiselinama i lužinama dodatno se štiti i pravilnicima kao što su: Pravilnik o graničnim vrijednostima izloženosti opasnim tvarima pri radu i biološkim graničnim vrijednostima, Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada, Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada i dr. Rad s kiselinama predstavlja poslove s posebnim uvjetima rada, pa taj posao mogu raditi samo osobe koje zadovoljavaju i posebne uvjete za zasnivanje radnog odnosa, a to su: dob, spol, stručna sposobnost, zdravstveno stanje i psihička sposobnost. Na mjestima rada na kojima su prisutne fizikalne, kemijske i biološke štetnosti, radnici moraju biti zaštićeni od njihovog štetnog djelovanja sukladno propisima zaštite na radu i posebnim propisima [13].

Obveza je investitora/poslodavca da prilikom projektiranja, izgradnje, rekonstrukcije objekata za rad/radnih prostorija/prostora, projektiranja novih tehnologija /novih proizvodnih procesa pri kojima će se koristiti opasne kemikalije primjeni pravila zaštite, odnosno da iznađe takva tehnička rješenja čijom primjenom će koncentracije opasnih tvari u radnom okolišu, a za projektirani tehnološki proces, biti ispod utvrđenih graničnih vrijednosti izloženosti, odnosno ispod štetnih koncentracija za opasne tvari za koje nisu utvrđene granične vrijednosti izloženosti [14].

### **6.1. Pravila zaštite na radu**

Zaštita na radu kao organizirano djelovanje obuhvaća sustav pravila, a osobito:

- 1) pravila pri projektiranju i izradi sredstava rada
- 2) pravila pri uporabi, održavanju, pregledu i ispitivanju sredstava rada
- 3) pravila koja se odnose na radnike te prilagodbu procesa rada njihovom spolu, dobi, fizičkim, tjelesnim i psihičkim sposobnostima
- 4) načine i postupke osposobljavanja i obavješćivanja radnika i poslodavaca sa svrhom postizanja odgovarajuće razine zaštite na radu



- 5) načine i postupke suradnje poslodavaca, radnika i njihovih predstavnika i udruga te državnih ustanova i tijela nadležnih za zaštitu na radu
- 6) zabranu stavljanja radnika u nepovoljniji položaj zbog aktivnosti poduzetih radi zaštite na radu
- 7) ostale mjere za sprječavanje rizika na radu, sa svrhom uklanjanja čimbenika rizika i njihovih štetnih posljedica [2].

Navedena pravila predstavljaju standard u organizaciji zaštite radnika određujući način zaštite radnika i smanjenja opasnosti na radnom mjestu.

### **6.1.1. Osnovna pravila zaštite na radu**

Osnovna pravila zaštite na radu sadrže zahtjeve kojima mora udovoljiti sredstvo rada kada je u uporabi, a osobito :

- 1) zaštitu od mehaničkih opasnosti
- 2) zaštitu od udara električne struje
- 3) sprječavanje nastanka požara i eksplozije
- 4) osiguranje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- 5) osiguranje potrebne radne površine i radnog prostora
- 6) osiguranje potrebnih putova za prolaz, prijevoz i evakuaciju radnika i drugih osoba
- 7) osiguranje čistoće
- 8) osiguranje propisane temperature i vlažnosti zraka i ograničenja brzine strujanja zraka
- 9) osiguranje propisane rasvjete
- 10) zaštitu od buke i vibracije
- 11) zaštitu od štetnih atmosferskih i klimatskih utjecaja
- 12) zaštitu od fizikalnih, kemijskih i bioloških štetnih djelovanja
- 13) zaštitu od prekomjernih napora
- 14) zaštitu od elektromagnetskog i ostalog zračenja
- 15) osiguranje prostorija i uređaja za osobnu higijenu [2].

Osnovna pravila zaštite na radu primjenjuju se na samim sredstvima rada, a imaju svrhu ukloniti sve opasnosti koje ona mogu zrokovati.

### 6.1.2. Posebna pravila zaštite na radu

Posebna pravila zaštite na radu primjenjuju se kada nije moguće osnovnim mjerama i pravilima zaštititi radnika od izvora opasnosti. Njihova primjena je česta na poslovima s posebnim uvjetima rada i tada se primjenjuju na radnike na tom poslu, na način obavljanja tog posla i na radne postupke. Posebna pravila zaštite na radu sadrže zahtjeve glede dobi, spola, završenog stručnog obrazovanja i drugih oblika osposobljavanja i usavršavanja za rad, zdravstvenog stanja, tjelesnog stanja, psihofizioloških i psihičkih sposobnosti, kojima radnici moraju udovoljavati pri obavljanju poslova s posebnim uvjetima rada [2]. Posebna pravila zaštite na radu primjenjuju se i na radnom mjestu tehničar/vodar u EL-TO Zagreb. S obzirom da radnik na tom radnom mjestu radi s opasnim kemikalijama, mora koristiti osobna zaštitna sredstva na svim mjestima rada za koja je to propisano, a to su : pogon za kemijsku pripremu vode, spremnici kiselina i lužina, postrojenje za obradu otpadnih voda (Slika 9.), laboratorij, skladište kemikalija, kotlovska postrojenja.



Slika 9. Postrojenje za obradu otpadnih voda [15]

### 6.1.3. Priznata pravila zaštite na radu

Ako nije zakonski moguće primjeniti osnovna i posebna pravila zaštite na radu za pojedina radna mjesta, primjenjuju se priznata pravila na temelju normi, pravila struke i u praksi provjerenih načina zaštite.

## **7. MJERE ZAŠTITE NA RADU S KISELINAMA I LUŽINAMA U EL-TO ZAGREB**

Svako termoenergetsko postrojenje unutar HEP grupe mora imati upute o radu i sigurnosti pri radu prilikom rukovanja, održavanja i nadzora postrojenja. Procjenom rizika određena je obvezna zaštitna oprema za poslove na mjestu rada. Radnici koji rade s kiselinama i lužinama moraju biti osposobljeni za takav rad i za pružanje prve pomoći u slučaju nastanka nesreće s njima.

### **7.1. Mjere zaštite na radu u pogonu za kemijsku pripremu vode**

Prilikom redovnog procesa proizvodnje demineralizirane vode radnik nije izložen štetnom djelovanju solne kiseline i natrijevog hidroksida jer se radi o zatvorenom sustavu. U slučaju mehaničkog oštećenja cijevi za dovod solne kiseline i natrijevog hidroksida prema ionskim izmjenjivačima, curenja na nekom od elementa armature ugrađenih na cjevovod ili u slučaju propuštanja na brtvenom dijelu pumpi za dobavu solne kiseline i natrijevog hidroksida u pogon za kemijsku pripremu vode radnik može biti izložen njihovom štetnom djelovanju. Da bi se spriječile ozljede u takvim situacijama obvezno je pridržavati se Upute za siguran rad. Uputa za siguran rad s dozir pumpama za solnu kiselinu i natrijev hidroksid propisuje da treba odmah prekinuti regeneraciju linije i pristupiti sanaciji oštećenja. Prije početka sanacije, radnik koji poduzima mjere osiguranja prije početka radova i radnici koji izvršavaju popravak moraju staviti na sebe osobnu zaštitnu opremu propisanu za rad sa solnom kiselinom i natrijevim hidroksidom. Osobna zaštitna oprema za rad sa solnom kiselinom uključuje:

- zaštitne naočale koje dobro prijanjaju uz lice ili vizir protiv prskanja
- rukavice otporne na kiseline (od nitrilne gume, PVC ili sl.) debljine stijenke 0,40 mm
- odjeća od vitona, PVC materijala, te obuća od istih materijala  
zaštitna maska za cijelo lice s filtrom B2.

Osobna zaštitna oprema za rad sa natrijevim hidroksidom uključuje:

- zaštitne naočale/zaštitni vizir ili puna maska u slučaju nastanka para ili aerosol koji mogu ozlijediti oči
- zaštitne rukavice od PVC-a , neoprena ili Barricade, materijal rukavica mora biti

nepropustan i otporan na proizvod

- ovisno o riziku duga prijanjajuća pregača i čizme ili odgovarajuća odjeća za zaštitu od kemikalija, zaštitna odjeća treba biti otporna na lužine
- filter s oznakom P za čestice označen bijelom bojom, a iznad uporabnih ograničenja za filterske uređaje i koncentracije kisika niže od 17% volumnih upotrebljavati izolacijske aparate.

Prvo je potrebno zatvoriti ručne ventile na spremniku solne kiseline (Slika 10.) ili natrijevog hidroksida, a zatim cjevovod i dozirnu pumpu osloboditi tlaka.



Slika 10. Zatvaranje ručnog ventila [16]

Idući korak je ispiranje cjevovoda i dozirnih pumpi sve dok voda iz njih ne postane neutralna. Popravak cjevovoda i dozirnih pumpi smije se izvoditi isključivo uz dozvolu za rad i poduzete sve mjere osiguranja navedene u njoj. Uz mjere zaštite radnika, poduzete su i tehničke mjere zaštite ostatka pogona od štetnog djelovanje solne kiseline i natrijevog hidroksida, te mjere za zaštitu okoliša. Kationski, anionski i miješani izmjenjivači nalaze

se unutar betonskih tankvana premazanih kiselootpornim premazom iz kojih se otpadna voda plastičnim cijevima odvodi do neutralizacijskih bazena kako bi se spriječio njen štetan utjecaj na okoliš.

## **7.2. Mjere zaštite na radu sa spremnicima solne kiseline i natrijevog hidroksida**

Solna kiselina za regeneraciju ionskih izmjenjivača skladišti se u pet spremnika, svaki kapaciteta 50 m<sup>3</sup>. Natrijev hidroksid skladišti se u dva spremnika, svaki kapaciteta 50 m<sup>3</sup>. Spremnici su izrađeni od čelika i obloženi materijalom otpornim na kiseline i lužine kako bi se spriječilo njihovo štetno djelovanje na stijenke spremnika. Svaki spremnik opremljen je pokazivačem nivoa kako bi radnik, koji rukuje pogonom za kemijsku pripremu voda, u svakom trenutku znao trenutnu količinu solne kiseline ili natrijevog hidroksida i tako mogao detektirati iznenadne gubitke koji bi upućivali na propusnost spremnika. Sve odzrake na spremnicima opremljene su karbonskim filterom. Spremnici su smješteni unutar betonske tankvane obložene materijalom otpornim na kiseline i lužine, s padom usmjerenim prema neutralizacijskim bazenima kako bi se spriječilo nekontrolirano istjecanje njihova sadržaja u okoliš u slučaju propuštanja spremnika. Spremnici se višekratno obilaze u toku svake smjene od strane radnika iz laboratorija za kemijsku analizu voda i dežurnog vatrogasca. Dodatne mjere zaštite potrebne su prilikom punjenja spremnika pretakanjem iz vagon cisterne ili auto cisterne. S obzirom da se pretakanje vrši spajanjem cisterne gumenim armiranim crijevom na prethodno vakumirani spremnik za kemikalije, opasnost predstavlja potencijalno curenje kiseline ili lužine na spojevima crijeva na cisterni ili na spoju spremnika. Prije početka pretakanja potrebno je lancem ograditi mjesto pretakanja kiseline kako bi se stvorio psihološki učinak i spriječio pristup neovlaštenim osobama da sudjeluju u tom radnom procesu. Radnik laboratorija za kemijsku analizu vode i vozač cisterne moraju staviti osobnu zaštitnu opremu propisanu za rad sa solnom kiselinom, odnosno natrijevim hidroksidom. Prije početka istakanja radnik laboratorija provjerava dostavnicu i uzima uzorak iz cisterne (Slika 11.), te mjerenjem gustoće uzorka areometrom dodatno provjerava da li je sadržaj cisterne kiselina ili lužina. Armirano crijevo na cisternu i spremnik spaja posebno osposobljeni vozač cisterne. Crijevo se nikada ne spaja na otvor na najnižoj točki cisterne kako bi se u slučaju oštećenja izbjegao gubitak cijelog sadržaja cisterne. Crijevo za istakanje mora biti položeno pod nagibom kako bi po završetku pretakanja sav sadržaj istekao iz njega. Nakon istakanja vrši se ispiranje priključnih mjesta za crijeva i samih

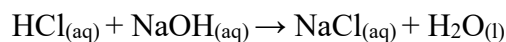
crijeva na mjestu za pretakanje. Cijela površina mjesta za pretakanje je izvedena od armiranog betona i zaštićena premazom otpornim na kiseline i lužine, te je napravljena s padom prema neutralizacijskim bazenima. U blizini mjesta za pretakanje osigurana je tekuća voda i tuš za ispiranje očiju.



Slika 11. Uzimanje uzorka iz cisterne [17]

S obzirom da do najveće opasnosti za radnika i okoliš može doći u slučaju propuštanja nekog od spremnika solne kiseline ili natrijevog hidroksida napravljen je eksperimentalni izračun kako bi se dobio podatak volumena solne kiseline ili natrijevog hidroksida kojeg bi trebalo utrošiti za neutralizaciju u slučaju propuštanja spremnika natrijevog hidroksida ili solne kiseline u bazen otpadnih voda.

U prvoj hipotetskoj situaciji napravljen je izračun volumena natrijevog hidroksida kojeg je potrebno dodati za neutralizaciju 1 m<sup>3</sup> solne kiseline iscurjele u bazen otpadnih voda, a u kojem se u tom trenutku nalazilo 50 m<sup>3</sup> otpadne vode s pH-vrijednošću 7.



$$V(\text{HCl}) = 1 \text{ m}^3$$

$$W(\text{HCl}) = 32,2 \% = 0,322$$

$$\rho(\text{HCl}) = 1,16 \text{ g/cm}^3$$

$$V(\text{NaOH}) = ?$$

$$M(\text{HCl}) = A_r(\text{H}) + A_r(\text{Cl}) \quad (1)$$

$$M(\text{HCl}) = 1,007 + 35,45$$

$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{W(\text{HCl}) \times \rho(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} \quad (2)$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{0,322 \times 1160 \text{ g/dm}^3}{36,46 \text{ g/mol}} = 10,24 \text{ mol/dm}^3$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$$

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl}) \quad (3)$$

$$n(\text{HCl}) = 10,24 \text{ mol/dm}^3 \times 1000 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{HCl}) = 1,024 \times 10^4 \text{ mol}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{W(\text{NaOH}) \times \rho(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} \quad (4)$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{0,48 \times 1506 \text{ g/dm}^3}{39,987 \text{ g/mol}}$$

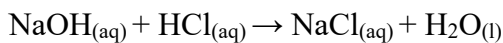
$$c(\text{NaOH}) = 18,077 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{NaOH})_{\text{dodani}} = \frac{n(\text{HCl})}{c(\text{NaOH})} \quad (5)$$

$$V(\text{NaOH})_{\text{dodani}} = \frac{1,024 \times 10^4 \text{ mol}}{18,077 \text{ mol/dm}^3}$$

$$V(\text{NaOH})_{\text{dodani}} = 566,46 \text{ dm}^3$$

U drugoj hipotetskoj situaciji napravljen je izračun volumena solne kiseline koje je potrebno dodati za neutralizaciju 1 m<sup>3</sup> natrijevog hidroksida iscurjelog u bazen otpadnih voda, a u kojem se u tom trenutku nalazilo 50 m<sup>3</sup> otpadne vode s pH-vrijednošću 7.



$$V(\text{NaOH}) = 1 \text{ m}^3$$

$$W(\text{NaOH}) = 48 \% = 0,48$$

$$\rho(\text{NaOH}) = 1,506 \text{ g/cm}^3$$

$$V(\text{HCl}) = ?$$

$$M(\text{NaOH}) = \text{Ar}(\text{Na}) + \text{Ar}(\text{O}) + \text{Ar}(\text{H}) \quad (6)$$

$$M(\text{NaOH}) = 22,989 + 15,999 + 1,007$$

$$M(\text{HCl}) = 39,99 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{W(\text{NaOH}) \times \rho(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} \quad (7)$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{0,48 \times 1506 \text{ g/dm}^3}{39,99 \text{ g/mol}} = 18,076 \text{ mol/dm}^3$$

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl})$$

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \quad (8)$$

$$n(\text{NaOH}) = 18,076 \text{ mol/dm}^3 \times 1000 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{NaOH}) = 1,808 \times 10^4 \text{ mol}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{W(\text{HCl}) \times \rho(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} \quad (9)$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{0,322 \times 1160 \text{ g/dm}^3}{36,46 \text{ g/mol}}$$



$$c(\text{HCl}) = 10,244 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{HCl})_{\text{dodani}} = \frac{n(\text{NaOH})}{c(\text{HCl})} \quad (10)$$

$$V(\text{HCl})_{\text{dodani}} = \frac{1,808 \times 10^4 \text{ mol}}{10,244 \text{ mol/dm}^3}$$

$$V(\text{HCl})_{\text{dodani}} = 1764,93 \text{ dm}^3$$

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da bi bilo potrebno utrošiti velike volumene dodanog natrijevog hidroksida i solne kiseline za neutralizaciju 1 m<sup>3</sup> iscurjele solne kiseline ili natrijevog hidroksida u bazenima otpadnih voda. U slučaju većeg volumena solne kiseline ili natrijevog hidroksida iscurjelog u bazene otpadnih voda njihovo zbrinjavanje bi obavila ovlaštena tvrtka za zbrinjavanje i sanaciju okoliša.

### 7.3. Mjere zaštite na radu u postrojenju za obradu otpadnih voda

Postrojenje za obradu otpadnih voda namijenjeno je za neutralizaciju otpadnih voda nastalih u procesu demineralizacije sirove vode, te za potencijalnu neutralizaciju kiselina ili lužina iscurjelih iz njihovih spremnika, mjesta za pretakanje kiselina i lužina i skladišta kemikalija. Otpadne vode nakon procesa demineralizacije neutraliziraju se u pet međusobno povezanih neutralizacijskih bazena, svaki kapaciteta 100 m<sup>3</sup>. Neutralizacija je potrebna ukoliko pH-vrijednost vode nakon regeneracije linije za demineralizaciju nije u propisanom intervalu definiranim Rješenjem o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša. Proces neutralizacije kontrolira se putem dviju pH-sondi iz komandne sobe pogona za kemijsku pripremu vode. Voda se nakon neutralizacije prepumpava (Slika 12.) u sedimentacijske bazene kapaciteta 100 m<sup>3</sup> i 150 m<sup>3</sup> opremljene s po jednom pH-sondom, a zatim u sustav javne odvodnje Grada Zagreba.

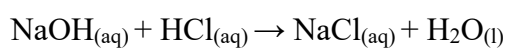
Svaki bazen je izrađen od armiranog betona i obložen materijalom otpornim na kiseline i lužine. Unutar stanice za obradu otpadnih voda, na mjestu za pretakanje solne kiseline i natrijevog hidroksida ugrađena je plastična tankvana s izvodom u neutralizacijske bazene kako bi se spriječilo njihovo curenje u okoliš. Na mjestu za pretakanje kemikalija osigurana je tekuća voda i tuš za ispiranje očiju. Radnici uključeni u proces neutralizacije ili proces pretakanja kemikalija moraju koristiti osobnu zaštitnu opremu predviđenu za tu namjenu.



Slika 12. Prepumpavanje neutralizirane vode [18]

Ovisno o kvaliteti sirove vode moguća su odstupanja pH-vrijednosti od intervala zadanog Rješenjem o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša. Tada se pristupa procesu neutralizacije kako bi se izbjeglo oštećenje sustava javne odvodnje i zaštitio okoliš. U eksperimentalnom dijelu će se izračunom utvrditi potrebne količine solne kiseline i natrijevog hidroksida za neutralizaciju otpadnih voda.

U prvoj hipotetskoj situaciji napravljen je izračun količine solne kiseline potrebne za neutralizaciju 100 m<sup>3</sup> otpadne vode s pH-vrijednošću 10,3.



$$V(\text{otpadne vode}) = 100 \text{ m}^3$$

$$\text{pH}(\text{otpadne vode}) = 10,3$$

$$V(\text{HCl}) = ?$$

$$p\text{OH} = 14 - p\text{H} \quad (11)$$

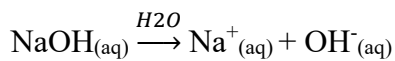
$$p\text{OH} = 14 - 10,3$$

$$p\text{OH} = 3,7$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-p\text{OH}} \text{ mol/dm}^3 \quad (12)$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-3,7} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$



$$c(\text{NaOH}) = [\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \quad (13)$$

$$n(\text{NaOH}) = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \times 1 \times 10^5 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{NaOH}) = 20 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = 20 \text{ mol}$$

$$M(\text{HCl}) = \text{Ar}(\text{H}) + \text{Ar}(\text{Cl}) \quad (14)$$

$$M(\text{HCl}) = 1,007 + 35,45$$

$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{W(\text{HCl}) \times \rho(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} \quad (15)$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{0,322 \times 1160 \text{ g/dm}^3}{36,46 \text{ g/mol}}$$

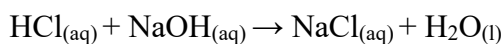
$$c(\text{HCl}) = 10,244 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{HCl})_{\text{dodani}} = \frac{n(\text{HCl})}{c(\text{HCl})} \quad (16)$$

$$V(\text{HCl})_{\text{dodani}} = \frac{20 \text{ mol}}{10,244 \text{ mol/dm}^3}$$

$$V(\text{HCl})_{\text{dodani}} = 1,952 \text{ dm}^3$$

U drugoj hipotetskoj situaciji napravljen je izračun količine natrijevog hidroksida potrebnog za neutralizaciju 100 m<sup>3</sup> otpadne vode s pH-vrijednošću 5,3.



$$V(\text{otpadne vode}) = 100 \text{ m}^3$$

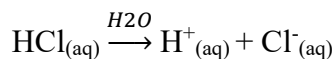
$$\text{pH}(\text{otpadne vode}) = 5,3$$

$$V(\text{NaOH}) = ?$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ mol/dm}^3 \quad (17)$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,3} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,01 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$



$$c(\text{HCl}) = [\text{H}_3\text{O}^+] = 5,01 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl}) \quad (18)$$

$$n(\text{HCl}) = 5,01 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \times 1 \times 10^5 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ mol}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{W(\text{NaOH}) \times \rho(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} \quad (19)$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{0,48 \times 1506 \text{ g/dm}^3}{39,987 \text{ g/mol}}$$

$$c(\text{NaOH}) = 18,077 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{NaOH})_{\text{dodani}} = \frac{n(\text{NaOH})}{c(\text{NaOH})} \quad (20)$$

$$V(\text{NaOH})_{\text{dodani}} = \frac{0,5 \text{ mol}}{18,077 \text{ mol/dm}^3}$$

$$V(\text{NaOH})_{\text{dodani}} = 0,027 \text{ dm}^3$$

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da bi za neutralizaciju bilo potrebno utrošiti male volumene dodane solne kiseline i natrijevog hidroksida kako bi se postigao optimalna pH-vrijednost pogodna za ispuštanje otpadnih voda u sustav javne odvodnje grada.

#### **7.4. Mjere zaštite na radu u laboratoriju za analizu voda**

Za siguran rad u laboratoriju potrebno je pridržavati se uputa za rad na siguran način i radnih uputa za izvođenje pojedinih analiza. Svaki radnik u laboratoriju mora biti osposobljen za rad na siguran način i imati obavljen liječnički pregled zbog poslova s posebnim uvjetima rada. U prostoriju laboratorija zabranjen je pristup osobama koje u njemu nisu zaposlene i koje ne nose zaštitnu odjeću. U laboratoriju je zabranjeno jesti, piti i pušiti.

Radnicim u laboratoriju dostupni su svi sigurnosno tehnički listovi za kemikalije s kojima rade i ormarić prve pomoći. Prije početka rada obvezno je staviti na sebe osobnu zaštitnu opremu potrebnu za pojedinu analizu. Zaštita očiju i kože potrebna je za rad s TITRIVAL-om kloridne kiseline 0,1 N, TITRIVAL-om natrijevog hidroksida 0,1 N, sulfatnom kiselinom, octenom kiselinom, oksalanom kiselinom-dihidrat, 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonskom kiselinom i amonijevim hidroksidom. Zaštita organa za disanje potrebna je za rad sa svim kiselinama i lužinama koje se koriste u laboratoriju pogona za kemijsku pripremu voda. Filtar tipa P2 koristi se za rad s TITRIVAL-om natrijevog hidroksida 0,1 N i oksalanom kiselinom-dihidrat. Filter tipa E-(P2) koristi se za rad s TITRIVAL-om kloridne kiseline 0,1 N i octenom kiselinom. Filter B-(P2) koristi se za rad sa sulfatnom kiselinom. Pri radu s 1-amino-2-hidroksi-4-naftensulfonskom kiselinom u slučaju dizanja prašine koristi se filtar za lebdeće čestice EN143, a u prisutnosti najmanje 80% lebdećih čestica filter P1. U slučaju nastanka para/aerosola pri radu s amonijevim hidroksidom koristi se filter tipa ABEK. Analize prilikom kojih nastaju otrovni i štetni plinovi izvode se u digestoru (Slika 13.). U laboratoriju sve boce za reagense su propisno označene, a na radnim stolovima nalazi se samo ona količina koja je potrebna za izvođenje analiza. Kemikalije unutar laboratorija skladište se u metalnim ventiliranim ormarima. Osigurana je dovoljna količina vode za ispiranje i tuš za oči u slučaju nezgode.



Slika 13. Analiza u digestoru [19]

### **7.5. Mjere zaštite pri skladištenju amonijaka i laboratorijskih kemikalija**

Objekt za skladištenje kemikalija u EL-TO Zagreb ima četiri zasebna odjeljenja. Radi poboljšanja sigurnosti i zaštite zdravlja radnika poslodavac je dužan poduzeti tehničke i/ili organizacijske mjere sprječavanja eksplozije i zaštite od eksplozije te provjeriti rizik nastanka eksplozije i mora u svezi s time poduzeti sljedeće:

- spriječiti stvaranje eksplozivne atmosfere, ili gdje to nije moguće zbog prirode same aktivnosti spriječiti zapaljenja eksplozivne atmosfere, i
- ublažiti štetno djelovanje učinka eksplozije, da bi se osigurala zaštita zdravlja i sigurnost radnika [20].

Ventilacijski sustav i ostale električne instalacije unutar skladišnog prostora izvedene u Ex izvedbi. Podovi odjeljaka za skladištenje amonijevog hidroksida i laboratorijskih kemikalija zaštićeni su premazom otpornim na djelovanje kiselina i lužina. U svakom odjeljku ugrađen je podni sifon s odvodom u sabirnu jamu iz koje se u slučaju izlivanja neke kemikalije ona može prepumpati u neutralizacijski bazen ili dati na zbrinjavanje. Prema pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti opasnik kemikalijama na radu, graničnim vrijednostima izloženosti i biološkim graničnim vrijednostima (N.N. 91/18) utvrđen je postupak za postupanje u slučaju curenja amonijevog hidroksida, te se provode vježbe simulacije njegova curenja. Na ulazu u svaki odjeljak skladišta postavljene su pripadajući znakovi zabrane, obveze i opasnosti (Slika 14). Svaki skladišni odjeljak je zaključan te pristup imaju samo radnici obučeni za rad s kemikalijama. EL-TO Zagreb ima imenovanu i educiranu odgovornu osobu za rad s opasnim kemikalijama. Radnici laboratorija pogona za kemijsku pripremu vode, prema Pravilniku o načinu stjecanja te provjere znanja o zaštiti od opasnih kemikalija (N.N. 147/21), moraju odslušati tečaj o zaštiti od opasnih kemikalija za radnike u tvrtkama te imati položen ispit pri Službi za toksikologiju Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo. Prema uredbi o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari (N.N. 44/14, 31/17, 45/17), EL-TO Zagreb svrstan je u postrojenje nižeg razreda te sukladno tome mora imati izrađen Operativni plan pravne osobe koja djelatnost obavlja korištenjem opasnih tvari, Procjenu rizika pravnih osoba koje obavljaju djelatnost korištenjem opasnih tvari, Operativni plan civilne zaštite pravne osobe od interesa za sustav civilne zaštite.



Slika 14. Znakovi zabrane, obveze i opasnosti [21]

## **7.6. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine na kotlovskim postrojenjima**

Lužine koje se koriste za kondicioniranje napojnih voda kotlova i vode iz vrelovodnog sustava imaju nagrizajuće djelovanje te pri radu s njima radniku je najčešće izložena koža ruku, a u slučaju prskanja ili prolijevanja izloženo može biti lice, oči i ostatak tijela radnika. Kako bi se izbjeglo nadražujuće djelovanje na kožu, oči i organe za disanje i stvaranje kemijskih opekotina obvezna je upotreba osobne zaštitne opreme na mjestima gdje se lužine koriste u kotlovskim postrojenjima. Za rad s amonijevim hidroksidom osobna zaštitna oprema uključuje zaštitne naočale, rukavice od nitrilne gume, zaštitni kombinezon i odgovarajuća obuća koja obuhvaća cijelo stopalo, zaštitna maska s filterom K s oznakom zelene boje, a iznad uporabnih ograničenja za filterske uređaje i koncentracije kisika niže od 17% volumnih upotrebljavati izolacijske aparate. Za rad s natrijevim hidroksidom osobna zaštitna oprema uključuje zaštitne naočale/zaštitni vizir ili puna maska u slučaju nastanka para ili aerosol koji mogu ozlijediti oči, zaštitne rukavice od PVC-a, neoprena ili Barricade, prijanjajuća pregača i čizme ili odgovarajuća odjeća za zaštitu od kemikalija, filter s oznakom P za čestice označen bijelom bojom, a iznad uporabnih ograničenja za filterske uređaje i koncentracije kisika niže od 17% volumnih upotrebljavati izolacijske aparate. Radnik mora koristiti osobnu zaštitnu opremu u skladištu kemikalija prilikom uzimanja potrebnih lužina, tokom njihova transporta do kotlovskog postrojenja i na samom mjestu primjene u dozirnoj stanici. Prema Pravilniku o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju terete (N.N. 42/05) za radnice do devetnaest godina te iznad četrdeset i pet godina najveća dopuštena masa tereta iznosi 13 kg, a od devetnaest do četrdeset i pet iznosi 15 kg. Zbog težine spremnika lužina od 25 kg radnice laboratorija za kemijsku pripremu voda ne smiju obavljati poslove uzimanja i transporta spremnika s lužinama prema kotlovskim postrojenjima.

### **7.6.1. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnih kotlova NTK1 I NTK2**

Dozirna stanica niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2 (Slika 15.) označena je oznakama zabrane, obveze i opasnosti. Pored dozirnih posuda nalaze se upute za siguran rad. Dozirne pumpe s pripadajućim spremnicima otopine nalaze se postavljene na tankvani. Tankvana ima funkciju prikupljanja prolivenih kemikalija potrebnih za pripremu otopine za doziranje ili da zadrži dozirnu otopinu u slučaju propuštanja spremnika.





Slika 15. Dozirna stanica niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2 [22]

Podovi kotlovskeg postrojenja premazani su sredstvom otpornim na djelovanje kiselina i lužina. Doziranje otopine u napojni rezervoar zatvoreni je sustav, te ne predstavlja opasnost za radnika.

Mjere zaštite treba poduzeti prilikom uzimanja posude s amonijakom iz skladišta kemikalija i prilikom njegova transporta do kotlovskog postrojenja kako bi se izbjeglo prevrtanje i oštećenje spremnika. Spremnik prilikom transporta na specijalnim kolicima mora biti vezan sigurnosnom trakom. Svi putevi i prometnice kojima se odvija transport moraju biti bez prepreka i oštećenja. Priprema otopine za doziranje odvija se preko djelomično zatvorenog sustava, jer se isto crijevo i pumpa koriste i za doziranje druge kemikalije za kondicioniranje. Radnik mora pažljivo, bez prolijevanja i kapanja, crijevo pumpe za doziranje spojiti na spremnik s amonijevim hidroksidom. Amonijak se zatim prepumpava u dozirnu posudu i ispušta u spremnik otopine. U dozirnoj stanici dozvoljeno je imati samo jednu posudu s amonijevim hidroksidom potrebnu za pripremu otopine. U blizini dozirne stanice osiguran je izvor vode i ugrađen je tuš za oči.

#### **7.6.2. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode niskotlačnog kotla NTK3**

Niskotlačni kotao NTK3 isti je tip kotla kao i kotlovi NTK1 i NTK2, ali se radi o zasebnom bloku novijeg datuma proizvodnje. Sukladno tome primjenjuju se gotovo identične, ali unaprijedene mjere zaštite na radu. Na ulasku u blok nalaze se pripadajuće oznake zabrane, obveze i opasnosti te uputa za siguran rad na dozirnoj stanici. Dozirne pumpe s pripadajućim spremnicima nalaze se na plastičnoj tankvani opremljenoj sa senzorom nivoa tekućine u njoj (Slika 16.). Tankavana se nalazi na podu koji je premazan sredstvom otpornim na djelovanje kiselina i lužina. Doziranje otopine za kondicioniranje u napojni rezervoar zatvoreni je sustav. Priprema otopine izvedena je kao zatvoreni sustav, a kontakt s kemikalijama potrebnima za kondicioniranje ostvaruje se samo prilikom zamjene njihovih praznih spremnika. Svaka kemikalija potrebna za pripremu otopine za kondicioniranje ima svoju zasebnu pumpu i zasebna crijeva i cijevi s odmjernim posudama.

Mjere zaštite treba poduzeti prilikom promjene spremnika s amonijevim hidroksidom. Korištenje osobne zaštitne opreme propisano je od trenutka ulaženja u skladišni prostor s amonijevim hidroksidom, tijekom njegova transporta i pripreme otopine. U dozirnoj stanici dozvoljeno je imati jedan spremnik s amonijevim hidroksidom spojenim na sustav za pripremu otopine. U blizini dozirne stanice osiguran je izvor vode i ugrađen je tuš za oči.



Slika 16. Dozirna stanica niskotlačnog kotla NTK3 [23]

### 7.6.3. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode visokotlačnih kotlova K8 i K9

Dozirna stanica visokotlačnih kotlova K8 i K9 odvojena je metalnom ogradom od ostatka kotlovskeg postrojenja te je označena je pripadajućim oznakama zabrane, obveze i opasnosti. Pored dozirnih posuda nalaze se upute za siguran rad. Doziranje otopine u napojne rezervoare zatvoreni je sustav, te ne predstavlja opasnost za radnika. Amonijev hidroksid za pripremu otopine za doziranje prepumpava se putem pneumatske pumpe, te je potrebno koristiti propisanu osobnu zaštitnu opremu prilikom izvođenja tog radnog procesa. Radnik mora oprezno rukovati crijevom za pretakanje kako bi izbjegao prolijevanje amonijevog hidroksida.

Mjera korištenja osobne zaštitne opreme propisana je od trenutka ulaženja u skladišni prostor s amonijevim hidroksidom, tijekom njegova transporta i pripreme otopine. U slučaju nezgode osiguran je izvor vode i ugrađen je tuš za oči.

#### 7.6.4. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2

U dozirnoj stanici za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2 (Slika 17.) koriste se amonijev hidroksid i natrijev hidroksid. Sukladno tome koristi se za njih propisana osobna zaštitna oprema. Stanica je propisno označena pripadajućim oznakama zabrane, obveze i opasnosti i u njoj se nalazi uputa za siguran rad s lužinama koje se koriste. Dozirne posude s pripadajućim pumpama postavljene su na plastične tankvane, a pod na kojem se nalaze otporan je na nagrizajuće djelovanje lužine.



Slika 17. Dozirna stanica za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2 [24]

Doziranje otopine u napojni rezervoar i otopine za direktno doziranje u kotlove zatvoreni je sustav, te ne predstavlja opasnost za rad. Oprez i mjere zaštite su potrebne prilikom pripreme otopine zbog manipulacije s crijevom za prepumpavanje amonijevog hidroksida u odmjernu posudu. Naročito veliki oprez od prskanja potreban je prilikom pripreme otopine natrijevog hidroksida za direktno doziranje u kotao jer se lužina ručno ulijeva iz prijenosne odmjerne posude. Unutar stanice za doziranje ugrađen je izvor vode s crijevom za ispiranje.

Mjera korištenja osobne zaštitne opreme primjenjuju se već od trenutka ulaska u skladište kemikalija, a naročito velik oprez je potreban prilikom transporta lužina do tog kotlovskog postrojenja jer je ono najudaljenije od skladišta kemikalija.

#### **7.6.5. Mjere zaštite na radu pri upotrebi lužine za kondicioniranje vode vrelovodnog sustava**

Dozirna stanica vrelovodnog sustava (Slika 18.) sastoji se od dva dijela.



Slika 18. Dozirna stanica vrelovodnog sustava [24]

Stanica je propisno označena pripadajućim oznakama zabrane, obveze i opasnosti i u njoj se nalazi uputa za siguran rad s lužinama koje se koriste. Podovi su izrađeni od materijala otpornog na lužine. Za pripremu otopine doziranje napojnog rezervoara vrelovodnog sustava koristi se amonijev hidroksid, a za direktno doziranje otopine u vrelovodni sustav koristi se natrijev hidroksid za kondicioniranje vode vrelovodnog sustava.

Mjere zaštite korištenjem osobne zaštitne opreme potrebno je poduzeti već prilikom uzimanja potrebnih lužina u njihovom skladištu te tijekom njihovog transporta do dozirne stanice. Dozirna pumpa amonijevog hidroksida i njen spremnik nalaze se unutar zasebnog ograđenog prostora. Radnik mora pažljivo rukovati s pumpom i crijevima za pripremu otopine amonijevog hidroksida kako bi izbjegao njegovo curenje. Dozirne pumpe za otopinu natrijeva hidroksida sa pripadajućim spremnicima nalazi se unutar plastične tankvane. Radnik mora pažljivo rukovati s pumpama i crijevima za pripremu otopine natrijevog hidroksida kako bi izbjegao njegovo curenje. Za slučaj nezgode osiguran je izvor vode i tuš za oči u blizini.

## 8. ZAKLJUČAK

Rad s opasnim tvarima sastavni je dio procesa proizvodnje u termoenergetskom sektoru. Tehnoloških procesi dobivanja demineralizirane vode, obrade otpadnih voda te proizvodnje tehnološke pare, ogrjevne topline i električne energije uključuju rad s kiselinama i lužinama koje mogu oštetiti zdravlje radnika.

U procesu dobivanja demineralizirane vode radnik može biti izložen štetnom djelovanju kiselina i lužina tijekom procesa regeneracije linije za ionsku izmjenu, a tijekom obrade otpadnih voda nastalih regeneracijom linije osim na radnika može doći i do štetnog djelovanja na okoliš. Tijekom procesa proizvodnje tehnološke pare, ogrjevne topline i električne energije radnik može biti izložen štetnom djelovanju lužina tijekom kondicioniranja napojnih voda kotlova i vrelovodnog sustava. Radnik može biti izložen štetnom djelovanju kiselina i lužina i tijekom njihovog skladištenja i transporta do mjesta upotrebe. Kiseline koje se koriste u tehnološkim procesima EL-TO Zagreb prema Zakon u kemikalijama (N.N. 150/05) svrstavaju se kao opasne te opasne i nagrizajuće kemikalije. Lužine koje se koriste u tehnološkim procesima EL-TO Zagreb po istom zakonu svrstane su u nagrizajuće, opasne i nagrizajuće te kemikalijama opasnim za okoliš.

Zbog štetnog djelovanja kiselina i lužina koje se koriste EL-TO Zagreb poduzeo je sve mjere zaštite na svim mjestima rada kako bi zaštitio život i zdravlje svojih zaposlenika te ispoštovao zakonske odredbe. Pri tom zadovoljava svim zahtjevima osnovnih pravila zaštite na radu i primjenjuje posebna pravila zaštite na radu na poslovima s posebnim uvjetima rada te provodi opća načela prevencije. EL-TO Zagreb svrstan je u postrojenje nižeg razreda te sukladno tome ima izrađen Operativni plan pravne osobe koja djelatnost obavlja korištenjem opasnih tvari, Procjenu rizika pravnih osoba koje obavljaju djelatnost korištenjem opasnih tvari, Operativni plan civilne zaštite pravne osobe od interesa za sustav civilne zaštite.

Eksperimentalnim izračunom provjerena je funkcionalnost metode neutralizacije otpadnih voda nakon regeneracije ionskih izmjenjivača, te je napravljen eksperimentalni izračun u slučaju curenja sadržaja spremnika kiselina ili lužina u neutralizacijske bazene. Metoda neutralizacije otpadnih voda pokazala se učinkovitim rješenjem jer su potrebne male količine kiselina, odnosno lužina za dovođenje pH-vrijednosti otpadnih voda u

propisani interval definiranim Rješenjem o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša. Za neutralizaciju kiseline ili lužine iscurjele iz svojih spremnika bilo bi potrebno utrošiti velike količine lužine, odnosno kiseline za njihovu neutralizaciju. Stoga bi bio opravdan postupak zbrinjavanja iscurjelih kiselina ili lužina od strane vanjskog izvođača ovlaštenog za obavljanje tog posla.

Sve navedeno potvrđuje da je EL-TO Zagreb, prepoznao i identificirao sve opasnosti te poduzeo zaštitne mjere kako bi zaštitio zdravlje svojih radnika pri radu s kiselinama i lužinama.



## 9. LITERATURA

- [1] EL-TO Zagreb, dostupno na: <https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane-toplane/el-to-zagreb/1567> (05.04.2023.)
- [2] Zakon o zaštiti na radu (N.N. 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18)
- [3] Filipović I., Lipanović S., Opća i anorganska kemija, I dio-opća kemija, VIII izdanje, Školska knjiga, Zagreb 1991
- [4] Slika 1. EL-TO Zagreb, dostupno na: <https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane-toplane/el-to-zagreb/1567> (17.04.2023.)
- [5] Šivak, M. , Tehnologija pripreme tehničkih voda u termoenergetici, Nakladnička djelatnost Marijan Šivak, Zagreb 2002
- [6] Slika 2. Pogon za kemijsku pripremu vode, iz privatnog albuma
- [7] Slika 3. Sustav za upravljanje i nadzor pogona za kemijsku pripremu vode, iz privatnog albuma
- [8] Slika 4. Spremnici solne kiseline i natijevog hidroksida, iz privatnog albuma
- [9] Slika 5. Neutralizacijski bazeni, iz privatnog albuma
- [10] Slika 6. Analiza uzorka, iz privatnog albuma
- [11] Slika 7. Niskotlačni kotao NTK3, iz privatnog albuma
- [12] Slika 8. Napojni spremnici vrelovodnog sustava, iz privatnog albuma
- [13] Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada (N.N. 105/20)
- [14] Pravilnik o graničnim vrijednostima izloženosti opasnim tvarima pri radu i o biološkim graničnim vrijednostima (N.N. 13/09)
- [15] Slika 9. Postrojenje za obradu otpadnih voda, iz privatnog albuma
- [16] Slika 10. Zatvaranje ručnog ventila, iz privatnog albuma
- [17] Slika 11. Uzimanje uzorka iz cisterne, iz privatnog albuma

- [18] Slika 12. Prepumpavanje neutrulizirane vode, iz privatnog albuma
- [19] Slika 13. Analiza u digestoru, iz privatnog albuma
- [20] Pravilnik o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom (N.N. 39/06)
- [21] Slika 14. Znakovi zabrane, obveze i opasnosti, iz privatnog albuma
- [22] Slika 15. Dozirna stanica niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2, iz privatnog albuma
- [23] Slika 16. Dozirna stanica niskotlačnog kotla NTK3, iz privatnog albuma
- [24] Slika 17. Dozirna stanica za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2, iz privatnog albuma
- [25] Slika 18. Dozirna stanica vrelovodnog sustava, iz privatnog albuma

## 10.PRILOZI

### 10.1. Popis simbola

|                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| $A_r$                       | relativna atomska masa |
| $c$ [mol/dm <sup>3</sup> ]  | koncentracija          |
| $M$ [g/mol]                 | molarna masa           |
| $n$ [mol]                   | množina tvari          |
| $V$ [m <sup>3</sup> ]       | volumen                |
| $W$ [%]                     | maseni udio            |
| $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ] | gustoća                |

## 10.2. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. EL-TO Zagreb .....   | 3  |
| Slika 2. Pogon za kemijsku pripremu vode.....   | 5  |
| Slika 3. Slika 3. Sustav za upravljanje i nadzor pogona za kemijsku pripremu vode .....           | 8  |
| Slika 4. Spremnici solne kiseline i natrijevog hidroksida.....                                    | 10 |
| Slika 5. Neutralizacijski bazeni .....  | 12 |
| Slika 6. Analiza uzorka.....  | 14 |
| Slika 7. Niskotlačni kotao NTK3 .....   | 18 |
| Slika 8. Napojni spremnici vrelovodnog sustava .....  | 21 |
| Slika 9. Postrojenje za obradu otpadnih voda.....   | 24 |
| Slika 10. Zatvaranje ručnog ventila .....   | 26 |
| Slika 11. Uzimanje uzorka iz cisterne .....   | 28 |
| Slika 12. Prepumpavanje neutralizirane vode .....   | 32 |
| Slika 13. Analiza u digestoru .....   | 36 |
| Slika 14. Znakovi zabrane, obveze i opasnosti.....  | 37 |
| Slika 15. Dozirna stanica niskotlačnih kotlova NTK1 i NTK2.....                                   | 39 |
| Slika 16. Dozirna stanica niskotlačnog kotla NTK3.....  | 41 |
| Slika 17. Dozirna stanica za kondicioniranje napojne vode plinske termoelektrane PTE1 i PTE2..... | 42 |
| Slika 18. Dozirna stanica vrelovodnog sustava .....   | 43 |