# Ugljikovodici kao radne tvari

**Kušter, Dominik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:313535

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

**Završni rad br. 192/PS/2016**

# Ugljikovodici kao radne tvari

**Dominik Kušter, 5623/601**

Varaždin, rujan 2016. godine

Sveučilište
Sjever

**Odjel za proizvodno strojarstvo**

**Završni rad br. 192/PS/2016**

# Ugljikovodici kao radne tvari


**Student**

Dominik Kušter, 5623/601

**Mentor**

Damir Madjerić, dipl.ing.


Varaždin, rujan 2016. godine

**Sveučilište Sjever**
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK: Dominik Kušter | MATIČNI BROJ: 5623/601

DATUM: 22.09.2016. | KOLEGIJ: Tehnika hlađenja

NASLOV RADA: Ugljikovodici kao radne tvari

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Hydrocarbons as refrigerants

MENTOR: Damir Mađerić | ZVANJE: viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. prof.dr.sc. Živko Kondić, izv. prof.
2. Damir Mađerić, dipl.ing., viši predavač
3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač
4.
5.

## Zadatak završnog rada

BROJ: 192/PS/2016

OPIS

Zbog ekoloških kriterija, većina dosad često korištenih radnih tvari, za punjenje rashladnih sustava, postaje neprihvatljiva. Idealna radna tvar, koja bi zadovoljila sve kriterije koji se za radnu tvar postavljaju, još nije pronađena, a i mala je vjerojatnost da će biti pronađena. Zbog toga se provode opsežna istraživanja s ciljem pronalaska radnih tvari koja bi zadovoljila što je više moguće kriterija po pitanju fizikalnih, kemijskih, termodinamičkih, sigurnosnih svojstava a koje bi pored toga, zadovoljile i ekološke kriterije. Ugljikovodici poput propana, izobutana i sl., zbog svojih sigurnosnih svojstava, do unazad dvadesetak godina uopće nisu bili razmatrani kao moguće radne tvari, međutim u novije vrijeme, postaju sve popularniji.

U radu je potrebno:
- Navesti ugljikovodike koji se koriste kao radne tvari te opisati njihova svojstva
- Opisati konstrukcijske mjere koje se provode kod rashladnih sustava punjenih ugljikovodicima
- Navesti sigurnosne mjere koje je potrebno provesti pri radu s ugljikovodicima kao radnim tvarima
- Opisati servisiranje rashladnih sustava punjenih ugljikovodicima
- Navesti zakonsku regulativu koja se treba poštivati pri radu s ugljikovodicima kao radnim tvarima
- Na praktičnom primjeru pokazati i opisati provedbu sigurnosnih mjera pri radu s ugljikovodicima kao radnim tvarima

ZADATAK URUČEN: 23.09.2016. | POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

# Predgovor

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studiranja i navedenu literaturu.

Zahvaljujem svima koji su mi pomogli u izradi završnog rada, mag.ing.mech. Nenadu Horvatu, ing. Alenu Križanić, zaposlenicima tvrtke Oprema uređaji, te mentoru Damiru Madjeriću, dipl.ing. na usmjeravanju prilikom izrade završnog rada.

Zahvaljujem tvrtki Oprema uređaji d.d. Ludbreg.

Dominik Kušter

# Sažetak

U ovom radu koji se sastoji od teoretskog i praktičnog dijela, navedeni su zakoni, odnosno sigurnosne mjere koje je potrebno poštivati da se sigurno rukuje, skladišti, i transportira ugljikovodicima kao radnim tvarima.

Teoretski dio opisuje svojstva ugljikovodika, i konstrukciju uređaja sa takvim radnim tvarima. Opisuju se prostori u kojima, i s kojom količinom radne tvari mogu biti smješteni uređaji punjeni ugljikovodicima, minimalni zahtjevi za detekcijom odnosno ventilacijom takvih prostora.

Eksperimentalni dio obuhvaća proučavanje europskih i hrvatskih zakona. Grafovi iz rada izrađivani su u programu REFPROP, koji proučava termodinamička svojstva radnih tvari.

Praktični dio koncipiran je kao posjet poduzeću Oprema uređaji d.d. u Ludbregu. Oprema uređaji d.d. vrše punjenje propanom u skladu sa svim trenutno važećim zakonima. U radu su opisani prostori za punjenje, kontrolu, servisna linija, i skladišni prostor, odnosno njihova ventilacija, povezana na detektore za propan.



**Ključne riječi:** Ugljikovodici, zapaljivost, maksimalno dopušteno punjenje, ventilacija, detekcija, sigurnost, skladištenje

## Summary

This paper, which contains a theoretical and practical part, will discuss laws and safety measures that should be followed in order to safely handle, store and transport hydrocarbons as refrigerants.

The theoretical part describes the properties of hydrocarbons and the structure of the devices with such refrigerants. It depicts the areas where, and with which amount of the refrigerant, such devices filled with hydrocarbons can be stored, as well as minimal requirements for the detection and ventilation of those areas.

The experimental part includes the study of European and Croatian laws. The graphs have been made in a program called REFPROP, which analyzes thermodynamic properties of refrigerants.

The practical part is imagined as a visit to the firm "Oprema uređaji d.d." in Ludbreg. "Oprema uređaji d.d." does propane charging according to all current laws. The paper describes the charging areas, control, service line and the storage area, that is, their ventilation connected to propane detectors.



**Key words:** hydrocarbons, flammability, max charge, ventilation, gas detection, safety, storage

# Popis korištenih kratica

**ISO** International Organization of Standardization (Međunarodna organizacija za standardizaciju)

**HRN** Hrvatska norma

**EN** Europska norma

**HC** Ugljikovodici

**CFC** Klorofluorugljici - potpuno halogenizirani derivati zasićenih ugljikovodika (R11,R12)

**HCFC** Klorofluorugljikovodici – djelomično halogenizirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže klor i vodik (R22)

**HFC** Flourirani ugljikovodici koji su djelomično halogenizirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i ne sadrže klor (R134a, R152,…)

**ODP** Potencijal razgradnje ozona, (engl. *Ozone Depletion Potential*)

**GWP** Potencijal globalnog zagrijavanja, (engl. *Global Warming Potential*)

**LEL** Donja granica eksplozivnosti, (engl. *Lower Explosion Limit*)

**LUL** Gornja granica eksplozivnosti, (engl. *Upper Explosion Limit*)

**LFL** Donja granica zapaljivosti, (engl. *Lower Flammability Limit*)

**M** Maksimalno punjenje radnom tvari [kg]

**OFN** Dušik bez kisika, (engl. *Oxygen Free Nitrogen*)

**CLP** Klasifikacija, označavanje i pakiranje (engl. *Classification, labelling and packaging*)

**PED** 97/23/EZ, europski zakon o tlačnoj opremi (engl. *Pressure Equipment Directive* )

**MD** 98/37/EZ, (engl. *Machinery Directive*).

# Popis oznaka

| Oznaka | Naziv | Opis |
|---|---|---|
| °C | Celzijev stupanj | mjerna jedinica za temperaturu |
| K | Kelvin | mjerna jedinica za temperaturu |
| bar | Bar | mjerna jedinica za tlak |
| mbar | milibar | mjerna jedinica za tlak |
| Pa | Paskal | mjerna jedinica za tlak |
| g | gram | mjerna jedinica za masu |
| kg | kilogram | mjerna jedinica za masu |
| m | metar | mjerna jedinica za duljinu |
| V | volumen | |

# Sadržaj


1. Uvod ..... 1
2. Najčešće korišteni ugljikovodici ..... 3

2.1. Općenito o ugljikovodicima ..... 4
2.2. Kompatibilnost materijala ..... 4
2.3. Tlakovi ..... 5
2.4. Specifična toplina isparavanja ..... 6
2.5. Zapaljivost ..... 7
2.6. Izmjenjivači topline ..... 8
2.7. Kapilara ..... 10
2.8. Kompresor ..... 10
2.9. Buka ..... 10
2.10. Čistoća ..... 11
2.11. Smjese ..... 12

3. Sigurnosne mjere pri korištenju ugljikovodika kao radnih tvari ..... 13

3.1. Maksimalno dopušteno punjenje ..... 13
3.2. Konstrukcijske mjere ..... 17
*3.2.1. Cjevovodi ..... 17*
*3.2.2. Strojarnica (Machinery Room) ..... 17*
*3.2.3. Sprječavanje vibracija ..... 17*
3.3. Ventilacija ..... 18
3.4. Detekcija plina ..... 19
3.5. Mogući izvori zapaljenja ..... 20
*3.5.1. Vruće površine ..... 21*
*3.5.2. Električni izvori zapaljenja ..... 21*
*3.5.3. Mehanički uzroci ..... 22*

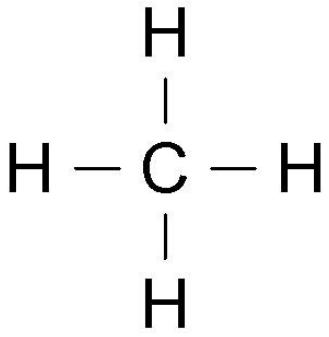
4. Servisiranje ..... 23

4.1. Detekcija radne tvari i moguće lemljenje ..... 23
4.2. Otvaranje sustava i punjenje ..... 24
*4.2.1. Uklanjanje radne tvari ..... 24*
*4.2.3. Sanacija (uklanjanje radne tvari) ..... 25*
*4.2.4. Vakuumiranije ..... 25*
*4.2.5. Ispitivanje propuštanja sustava ..... 25*

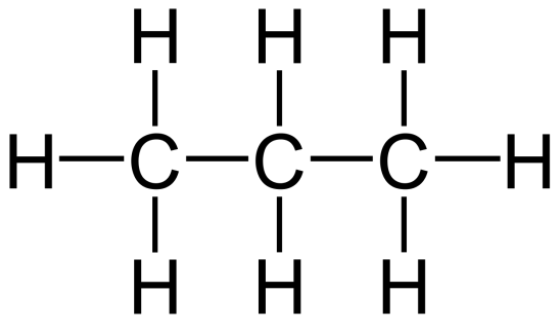
*4.2.6. Popravci sustava* ..... *26*
4.3. Rukovanje bocama ..... 26
4.4. Prijevoz boca ..... 27
*4.4.1. Transport cestom* ..... *27*
*4.4.2. Transport morem* ..... *28*
*4.4.3. Transport zrakoplovom* ..... *28*
4.5. Skladištenje boca ..... 28
4.6. Osnovne preventivne mjere ..... 29
5. Osposobljavanje za rad s ugljikovodicima ..... 31
5.1. Provođenje procjene ..... 32
6. Zakonska regulativa ..... 33
7. Primjer iz prakse ..... 35
7.1. Sigurnost ..... 35
7.2. Kontrola ..... 38
7.3. Skladištenje ..... 40
7.4. Certificiranje ..... 42
8. Zaključak ..... 44
9. Literatura ..... 47

# 1. Uvod

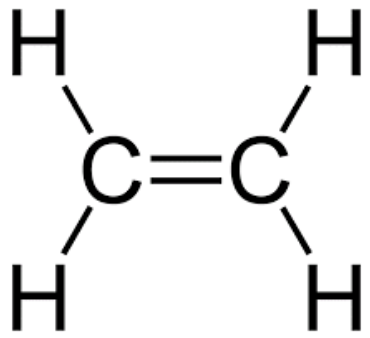
Ugljikovodici su kemijski spojevi koji se sastoje samo od atoma ugljika i vodika. U rashladnoj tehnici koriste se samo aciklički ugljikovodici kod kojih atomi ugljika čine lančaste molekule. Zasićeni ugljikovodici ili alkani su oni kod kojih su atomi ugljika povezani jednostrukom kovalentnom vezom, a tipični predstavnik je metan, dok se kao radna tvar najčešće pojavljuje čisti propan, i rjeđe njegove mješavine. Nezasićeni su oni koji imaju dvostruku (alkeni) ili trostruku (alkini) kovalentnu vezu među atomima ugljika. Tipični predstavnik alkena je eten, dok se za hlađenje koristi propen, koji je poznatiji pod starijim imenom, propilen.



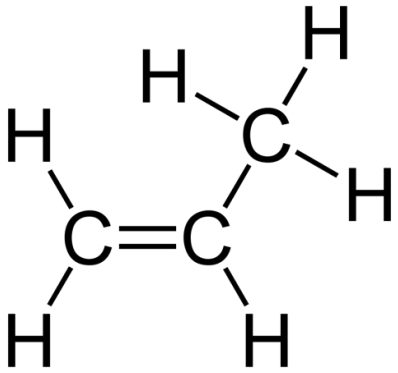
*Slika 1. Strukturna formula metana [2]*



*Slika 2. Strukturna formula propana [2]*



*Slika 3. Strukturna formula etena [2]*



*Slika 4. Strukturna formula propena (propilena) [2]*

# 2. Najčešće korišteni ugljikovodici

Zbog štetnog utjecaja radnih tvari koje se koriste u rashladnoj i klimatizacijskoj tehnici na pojačanu razgradnju ozona u stratosferskim slojevima atmosfere i remećenje toplinske ravnoteže Zemlje, neophodna je zamjena radnih tvari novim, ekološki prihvatljivim radnim tvarima i prijelaz na uređaje i tehnologije koje neće narušavati osnovna ekološka načela.[3]

Prvi rashladni sustav sa ugljikovodikom kao radnom tvari pojavio se sredinom 1990-ih u Švedskoj. Tamo je dokazano da sustav može biti pouzdan i učinkovit, te da u nekim slučajevima može biti čak i učinkovitiji od najboljeg u klasi, tj. amonijaka.

Republika Hrvatska kao potpisnica Montrealskog protokola (1987.) obvezala se Uredbom o tvarima koje oštećuju ozonski omotač, a koja je stupila na snagu početkom 1999. godine, provoditi propise međunarodnog ugovora. Ovom se uredbom ograničavaju proizvodnja, potrošnja, uvoz i izvoz štetnih tvari te se zabranjuje ispuštanje u zrak svih tvari koje oštećuju ozonski omotač prilikom održavanja, popravka te isključivanja iz uporabe.

Razgradnja ozona događa se višestruko, što je prikazano u sljedećoj formuli, a potencijal razgradnje opisan je tabličnim podatkom ODP.

Razgradnja ozona na primjeru freona R12:

$CCl_2F_2 \rightarrow 2Cl + CF_2$

$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$

$ClO + O_3 \rightarrow Cl + 2O_2$

Freoni (derivati ugljikovodika) dijele se na 3 skupine:

CFC - klorofluorugljici (R11, R12, R502)

HCFC – klorofluorugljikovodici (R22, R123, R124)

HFC – flourirani ugljikovodici (R134a, R23, R125)

CFC freoni su izričito štetni za ozonski omotač, te su zbog toga gotovo potpuno izbačeni iz uporabe. Iako još uvijek nisu zakonom zabranjeni te se koriste zbog puno manjeg ODP-a, HCFC freoni se ipak izbjegavaju, a postoje realne naznake da će uskoro i oni biti zabranjeni. HFC uopće ne razgrađuju ozon jer u svom sastavu ne sadrže klor, ali opasni su zbog visokog GWP, tj. efekta globalnog zagrijavanja. Stoga i oni polako nestaju iz upotrebe.

Kao zamjenske radne tvari koriste se amonijak (R717), $CO_2$ (R744) te ugljikovodici (HC), od koji se ističu propan, izobutan, propilen, te neke smjese. Amonijak je izuzetno otrovan, dok ugljični dioksid ima velike tlakove kondenzacije i isparavanja. Ugljikovodici su uglavnom eksplozivni ili sa zrakom čine eksplozivnu ili zapaljivu smjesu te je zbog toga važno poštivati sve sigurnosne uvjete prilikom postavljanja, projektiranja i korištenja takvih uređaja.

## 2.1. Općenito o ugljikovodicima

Propan ili R290, je moguća zamjena za freone ili druge štetne radne tvari koje imaju štetni utjecaj na okoliš. Koriste se u manjim hermetičkim sustavima, kao što su tvornički izrađeni komercijalni hladnjaci i zamrzivači, klima uređaji i toplinske pumpe. 95% hladnjaka proizvedenih u Švedskoj koristi propan ili mješavinu propana i etana.

Izobutan ili R600a je moguća zamjena za freone ili druge radne tvari koje imaju štetni utjecaj na okoliš. Koriste se u manjim kućanskim hladnjacima. Koristio se u hladnjacima 40-ih godina, a u novije vrijeme pojavljuje se u Europi u kućnim hladnjacima i zamrzivačima, posebice u Njemačkoj gdje se izobutan koristi u više od 90% rashladnih uređaja.

Propen, propilen ili R1270 je moguća zamjena za freone ili druge radne tvari koje imaju štetni utjecaj na okoliš. R1270 ima niz primjena. To uključuje komercijalno hlađenje, rashladne komore, preradu hrane, industrijske hlađenje, komercijalne klima uređaje i velike sustave u kojima se prije koristio R22.

Svi imaju ODP 0, jer u svojoj strukturi ne sadrže klor, koji utječe na razgradnju ozona. Također imaju i niski stupanj djelovanja na globalno zagrijavanjem (GWP≈3). Zbog izrazite dostupnosti, i dobrih svojstava, ugljikovodici se sve više koriste kao radne tvari, ali posebnu pažnju treba usmjeriti na njihovu zapaljivost.

## 2.2. Kompatibilnost materijala

R290 kao mazivo koristi ulja gotovo identična kao i uređaji s R134a ili R404a. Propan je kemijski inertan u rashladnom ciklusu, tako da nema specifičnih problema koji bi se tu mogli pojaviti. Topivost u uljima je dobra. Izravna nekompatibilnost još je manji problem jer propan nije opasan za materijale koji se koriste u manjim hermetičkim sustavima.

R600a kao mazivo koristi ulja gotovo identična kao i uređaji s R12 radnom tvari. Izobutan je kemijski neaktivan u rashladnom ciklusu, tako da nema specifičnih problema koji bi se tu mogli pojaviti. Topivost u uljima je dobra. Izravna nekompatibilnost još je manji problem jer izobutan nije opasan za materijale koji se koriste u rashladnim sustavima.

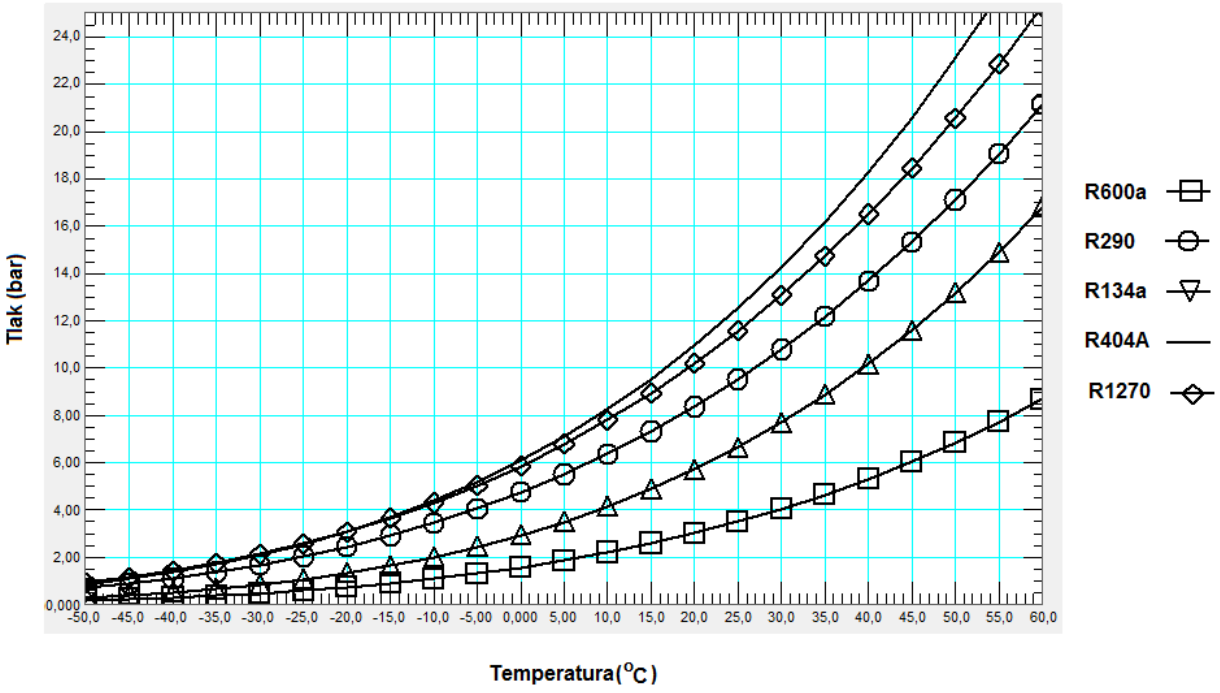
Kod R1270 postoje neki problemi s kompatibilnošću s određenim polimerima, ali propilen ima prirodni miris, te se može lako raspoznati kad on propušta iz sustava.

## 2.3. Tlakovi

Razlika između R290 i R134a nalazi se u visini tlaka, koji je bliži R22 i R404A, npr. na -25°C tlak isparavanja je oko 190% od R134a, 85% od R404A i 350% od R600a ili gotovo isti onom R22, (Dijagram 1.). Isparivači će tako morati biti konstruirani slično kao za R22 ili R404A, razina tlaka i kritična temperatura gotovo kao R22. Međutim, temperatura isparavanja znatno je niža. To daje priliku za rad na višim omjerima tlaka (kompresijski omjer), znači na nižim temperaturama isparavanja ili na višim temperaturama kondenzacije.

Prva velika razlika između R 600A i R 134a ili R 12 nalazi se u razini tlaka, koja je puno niža, npr. na -25°C isparavanje je na otprilike 55% od R 134a. Zbog toga će radni tlakovi biti mnogo niži nego što je to kod radne tvari R 134a. Isparivači kućanskih hladnjaka tako će djelovati u potlaku.

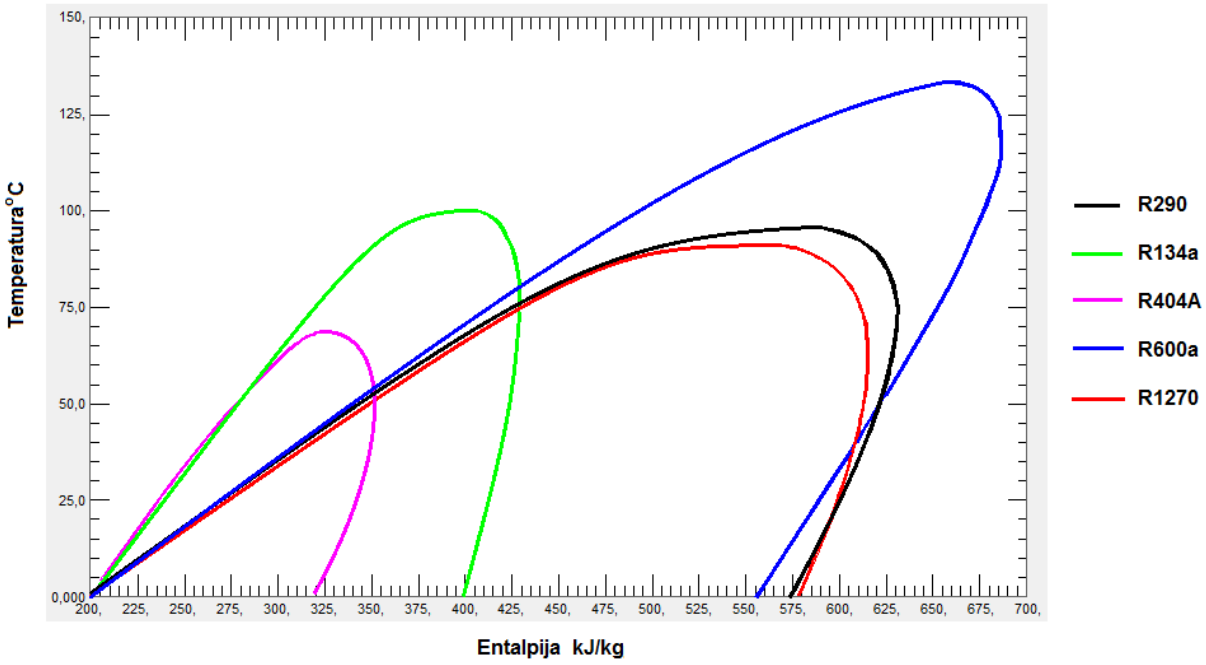
Uređaji sa R1270 rade na nešto višim tlakovima od R22, ali na sličnim kao uređaji sa R404A. Može se koristiti u kompresorima dizajniranim za rad s R22, R404a ili kompresorima posebno dizajniranima za R1270.




*Dijagram 1. Krivulje napetosti za određene radne tvari*

## 2.4. Specifična toplina isparavanja

Za zorno predočavanje kritičnih temperatura, specifičnih toplina isparivanja i izgleda graničnih krivulja odabranih radnih tvari za analizu, napravljen je dijagram 2. na kojem se navedene karakteristike radnih tvari mogu usporediti. Za referentno stanje uzeto je da kod temperature 0 °C specifična entalpija bude h=200 kJ/kg a specifična entropija s=1.0000 kJ/kgK. Podaci potrebni za izradu dijagrama su dobiveni korištenjem software-a REFPROP. U ovom dijagramu specifična toplina isparavanja vidi se kao dužina koju krivulja zatvara sa osi apscisom, a podaci su prikazani i u Tablici 1., ali u ovom slučaju za temperaturu isparavanja od -20ºC. Za radne je tvari bolje da imaju što veću specifičnu toplinu isparavanja. Iz dijagrama 1. vidljivo je da ugljikovodici u prosjeku imaju duplo veću specifičnu toplinu isparavanja nego R134a ili R404a, za koje se, s obzirom na konkurenciju, smatra da su među boljim radnim tvarima.




*Dijagram 2. T-h dijagram za radne tvari*

*Tablica 1. Specifična toplina isparavanja u kJ/kg za -20°C*

| Temperatura [°C] | -20 |
|---|---|
| R134a | 212,92 |
| R600a | 373,35 |
| R290 | 400,84 |
| R1270 | 406,08 |
| R404a | 181,67 |
| R717 | 1329,1 |

## 2.5. Zapaljivost

Glavni nedostatak u vezi s uporabom ugljikovodika je rizik zapaljenja. To dovodi do potrebe za vrlo pažljivim rukovanjem i sigurnosnim mjerama. U tablici 2. prikazani su koncentracijski razmjeri granice zapaljivosti i minimalna temperatura samozapaljenja.

Zbog zapaljivosti ugljikovodika u širokom koncentracijskom rasponu potrebne su mjere preventive na samom aparatu i u proizvodnom procesu. Da bi došlo do nesreće morala bi biti zadovoljena dva faktora. Jedan je da se stvori zapaljiva smjesa plina i zraka, a drugi je da izvor paljenja bude određene razine energije ili temperature. Potrebno je koristiti specifični kompresor i elektromotor, kod kojeg je zagarantirano da ne iskri, ili da prostor gdje je moguće iskrenje je

maksimalno zabrtvljen, jer se ne može garantirati da je razina ugljikovodika ispod najniže dopuštene. Takvi kompresori i elektromotori na sebi imaju oznaku „EX“. Uređaji sa zapaljivim radnim tvarima na sebi sadrže žutu oznaku upozorenja za zapaljive plinove, kao što je prikazano na slici 5.

*Tablica 2. Donja i gornja granica zapaljivost, i minimalna temperatura zapaljenja smjese [5]*

| | R600a | | R290 | |
|---|---|---|---|---|
| Donja granica zapaljivost | 1.8% | cca. 43g/m$^3$ | 2.1% | cca. 38g/m$^3$ |
| Gornja granica zapaljivosti | 8.5% | cca. 203g/m$^3$ | 9.5% | cca. 177g/m$^3$ |
| Minimalna temperatura samozapaljenja | 460ºC | | 470ºC | |




*Slika 5. Žute oznake upozorenja za propan[4] i izobutan[5]*

## 2.6. Izmjenjivači topline

Isparivači i kondenzatori su približno istih dimenzija kao i kod drugih najčešće korištenih radnih tvari. Moguće je da bi neke prilagodbe bile potrebne kod unutarnje konstrukcije isparivača, jer se razlikuje volumni protok. Prilikom korištenja R22 ili R134a, radna tvar je teža

od maziva koje se koristi, dok je kod R290 lakša. To može dovesti do nakupljanja ulja, što je posebno opasno kod pokretanja sustava.

Za istu učinkovitost rashladnog sustava sa R600A, veličina kondenzatora i isparivača, odnosno njihova efektivna površina je slična kao kod radnih tvari R12 ili R134a, ali je zato punjenje manje za oko 65% jer su otprilike u tom odnosu gustoće kapljevitog izobutana i freona R12. Unutarnja konstrukcija isparivača eventualno treba neke modifikacije jer se volumni protok povećava za 50-100%. Prilikom korištenja R12 ili R134a, radna tvar je teža od maziva koje se koristi, dok je kod R600a lakša. To može dovesti do nakupljanja ulja, što je posebno opasno kod pokretanja sustava.




*Slika 6. Izobutan [11]*

## 2.7. Kapilara

Za R600a, iskustvo pokazuje da je brzina kapilarnog toka gotovo slična kao kod R12, dok je kod R290 gotovo slična kao kod R404a. Usisna grana izmjenjivača topline mora biti dobro izolirana za sprječavanje kondenzacije u usisnoj cijevi. U većini slučajeva produljenje usisnog voda i kapilare daje poboljšanje učinkovitosti. Sama kapilara mora izmjenjivati toplinu s usisnim vodom na što većoj dužini.

## 2.8. Kompresor

Kako bi bio osiguran zadovoljavajući vijek trajanja kompresora i zaštita kompresora od preopterećenja, moraju biti ispunjeni neki kriteriji za konstrukciju rashladnih uređaja koji kao radnu tvar koriste R290. I temperatura kondenzacije i temperatura isparavanja trebaju biti što niže. To se može postići pomoću dobro dimenzionirane površine kondenzatora i osiguravajući dobru ventilaciju oko kompresora u svim uvjetima rada. Kod najvećeg opterećenja temperatura kondenzacije ne smije prelaziti 65°C, a temperatura pregrijanja ne smije prijeći 135°C. U stabilnim uvjetima rada temperatura kondenzacije ne smije prelaziti 55°C, a temperatura pregrijanja ne smije prijeći 125°C. Ta ograničenja osiguravaju zaštitu ventila, brtve, ulja i motora. Kompresori su opremljeni jednofaznim izmjeničnim motorom.

## 2.9. Buka

Kompresori s radnom tvari R600a su puno tiši, no neki drugi problemi buke pojavljuju se u aparatima. Povećani volumni protok uzrokuje buku u isparivaču, pogotovo na mjestu ubrizgavanja. To može biti problem čak i kad ta buka nije povećana jer je buka kompresora smanjena, pa se ona zbog protoka čini glasnija. To mogu biti neočekivani zvukovi, poput zviždanja, uz koje se pojavljuju i dodatne vibracije. Povećanjem usisnog voda može se smanjiti buka jer se izjednačava protok.

## 2.10. Čistoća

Specifikacija za ugljikovodike kao radne tvari kao što su R600a i R290 nije pronađena u međunarodnim standardima. Postoje neki podaci u njemačkom standardu DIN 8960 od 1998, što je proširena verzija ISO 916. Za sada nema kvalitetne radne tvari na tržištu. Specifikacije mogućih osobina moraju se provjeriti s dobavljačem u detalje. Ukapljeni plin LPG koji se koristi kao gorivo ili plin tehničkog stupnja čistoće 95% nije dovoljan za hermetičko hlađenje. Voda, sumpor i reaktivni spojevi moraju biti na nižoj razini nego što je zajamčeno na tim proizvodima. Tehnički razred 99.5%, koji se još naziva i 2.5, je u širokoj upotrebi.

## 2.11. Smjese

Od smjesa se ističu CARE 30 što je smjesa izobutana i propana, i CARE 50, smjesa propena i etana. CARE 30 se koristi kod srednjih i visokih temperatura, kod kućnih i komercijalnih hladnjaka, a zamjena je za R12 i R134a. CARE 50 ima puno veći raspon temperatura, a koristi se kod industrijskog hlađenja, toplinskih pumpi i klimatizacije.

*Tablica 3. Svi ugljikovodici, primjena, oznake [9]*

| Radna tvar | Primjena | Zamjena za |
|---|---|---|
| Izobutan (R600a) | Visoka/ srednja temperatura; kućanski uređaji | R12, R134a |
| CARE 30 (Mješavina izobutana i propana (R600a/ R290)) | Visoka/ srednja temperatura; komercijalni, kućanski uređaji | R12, R134a |
| Propan (R290) | Visoka/ srednja/ niska temperatura; komercijalni, industrijski uređaji: zamrzivači, klima uređaji, toplinske pumpe | R22, R404A, R407C, R507A |
| Propilen (R1270) | Visoka/ srednja/ niska temperatura; komercijalni, industrijski uređaji: industrijske i prerađivačke hladnjače, klima uređaji, toplinske pumpe | R22, R404A, R407C, R507A |
| CARE 50 /Mješavina propana i etana (R290/ R170) | Visoka/ srednja/ niska temperatura; komercijalni, industrijski uređaji: industrijske i prerađivačke hladnjače, klima uređaji, toplinske pumpe | R22, R404A, R407C, R507A |
| Etan (R170) | Kaskadni sustavi niske temperature | R13, R23, R503 |

# 3. Sigurnosne mjere pri korištenju ugljikovodika kao radnih tvari

## 3.1. Maksimalno dopušteno punjenje

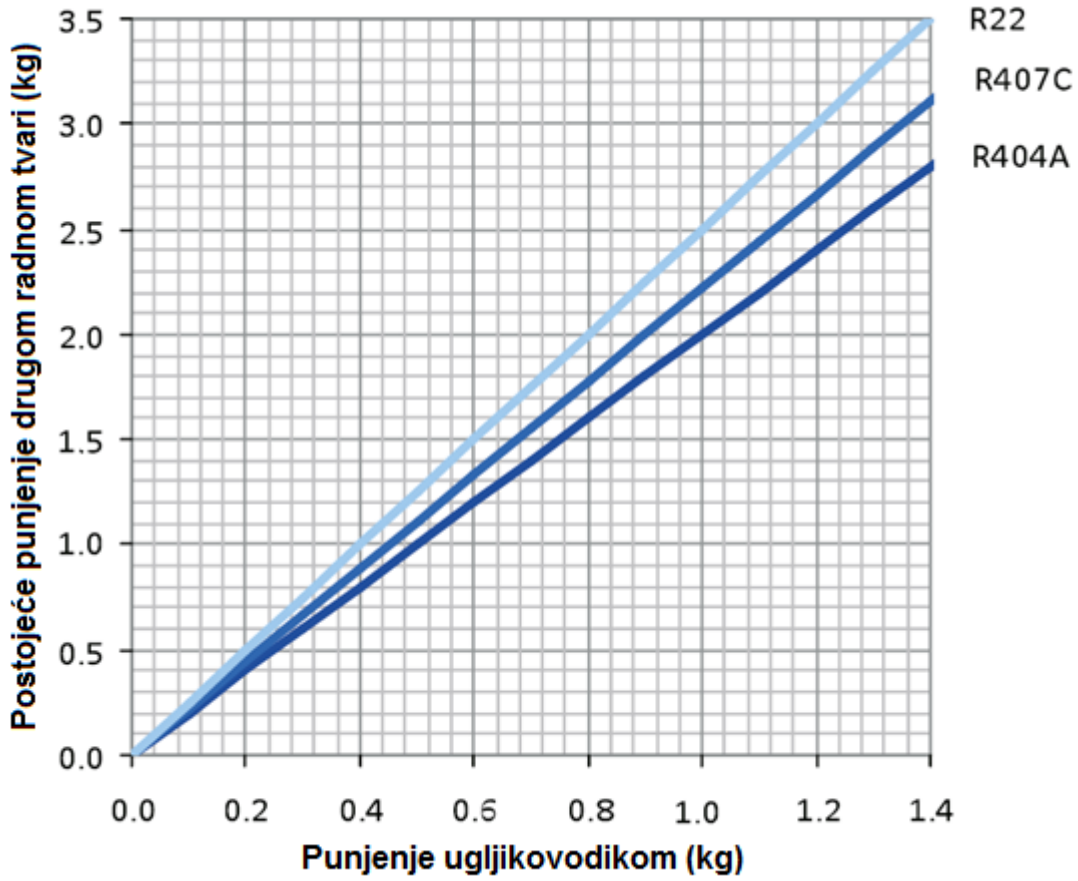
Maksimalno dopušteno punjenje zapaljivom radnom tvari u sustavu predstavlja maksimalni iznos koji bi mogao ispuštati u okupiranom prostoru zbog propuštanja, te se određuje pomoću praktične granice (u kg/$m^3$) pomnožene s neto volumenom prostorije (u $m^3$). Praktična granica je 1/5 ili 20% od LEL za zapaljive radne tvari, uz pretpostavku ravnomjerne disperzije. Dakle, gdje prostorija nije dobro prozračena ili kada bi moglo doći do nakupljanja radnih tvari težih od zraka (što ugljikovodici jesu), zapaljive radne tvari ne smiju se koristiti. Proračun maksimalnog punjenja treba koristiti neto obujam najmanje sobe ili prostora u kojem se rashladni uređaj koristi. Na primjer, hermetički sustavi se vrlo često nalaze u malim, slabo prozračenim prostorijama. Za prostorije kojima velik dio volumena zauzimaju skladištene stvari i slično, granica punjenja treba se temeljiti na neto volumenu; odnosno volumen bi se smanjio za volumen tih stvari.

Manji komercijalni uređaji mogu imati punjenje zapaljivom tvari do 150 g u svakom posebnom rashladnom ciklusu, bez obzira na veličinu prostorije. To je dopušteno i ako ima više uređaja u istoj prostoriji. Osnovna sigurnosna pretpostavka je da se kod pojave curenja zapaljivih tvari, vjerojatnost paljenja iz vanjskog izvora u blizini curenja smanji na minimum. Još je uvijek važno voditi računa o tome kamo smjestiti sustave ili uređaje koji imaju poznate izvore zapaljenja.

Za sustave sa zapaljivih radnim tvarima u punjenju iznad 150g primjenjuju se drugi uvjeti: zahtjev da nema izvora paljenja unutar ili u neposrednoj blizini sustava i/ili minimalni zahtjevi za ventilaciju. Zapaljive radne tvari u općoj uporabi su teže od zraka i mogu se zadržavati na razini poda. To znači da čak i uz pridržavanje ograničenja 20% LEL, zapaljive zone još uvijek mogu postojati u slabo prozračenim prostorijama. To je od posebnog interesa za postrojenja u kojima borave ljudi koji spavaju, kao što je u spavaćim sobama i staračkim domovima. Iz tog razloga, dodatni uvjeti na granicama dopuštenih punjenja primjenjuju se za klima uređaja i izmjenjivače topline koje se primjenjuju za "human comfort".

Na primjer, ako imamo prostoriju s rashladnim uređajem s ukupnim volumenom od 50$m^3$ koja može biti opskrbljena do 60% volumena prostorije; maksimalno dopušteno punjenje radnom tvari R290 se izračunava: 20 $m^3$ x 0,008 = 0.16kg. Ako sustav ne može biti instaliran ili u skladu s ovim granicama, tada će se koristiti sustavi s nezapaljivim tvarima.

Za procjenu potrebnog punjenja ugljikovodikom na temelju prijašnjeg punjenja može se koristiti sljedeći grafikon, te tako procijeniti ekvivalentnu masu HC radne tvari.




*Dijagram 3. Procjena punjenja HC kao zamjena postojeće radne tvari [10]*

Punjenje ugljikovodicima umjesto CFC ili HCFC će biti za oko 40% do 50% mase CFC ili HCFC. Npr., umjesto 2.5 kg freona R22 koristi se 1 kg ugljikovodika. Ni pod kojim uvjetima sustav se ne smije prepuniti.

Prije uklanjanja postojeće radne tvari, mora se provesti provjera nepropusnosti. Provjerava se propuštanje na visokoj tlačnoj strani sustava (dok je sustav pokrenut) i na niskoj tlačnoj strani (kad je sustav isključen). Koriste se elektronski detektor plina i sapunica, gdje je to prikladno. Utvrdi li se da je bilo curenja, sustav se mora popraviti prije zamjene radne tvari.

*Tablica 4. Maksimalno dozvoljeno punjenje s obzirom na kategorije [9]*

| Kategorija | Primjeri | Zahtjevi |
|---|---|---|
| A<br>(kućni/ javni) | Bolnice, zatvori, kazališta, škole, supermarketi, hoteli, prebivališta | – <1.5 kg po zapečaćenom sustavu<br>– 5 kg u specijalnim strojarnicama ili otvorenim prostorima |
| B<br>(komercijalni, privatni) | Uredi, mali dućani, restorani, proizvodni prostori, radni prostori | – 5 kg po zapečaćenom sustavu<br>– 10 kg u specijalnim strojarnicama ili otvorenim prostorima |
| C<br>(industrijski, ograničeni) | Nejavni prostori supermarketa, klaonice | – <10 kg u prostorima u kojima borave ljudi<br>– <25 kg ukoliko je prisutan visok pritisak u specijalnim strojarnicama ili otvorenim prostorima<br>– Nema ograničenja ukoliko su sve radne tvari skladištene u specijaliziranim strojarnicama ili otvorenom prostoru |

Kategorija A obuhvaća prostore u kojima je prisutan neograničen broj ljudi koji nisu upoznati s osnovnim sigurnosnim mjerama opreza.

Kategorija B obuhvaća prostore u kojima je prisutan ograničen broj ljudi od kojih su neki obavezno upoznati s osnovnim sigurnosnim mjerama opreza.

Kategorija C obuhvaća prostore kojima pristup ima samo ovlašteno osoblje koje je upoznato s osnovnim i specijalnim sigurnosnim mjerama opreza.

*Tablica 5. Detaljnije kategorije punjenja s obzirom na prisustvo ljudi [9]*

| Kategorija punjenja | <0.15 kg | 0.15-1 kg | 1-1.5 kg | 1.5-2.5 kg | 2.5-5kg | 5-10 kg | 10-25 kg | >25 kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | n/a | n/a |
| B | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | n/a | n/a |
| C | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |

Maksimalno dopušteno punjenje radnom tvari za određene vrste montaže:

Izravni sustavi u prostoru gdje se kreću ljudi ograničeni su na A1-A3, B1-B4 i C1-C6. Neizravni sustavi u prostoru gdje se kreću ljudi će biti ograničena na A1-A5, B1-B6 i C1-C6. Sustavi sa svim radnim tvarima koji sadrže dijelove u strojarnici ili na otvorenom zraku moraju biti ograničeni na A1-A5, B1-B6 i C1-C8. Sustavi A4, A5, B6, C6 koriste se samo kod indirektnog hlađenja. Veliki sustavi A5, B6, C8 moraju biti smješteni na otvorenom prostoru ili unutar posebne strojne prostorije. Sustavi A2-A5, B2-B6, C2-C8 ne smiju biti instalirani u hodnicima i predvorjima.

Ako je sustav instaliran na krovu zgrade, moraju se poduzeti mjere opreza kako bi se osiguralo da u slučaju curenja radna tvar ne može ući u zgradu.

Ako je punjenje veće od 0,15 kg, treba se pobrinuti da nagli gubitak radne tvari ne podigne koncentraciju iznad praktične granice (0,008 kg/$m^3$). Količina punjenja ovisi o volumenu prostorije. To se može izračunati iz sljedeće jednadžbe:

$$M = 0{,}2 \cdot (LFL) \cdot V \qquad (1)$$

M = maksimalno punjenje radnom tvari (kg)

V = volumen prostorije ($m^3$)

LFL = donja granica zapaljivosti radne tvari (kg / m3) iz tablice

Slično tome, minimalni volumen za određeno punjenje izračunava se po formuli:

$$V_{\text{prostorije}} = \frac{M}{0{,}2 \cdot (LFL)} \qquad (2)$$

U praktičnom smislu, za 100$m^3$ volumena sobe, najveće dopušteno punjenje bit će 800g za R290. Za sustave ispod zemlje, ograničenje je 1.0 kg čak i u većim prostorijama.

Ovi proračuni se odnose na svaki sustav posebno, a takvih sustava može biti više u jedno prostoriji. Ako propuste u isto vrijeme može doći do katastrofalnih posljedica.

## 3.2. Konstrukcijske mjere

### 3.2.1. Cjevovodi

Sustavi A4, A5, B4-B6, C4-C8 ne smiju imati cjevovod koji prolazi kroz prostorije koje sadrže strojeve koji nisu dio tog rashladnog uređaja. Gdje je to nepraktično, ovaj se zahtjev može prevladati pomoću omotača oko cjevovoda. Moguće rješenje je i ventilacija kritičnih prostorija.

Kanali cjevovoda ne smiju sadržavati nikakve druge elemente, npr. električne žice ili kablove, osim ako su ti elementi predviđeni za takvu upotrebu. Ako cijev iz bilo kojeg kanala propusti, radni medij mora otići u atmosferu. Cijevi prolaze kroz vatrootporne zidove i stropove koji moraju biti zatvoreni kako ne bi dopustiti širenje vatre na susjedne prostorije. Put cjevovoda između isparivača i kondenzatora ili kompresora i kondenzatora treba biti što izravniji i što kraće udaljenosti.

### 3.2.2. Strojarnica (Machinery Room)

Strojarnica za sustave koji koriste zapaljive radne tvari moraju biti projektirane na način da bi se spriječilo zapaljenje eksplozivne smjese zraka i radne tvari. Ovdje bi trebalo biti istaknuto upozorenje o zabrani pušenja i otvorenog plamena. Aparati za gašenje požara trebaju se koristiti u skladu s lokalnim zakonima zaštite od požara. Strojarnice ne smiju biti izgrađene od zapaljivih materijala. Ako je moguće, koncentracija radne tvari trebala bi biti na donjoj granici. Iako strojarnice ne moraju služiti isključivo za rashladnu opremu, kotlovi i drugi uređaji koji sadrže otvoreni plamen zabranjeni su. Strojarnice treba ozračiti prema vanjskom prostoru pomoću prirodne ili prisilne ventilacije.

### 3.2.3. Sprječavanje vibracija

Ako je oprema čvrsto montirana, tada su vibracije na usisnoj i tlačnoj strani zanemarive. Ako je kompresor montiran na gumene nosače, preporučljivo je montirati neki oblik eliminatora vibracija na usisni i tlačni vod.

## 3.3. Ventilacija

U slučaju curenja moguće je nakupljanje radne tvari na nižim razinama, što bi rezultiralo zapaljivom koncentracijom bez obzira na volumen prostorije. Kako bi se to spriječilo, montira se ventilator povezan s rashladnim sustavom koji mora pružiti minimalan protok zraka, koji je izračunat u sljedećoj jednadžbi. To se odnosi samo na opremu koja sadrži punjenje iznad 150g radne tvari. Ventilator bi trebao raditi samo tijekom rada kompresora, jer je vjerojatnost curenja kad kompresor ne radi zanemariva.

$$V_{\text{zraka}} = C \cdot \frac{M}{(LFL)} \qquad (3)$$

$V$ = minimalni protok zraka iz ventilatora ($m^3/h$)

Konstanta, C, ovisi o podrijetlu zračnog toka:

C = 17, kad je ventilator na klima uređaju,

ili, C = 20 kada je ventilator kondenzatora na rashladnom sustavu.

Gdje instalacija u blizini sadrži moguće izvore zapaljenja, minimalna stopa ventilacije definirana je jednadžbom:

$$V_{\text{min}} = \frac{M}{t_r \cdot (SF)(LFL)} \qquad (4)$$

$V_{min}$ = minimalni volumni protok ventilatora ($m^3/h$)

M = punjenje sustava (kg)

$t_r$ = minimalno vrijeme otpuštanja radne tvari nakon istjecanja (obično 0,17 sati)

SF = faktor sigurnosti (0.5)

LFL = donja granica zapaljivosti radne tvari ($kg/m^3$) iz tablice

Ventilatori za mehaničke ventilacije trebaju koristiti motore u „EX“ izvedbi, a lopatica ventilatora i poklopac trebaju biti osmišljeni tako da se izbjegne iskrenje kao rezultat kontakta dva metala. Strojarnice mogu koristiti prirodnu ventilaciju pod uvjetom da je dizajnirana na odgovarajući način.

## 3.4. Detekcija plina

Kriteriji za djelovanje detektora plina su:

• 19,5% kisika (za ljudsko disanje)

• 5% od LEL; (za WHS Regulative)

Preporučuje se da se fiksni sustav za otkrivanje plina instalira na bilo koji sustav s maksimalnim punjenjem 5kg ili više, i plan evakuacije povezan s detekcijom. Za sustave s maksimalnim punjenjem manjim od 5kg potrebno je odrediti je li ili nije potreban fiksni sustav detekcije plina. Kod sustava A4, A5, B4-B6, C4-C8, uređaj za detekciju mora biti instaliran ako se koncentracija u strojarnici može uzdići iznad praktične granice. Kada se otkrije propuštanje radne tvari, uređaj će pokrenuti alarm u strojarnicama i ostalim kritičnim prostorijama. Alarm mora imati zvučni signal, bljeskanje ili oboje. Detektor treba koristiti za izoliranje mogućih izvora zapaljenja, pokretanje mehaničke ventilacije i upozoravanje osoba da je došlo do kvara.




*Slika 7. Detektor ugljikovodika [12]*

## 3.5. Mogući izvori zapaljenja

*Tablica 6. Zapaljivost [9]*

| RADNA TVAR | OZNAKA | DONJA GRANICA ZAPALJIVOSTI | | TEMPERATURA SAMOZAPALJENJA (ºC) |
|---|---|---|---|---|
| | | VOLUMNI UDIO (%) | MASENI UDIO ($kg/m^3$) | |
| ETAN | R170 | 3.0 | 0.037 | 515 |
| PROPAN | R290 | 2.1 | 0.038 | 470 |
| IZO-BUTAN | R600a | 1.8 | 0.043 | 460 |
| PROPILEN | R1270 | 2.5 | 0.043 | 455 |
| CARE 30 | - | 2.0 | 0.041 | 460 |
| CARE 50 | - | 2.2 | 0.038 | 460 |

Prilikom rada s ugljikovodicima kao radnim tvarima, potrebno je razumjeti sam pojam zapaljivosti. Da bi došlo do zapaljenja mora postojati prisutnost triju elemenata: goriva, kisika i izvora zapaljivosti. Prilikom upotrebe ugljikovodika, sam ugljikovodik predstavlja gorivo, dok izvori zapaljenja mogu biti:

- vruća površina
- iskra iz električnog izvora
- otvoreni plamen
- statički elektricitet
- munja
- mehanički uzroci

Napomena: Zapaljivi materijali ne smiju se skladištiti u blizini ili oko sustava koji sadrži zapaljive radne tvari.

Odnosno, temeljem Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima, u zonama opasnosti zabranjeno je:

1. držanje i uporaba alata, uređaja i opreme koji pri uporabi mogu iskriti
2. pušenje i korištenje otvorene vatre u bilo kojem obliku
3. držanje oksidirajućih, reaktivnih ili samozapaljivih tvari
4. odlaganje zapaljivih i drugih tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu
5. pristup vozilima koja pri radu svog pogonskog uređaja mogu iskriti
6. uporaba električnih uređaja koji nemaju protueksplozijsku zaštitu
7. nošenje odjeće i obuće koja se može napuniti statičkim elektricitetom i uporaba uređaja i opreme koji nisu propisno zaštićeni od statičkog elektriciteta.

### 3.5.1. Vruće površine

Svi dijelovi opreme trebaju se provjeriti kako bi se osiguralo da temperatura bilo koje površine kojoj mogu biti izloženi ugljikovodici ne može prijeći temperaturu samozapaljenja zapaljivih tvari, umanjeno za 100K. Ova temperatura izjednačava na oko 350°C za većinu ugljikovodika. Grijači su najčešće vruće površine unutar rashladnih i klima uređaja. Osim ako je maksimalna temperatura površine navedena od strane proizvođača, temperaturu treba provjeriti ispitivanjem kao što je navedeno u ISO 5149 i / ili odnosi AS / NZS 60335 dio 2.

Napomena: Neke radne tvari i maziva raspadaju se kada se zagriju te ispuštaju otrovne spojeve. To znači da se može razviti toksična opasnost (čak i ako se zapaljenje ne dogodi) kod, npr., servisiranja. Termička razgradnja najčešće se javlja pri temperaturama blizu temperature samozapaljenja.

### 3.5.2. Električni izvori zapaljenja

Rashladni i klima uređaji pomoću zapaljive radne tvari moraju biti konstruirani i izrađeni tako da radna tvar ne propušta na mjesto gdje se nalaze električne komponente, koje mogu biti izvor zapaljenja. Tipične električne komponente, koje čine dio rashladnog sustava i mogu biti izvor zapaljenja su:

- on/off, prekidači ili sklopke
- start releji
- prekidači - za tlak, odmrzavanje, protok
- motori
- termostati
- pumpe za kondenzat
- grijači za odleđivanje

Električna oprema, električne utičnice i slično također treba uzeti u obzir, osobito opremu montiranu ispod rashladnog sustava ili blizu razine poda.

Mogućnosti za rješavanje izvora zapaljenja unutar potencijalno zapaljive zone uključuju sljedeće:

1. Pomicanje izvora zapaljenja izvan opasnog područja (potencijalno zapaljive zone)

2. Zamijene izvora zapaljenja s odgovarajućim uređajem koji je propisan za rad sa zapaljivim tvarima

3. Povećanje protoka zraka i/ili održavanje stalnog protoka zraka da se smanji mogućnost zapaljenja

### 3.5.3. Mehanički uzroci

Mehanička oprema može uvesti i druge izvore paljenja (npr. iskra) koje bi trebalo uzeti u obzir u konstrukciji sustava. Primjeri uključuju:

- statički elektricitet
- tarne iskre od raznih metala ili rotirajućih dijelova

# 4. Servisiranje

Redovito servisiranje i održavanje neophodno je za siguran i pouzdan rad s ugljikovodicima. Općenito je priznato da je rizik od požara ili eksplozija veći kada sustav radi na visokom režimu rada, u odnosu na rad u normalnom režimu. To je tako zbog činjenice da je mogućnost propuštanja i prisutnosti potencijalnih izvora paljenja veća kod servisiranja. Rizik od zapaljenja je definiran kao 100 do 1000 puta veća u takvim okolnostima, nego kad oprema ne podliježe ljudskom dodiru. Osobe koje rade na takvim sustavima moraju biti kompetentni i licencirani stručnjaci.

Ukoliko se popravak uređaja ne može sigurno izvršiti na licu mjesta, uređaj se transportira na sigurnije mjesto te se tamo popravlja. Također, svi uređaji koji se koriste kod popravka moraju biti ispitani ili odobreni od strane stručnjaka. Kod servisiranja su potrebne minimalne mjere sigurnosti, a to su: neka vrsta zaštite od požara, aparati s prahom ili $CO_2$, minimalna ventilacija, uklanjanje svih mogućih izvora zapaljenja. Kod nekih opasnijih servisa, potrebno je i da ljudi napuste prostor (osim servisera). Ako postoji potreba za lemljenjem ili zavarivanjem, prije rada područje oko opreme treba ispitati zbog moguće zapaljivosti.

Prilikom rada svi elektronički uređaji moraju biti isključeni iz struje.

## 4.1. Detekcija radne tvari i moguće lemljenje

Ni pod kojim uvjetima potencijalni izvori zapaljenja ne smiju se koristiti u detekciji ispuštene radne tvari. Detektori koji se koriste za HFC radne tvari, ne smiju se koristiti za rad s HC radnim tvarima, ukoliko to nije jasno označeno ili odobreno od ovlaštene osobe.

Sljedeće metode detekcije istjecanja mogu se koristiti na sustavima koji sadrže ugljikovodike:

• elektronički detektori propuštanja mogu se koristiti za otkrivanje ugljikovodika, ali osjetljivost mora biti adekvatna. (Opremu za otkrivanje prisutnosti treba kalibrirati u području bez radne tvari.) Provjerite da detektor nije potencijalni izvor zapaljenja i da je pogodan za rad s ugljikovodicima.

• tekućine za otkrivanje propuštanja pogodne su za uporabu kod rashladnih uređaja s ugljikovodikom, ali korištenje deterdženata koji sadrže klor treba izbjegavati jer klor može reagirati s rashladnom i prouzročiti koroziju bakra cjevovoda.

• dodaci nafte poput onih koji se koriste u fluorescentnim sustavima za otkrivanje propuštanja mogu se koristiti s ugljikovodicima.

Ako se pronađe ispuštanje radne tvari koje zahtijeva lemljenje, sva radna tvar će se izvući iz sustava, ili izolirati (pomoću ventila) u dijelu sustava udaljenog od mjesta ispuštanja. Dušik (bez kisika) (OFN-Oxygen Free Nitrogen) bi trebao biti pušten kroz sustav i prije i za vrijeme procesa lemljenja.

## 4.2. Otvaranje sustava i punjenje

### 4.2.1. Uklanjanje radne tvari

Kod otvaranja sustava s radnom tvari radi popravaka, npr. lemljenja, ili za bilo koju drugu svrhu, koriste se standardni postupci. Međutim, ne smijemo zanemariti zapaljivost. Moramo obaviti sljedeće postupke:

• ukloniti radnu tvar (nikako u okoliš jer može biti štetna, već u za to posebno predviđene boce, koje se kasnije moraju propisno označiti)

• očistiti sustav s inertnim plinom (OFN)

• ukloniti inertni plin (OFN)

• ponovno očistiti inertnim plinom

• otvoriti krug rezanjem ili lemljenjem.

Radna tvar može se puniti u sustav tak kad je on dobro očišćen sa OFN. Nikako nije dobro upotrebljavati komprimirani zrak ili kisik za ovaj zadatak. Ovaj postupak se ponavlja sve dok nije potpuno izbačena radna tvar iz sustava. Kada se koristi konačno čišćenje sa OFN, sustav se ozračuje do atmosferskog tlaka što omogućava normalan rad. Ovaj postupak je veoma bitan kod operacije lemljenja.

Provjerite da izlaz iz vakuum pumpe nije blizu izvora zapaljenja i da je taj dio ventiliran.

### 4.2.2. Punjenje

Punjenje rashladnih sustava s ugljikovodicima slično je onima koji koriste ostale radne tvari. Kao i kod svih radnih tvari, ugljikovodici se pune u tekućoj fazi.

Zahtjevi kojih se treba pridržavati:

• Paziti da ne dođe do kontaminacije radne tvari prilikom korištenja opreme za punjenje. Crijeva moraju biti što kraća kako bi se smanjila količina radne tvari u njima.

• Preporučuje se da se boce drže uspravno i radna tvar puni u tekućoj fazi.

• Provjeriti je li rashladni sustav uzemljen prije punjenja sustava s rashladnom tvari.

• Označiti sustav kad je punjenje završeno. Na oznaci mora biti naznačeno da je radna tvar ugljikovodik i da je zapaljiva. Postaviti oznaku na istaknutom položaju na opremi.

• Treba biti vrlo oprezan da se ne prepuni rashladni sustav (imati na umu da je veličina punjenja ugljikovodicima otprilike 40% do 50% CFC, HCFC i HFC punjenja u kg).

Sustav se mora testirati na propuštanje po završetku punjenja, ali prije puštanja u rad. Test curenja treba uvijek biti proveden prije napuštanja radnog mjesta.

Ne prepuniti boce. (Ne više od 80% volumena tekućine). Ne prelaziti maksimalni radni tlak u boci, pa makar i privremeno. Kad su boce ispravno popunjene, a proces završen, pobrinuti se da su boce i oprema odmah uklonjeni iz prostora i svi ventili na opremi zatvoreni. Zamijenjena radna tvar ne smije biti korištena za drugi rashladni sustav, osim ako je očišćena i provjerena.

### 4.2.3. Sanacija (uklanjanje radne tvari)

Prilikom uklanjanja radne tvari iz sustava, bilo za servisiranje ili zbog očuvanja okoliša, provjerite imate li ispravan broj boca za držanje ukupnog punjenja sustava. Sve boce koje se koriste moraju biti za rad s ugljikovodicima. Ventili moraju biti u dobrom stanju. Prazne boce moraju biti uklonjene, a ako je moguće ohlađene prije sanacije. Uklonjena radna tvar mora se vratiti dobavljaču u ispravnoj boci. Nemojte miješati ugljikovodike s drugim radnim tvarima, posebno ne u bocama.

Ako kompresor ili ulje kompresora treba ukloniti, potrebno je osigurati da radna tvar ne ostaje unutar maziva. Proces uklanjanja mora se provesti prije vraćanja kompresora dobavljačima.

### 4.2.4. Vakuumiranije

Za uklanjanje ostatka radne tvari, zraka ili vlage koriste se razne izvedbe vakuum pumpi, a sustave se u vakuumu mora držati najmanje 10 - 15 minuta da bi se vakuumiranje smatralo ispravnim. Idealna vakuumacija je na apsolutnom tlaku od 0,5 mbar (50 Pa, 375 mikrona) ili niže, ali u stvarnosti je to teško postići.

### 4.2.5. Ispitivanje propuštanja sustava

Ako je rashladni sustav propustio, potrebno je provesti ispitivanja nepropusnosti i ispitivanja tlačne čvrstoće. To se može provesti istovremeno stavljanjem sustava pod tlak suhog dušika bez kisika (OFN) do maksimalnog radnog tlaka u sustavu (plus 10%), a zatim treba provjeriti svaki zglob, vezu i komponente sa sapunom koji stvara mjehuriće ili nekom drugom takvom tekućinom. Ako se utvrdi propuštanje, slijedite odgovarajuće postupke da to popravite.

### 4.2.6. Popravci sustava

Ukoliko su popravci potrebni, moraju se izvršiti prije punjenja radnom tvari. Kad su popravci rashladnog sustava gotovi, potrebno je provesti temeljitu provjera curenja pomoću dušika pod tlakom prije nastavka. U ovom trenutku, to također može biti prilika da provedemo i druge, manje važne popravke, kao što su promjena ulja, zamjena filtera za sušenje, zamjene oštećenih dijelova, i tako dalje.

## 4.3. Rukovanje bocama

Kao radne tvari ugljikovodici su dostupni u bocama od 300g, 3.5 kg, 12 kg i 46 kg i 420g u boci koja se ne može ponovno puniti. Sigurno rukovanje bocama malo se razlikuje od drugih radnih tvari:

- Ne smije se vaditi ili prekriti službenu oznaku na boci.
- Vratiti čep ventila kada boca nije u uporabi.
- Koristiti i spremati boce u uspravnom položaju.
- Provjeriti jesu li boce čiste i neoštećene.
- Pohraniti i koristiti boce u suhim, dobro prozračenim prostorima udaljenima od opasnosti od požara.
- Ne izlagati boce na izravne izvore topline, kao što su radijatori ili grijalice.
- Ne popravljati ili mijenjati boce ili ventile boca.
- Koristiti pravilna kolica za transport boca, čak i za kratke udaljenosti - nikad ne kotrljati boce.
- Poduzeti mjere za izbjegavanje ulaza ulja, vode i stranih tijela u bocu.
- Ako je potrebno zagrijati bocu, koristiti samo toplu vodu ili zrak, a ne otvoreni plamen ili grijalice, temperatura vode ili zraka ne smije prelaziti 40°C.
- Izvagati bocu kako biste provjerili je li potpuno prazna - tlak nije točan pokazatelj količine radne tvari koja ostaje u boci.




*Slika 8. Boca propana R290 [13]*

## 4.4. Prijevoz boca

### 4.4.1. Transport cestom

U cestovnom prometu za ove radne tvari primjenjuje se pravilnik o transportu opasnih tvari (Carriage of Dangerous Substances by Road). Ovi propisi odnose se i na druge zapaljive plinove kao što su kisik, acetilen i halo ugljikovodici. U skladu s tim propisima, treba:

• Imati pisane informacije koje navode pojedinosti o tvarima. Ova informacija mora biti dostupna u hitnim slučajevima, pa bi trebala biti smještena na mjestu gdje je vidljiva i dostupna.

• Znati i razumjeti moguće opasnosti te u slučaju nužde znati rukovati tim tvarima.

• Nositi prah za gašenje požara od najmanje 2 kg kapaciteta.

• Boce moraju biti smještene u uspravnom položaju sa svojim ventilom, pravilno osiguranim, okrenutim prema gore.

• Transportirati ne više od 4 x 46 kg ili 12 x 12 kg. (Ako imate 1 x 46 kg ne smiju se prevoziti 3 x 12 kg u isto vrijeme)

• Pobrinuti se za prikladnu ventilaciju u vozilu.

• Na stražnjem dijelu vozila morate imati istaknuta upozorenja o prijevozu zapaljivih tvari.

• Zabranjeno je pušenje ili otvoreni plamen.

• Nikada ne ostavljajte bocu u zatvorenom vozilu bez nadzora dulje nego što je potrebno za daljnje informacije o prijevozu boca.

### 4.4.2. Transport morem

The International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG, 2001) propisuje uvjete za prijevoz opreme morem. Rashladni uređaji koji sadrže manje od 100g zapaljivog rashladnog sredstva ne podliježu propisima. Pakiranja zahtijevaju posebnu oznaku. Rashladni uređaji mogu se prevoziti nepakirani u sanduke ili kutije, uz uvjet da je oprema bila testirana i dizajnirana tako da se spriječi ispuštanje radne tvari u uvjetima prijevoza. Međutim, ako je količina manja od 12 kg, onda ti zahtjevi ne vrijede.

### 4.4.3. Transport zrakoplovom

The International Civil Aviation Organisation/International Air Transport Association (IATA, 2000) propisuje pravilnik za prijevoz zrakom. On zabranjuje prijevoz opreme koja sadrži više od 0,1 kg po putniku ili teretu. Ako je transport zrakom nužan, propisi dopuštaju do 150 kg zapaljive radne tvari u bocama, tako da se sustav može puniti na licu mjesta.

## 4.5. Skladištenje boca

Prostor za skladištenje ugljikovodika mora biti oblikovan tako da bude pogodan za skladištenje i držanje opasnih, zapaljivih supstanci. Jednako tako, moraju biti oblikovane smjernice za skladištenje ugljikovodika razvijene od strane nadležne institucije te je potrebno definirati uvjete pod kojima je potrebno skladištiti ugljikovodike. Ugljikovodike je potrebno skladištiti na jednaki način kao i druge zapaljive plinove.

Najbolje je ugljikovodike skladištiti na otvorenom prostoru:

- u osiguranim i zaključanim prostorima koji su zaštićeni od direktnog sunca
- u blizini ne smije biti mogućih izvora zapaljenja
- boce ne smiju biti okrenute prozorima kako bi se spriječilo ispuštanje ugljikovodika unutar zatvorenog prostora
- ventili boca moraju biti zatvoreni
- boce moraju biti postavljene uspravno i moraju biti prikladno osigurane

Boce bi trebalo skladištiti vani i nikada ih ne skladištiti u stambenim prostorima. Boce mogu biti pohranjene u komercijalnim i industrijskim prostorima prema sljedećim uputama za skladištenje:

- Količine skladištenih ugljikovodika ograničiti na ne više od 70 kg i pohraniti ih u posebnim namjenskim prostorima ili kavezima.

- Pristup skladišnim prostorima ograničiti na određene osobe, i označiti takva mjesta obaviješću o zabrani pušenja i uporabi otvorenog plamena.

- Boce koje sadrže ugljikovodike treba čuvati u prizemlju, nikada u podrumima. Boce trebaju biti lako dostupne i pohranjene uspravno.

- U blizini boca mora biti uklonjen statički elektricitet.




*Slika 9. Skladište boca propana [14]*

Skladišta moraju biti smještena na sigurnim lokacijama te dodatno osigurana protupožarnim vratima. Svako skladište mora sadržavati barem jedan izlaz za slučaj nužde te trebaju biti poduzete sve mjere opreza kao što su protuprovalni alarmi. Do izlaza za slučaj nužde put mora biti u potpunosti oslobođen i potrebno je skladišta opremiti detektorima dima, ventilacijskim sustavom, te je potrebno odgovarajućim oznakama obilježiti da se skladište opasne i zapaljive supstance.

## 4.6. Osnovne preventivne mjere

S ciljem zaštite zaposlenika i cijelog radnog osoblja, potrebno je razviti osnovne preventivne mjere koje su pažljivo dokumentirane na razumljiv način, najčešće u suradnji s lokalnim vlastima. Osnovne preventivne mjere moraju biti pažljivo i ispravno implementirane. Upravljanje incidentima mora se temeljiti na razrađenim procedurama za sve moguće hitne situacije. Potrebno je razraditi detaljne planove koji pokrivaju sve moguće velike opasnosti i ti planovi i okruženje trebaju biti uređeni na način da uključuju i obuhvaćaju:

- požarne alarme koji su postavljeni na strateškim lokacijama
- alarmni sustav kojeg mogu čuti svi zaposlenici, odnosno svi članovi radnog osoblja
- izlaze u slučaju nužde
- evakuacijske procedure
- instrukcije koje potiču zaposlenike da aktiviraju požarni alarm u slučaju da postoji mogućnost da izbije požar ili ukoliko postoji mogućnost da situacija izmakne kontroli
- pravovremeno reagiranje vatrogasaca na lokaciji nakon oglašavanja požarnog alarma
- ukoliko je požar izbio u skladištu, lokalno vatrogasno društvo mora odmah biti pozvano nakon oglašavanja požarnog alarma
- dobro opremljenu prostoriju za pružanje hitne pomoći

Nužno je da postoje prikladne informacije koje su na raspolaganju vatrogasnim društvima. Takve informacije obuhvaćaju planove prostorija, informacije o vrstama i količinama opasnih materijala, informacije o lokacijama i vrsti protupožarne opreme i informacije o tome koga je potrebno obvezno kontaktirati u hitnim slučajevima.

Osnovne preventivne mjere u radu s ugljikovodicima uključuju provođenje određenih sigurnosnih provjera. Te sigurnosne provjere obuhvaćaju:

- radnu proceduru
- radni prostor
- provjeru prisutnosti ugljikovodika
- prisutnost aparata za gašenje požara
- eliminaciju izvora zapaljenja
- ventilaciju

# 5. Osposobljavanje za rad s ugljikovodicima

Osposobljavanje pojedinaca za rad i manipulaciju s ugljikovodicima mora biti oblikovano na način da pokriva tri osnovna područja koja se odnose na:

- sigurno rukovanje zapaljivim radnim tvarima, u ovom slučaju ugljikovodicima, pri čemu je izrazito velik naglasak na radu u dobro ventiliranom prostoru koji je udaljen od mogućih izvora zapaljenja
- minimiziranje ispuštanja radnih tvari u zrak
- upotrebu sigurnosne opreme

Kako bi se osposobljavanje moglo provesti na najbolji mogući način i kako bi rezultiralo na planirani način potrebni su:

- materijali
- stručne, odnosni ovlaštene osobe za osposobljavanje
- određena razina kompetencija samih polaznika

Materijali za osposobljavanje moraju sadržavati sve one informacije koje polaznik tijekom samog osposobljavanje u skladu s definiranim sadržajima treba usvojiti kako bi mogao proći procjenu. Materijali koji se koriste sa svrhom provođenja osposobljavanja moraju biti upotpunjeni prikladnim knjigama i ostalim tehničkim pravilnicima koji su, primjerice, napisani od strane različitih instituta, trgovačkih organizacija i različitih razvojnih organizacija.

Također, da bi osposobljavanje bilo uspješno, bitno je da ovlaštene osobe posjeduju određenu razinu kompetencija na temelju provedenog terenskog rada i u ulozi edukatora. Kako bi ovlaštene osobe imale zahtijevanu razinu kompetencija, potrebno je da imaju određene pedagoške kvalifikacije, teoretsko i praktično znanje vezano uz teme koje su predviđene edukacijom te znanje o povezanim temama.

Također, za polaznike je bitno da već imaju usvojena određena znanja i kompetencije te da posjeduju barem neko iskustvo i vještine koji su vezani za predmet predviđenog osposobljavanja i teme koje su osposobljavanjem definirane. Ukoliko je predmet osposobljavanja usvajanje sigurnosnih mjera prilikom rada i manipulacije ugljikovodicima, polaznici bi barem trebali imati znanja o karakteristikama ugljikovodika i o rukovanju njima, teoretske osnove o radnim tvarima i druga slična znanja.

## 5.1. Provođenje procjene

Prije i poslije provođenja osposobljavanja potrebno je provesti određene procjene.

Prije početka osposobljavanja koje se često odvija u obliku radionica potrebno je utvrditi postojeća znanja i vještine polaznika te definirati plan njihova razvijanja, odnosno usvajanje novih znanja i vještina koje su potrebne za rad s ugljikovodicima. Prije samog početka osposobljavanja provode se procjene s ciljem određivanja trenutne razine znanja i provođenja analize kako bi se utvrdile slabosti u postojećem znanju.

Procjene se nakon osposobljavanja za rad s ugljikovodicima provode u dvije svrhe:

- provođenje analize kako bi se utvrdio napredak te kako bi se pojedince koji su prošli osposobljavanje i dalje poticalo da se usavršavaju
- omogućavanje certificiranja uspješnih polaznika za daljnju edukaciju.

Predmet procjena koje se provode prije obuke jest procjena postojećeg znanja, primjerice putem testova sa višestrukim mogućim odgovorima. Na taj se način može procijeniti samo znanje. Procjene se nakon treninga usmjeravaju na samu procjenu rada i provođenje dodatnih edukacija.

# 6. Zakonska regulativa

Sigurnosni propisi rukovanja i korištenja ugljikovodika kao radnih tvari opisani su u europskoj normi 378. Sva četiri dijela prvog izdanja (2000) usklađena su s europskom direktivom 97/23/EZ (The "Pressure Equipment Directive"), ili skraćeno PED. Međutim, kada je standard 2008. godine mijenjan, zaključeno je da je prikladno uskladiti samo dio 2 ("projektiranje, izvedba, ispitivanje, označivanje i dokumentacija") sa PED-om. Drugi dio je također usklađen s europskom direktivom 98/37/EZ (The "Machinery Directive") ili MD.

**EN378** nije zakonska obveza. Moguće je instalirati sustav u skladu sa svim važećim propisima, uključujući i PED i MD, a da ne slijedimo uvjete EN378. Norma također nije kompletan vodič za rashladne sustave. Norma se odnosi samo na teme koje nisu u potpunosti pokrivene drugdje. Primjerice, ne daju potpune smjernice o električnoj sigurnosti, već samo aspekte koji su važni za hlađenje i koji nisu adekvatno riješeni negdje drugdje. To znači da sukladnosti vrijede samo u odnosu na projektiranje, izgradnju, ispitivanje, označivanje i zahtjeve za dokumentaciju za PED i MD, a ne za bilo koje druge direktive.

EN378 ne daje pretpostavku o sukladnosti s Direktivom 99/92/EZ, odnosno direktivom 2006/95/EZ. Iako u potpunosti poštujemo EN378, ne možemo garantirati sukladnosti s obzirom na zapaljivost. Paralelno s održavanjem EN378, Međunarodna organizacija za standarde (ISO) razvila je i objavila dva standarda, ISO817: 2014 i ISO5149: 2014 (dijelovi 1 do 4).

Udovoljavanje svim zahtjevima EN378 ne ispunjava sve zahtjeve zakonske regulative.

Republika Hrvatska uskladila je regulativu na području protueksplozijske zaštite i eksplozivnih tvari s regulativom koja je na snazi u Europskoj uniji.

Područje proizvodnje i stavljanja EX-proizvoda na tržište regulirano je:

- Zakonom o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN br. 80/13, 14/14), [15] te
- Pravilnikom o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama (NN br.33/16) [16] / Directive 2014/34/EU of the European Parliament and the Council on the approximation of the laws of the Member States concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres.

Područje sigurnosti i zaštite zdravlja radnika od opasnosti uzrokovane eksplozivnom atmosferom regulirano je:

- Zakonom o zaštiti na radu (NN br. 71/14) [17], te
- Pravilnikom o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom (NN br. 39/06 i 106/07) [18] / Directive 1999/92/EC of the European Parliament and the Council on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres (ATEX 137).

Područje proizvodnje i stavljanja eksplozivnih tvari na tržište regulirano je:

- Zakonom o eksplozivnim tvarima (NN br. 178/04; 109/07; 67/08; 144/10) [19], te
- Pravilnikom o tehničkim zahtjevima za eksplozivne tvari (NN br. 146/05; 119/07; 55/13) [20] / Directive 2014/28/EU on the harmonization of the laws of the Member States relating to the making on the market and supervision of explosives for civil uses (recast), i
- Pravilnikom o sigurnosnim zahtjevima za pirotehnička sredstva te uvjetima za njihovu podjelu (NN br. 34/10, 124/13) [21] / Directive 2013/29/EU of the European Parliament and the Council of 12 June 2013 on the harmonization of the laws of the Member States relating to the making available on the market of pyrotechnic articles (recast).

# 7. Primjer iz prakse

Poduzeće Oprema uređaji d.d. Ludbreg proizvodi i puni uređaje s propanom kao radnom tvari. Pri tome poštuju sve hrvatske i europske zakone koji se odnose na sigurnost.

## 7.1. Sigurnost

Punjenje uređaja odvija se unutar ograđenog prostora koji svojom zapreminom od 13 $m^3$ može zaprimiti svu količinu plina koji bi mogao iscuriti u najgorem mogućem slučaju.

Unutar zaštitne ograde nalaze se tri osjetnika za propan. Osjetnik broj 1 nalazi se na ogradi s unutarnje strane, osjetnik broj 2 nalazi se na zidu iza uređaja za punjenje, a osjetnik broj 3 nalazi se unutar kućišta uređaja za punjenje. Svaki osjetnik na „Cerberusu“ ima displej na kojem se konstantno prikazuje koncentracija propana unutar zaštitne ograde. Propan je zapaljiv kad je njegov udio u zraku između 2.1% (Lower Explosive Limit ili LEL) i 8% (Upper Explosive Limit ili UEL). Osjetnici su podešeni tako da im je 2.1 % maksimalna zasićenost propanom. Kad je koncentracija propana kod bilo kojeg osjetnika između 15 i 29% (što je ustvari 15 – 29% od LEL) automatski se pali predalarm, uključuju se žuta lampica i maksimalna brzina ventiliranja. Punjenje je i dalje moguće. U slučaju kad je koncentracija na bilo kojem osjetniku iznad 30% (što je 30% od LEL) automatski se uključuje maksimalna brzina ventiliranja, pali se crveno svijetlo i zvučni signal. Punjenje više nije moguće jer se uređaj za punjenje automatski isključuje, dovod propana se prekida na ventilu i pumpa za propan prekida s radom.

Otvaranjem vratiju zaštitne ograde, pali se trepćuća zelena lampica u polju „Suction vent. OK“ na „Cerberusu“. Lampica prestaje treperiti kad se zatvore vrata. Ako su vrata otvorena tri minute, pali se alarm tj. u polju „Suction vent. Fail“ na „Cerberusu“ pali se crvena trepćuća lampica i zvučni signal, a uređaj za punjenje se automatski isključuje i uključuje se maksimalna brzina ventiliranja.

U nadzornom ormariću za ventilaciju instaliran je senzor za temperaturu koji automatski signalizira nagli pad temperature uslijed puknuća cijevi za propan, tj. u tom se slučaju uključuje alarm i maksimalna brzina ventiliranja, a sistem za punjenje automatski se isključuje. Također se mjeri i razlika tlaka između nadzornog ormarića i sistema za ventilaciju „WIND“. Kod razlike tlaka od 0.2 bara pali se alarm, a sistem za punjenje automatski se isključuje.



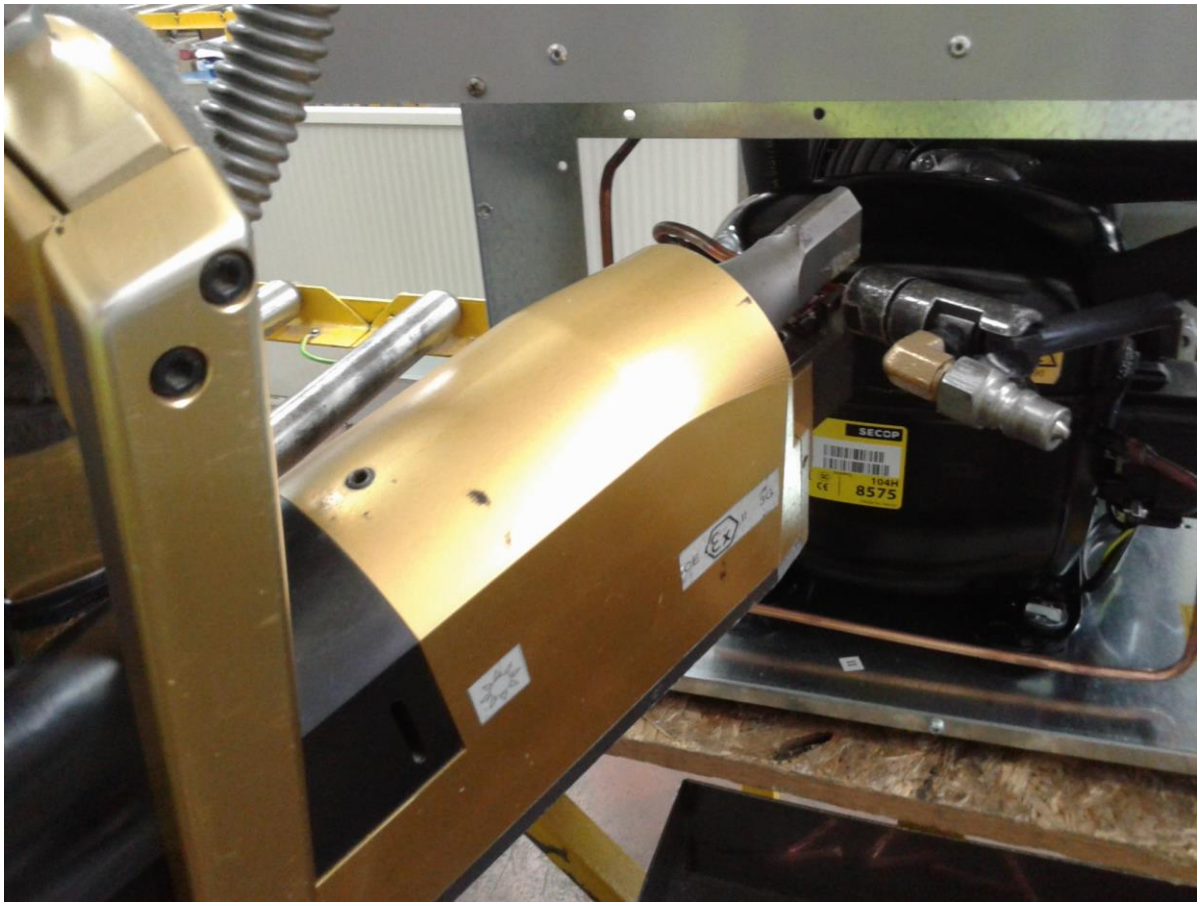

*Slika 10. Ograđeni prostor za punjenje propanom, i pripadajuća ventilacija*



*Slika 11. Osjetnik broj 1 za propan, i ventilacija*



*Slika 12. Punjenje propanom*




*Slika 13. Zavarivanje bakrene cijevi i odstranjivanje ventila pomoću uređaja u EX izvedbi*




*Slika 14. Bakrena cijev nakon zavarivanja*

Svi uređaji koji se koriste unutar ili u blizini ograđenih prostora, tj. prostora s mogućom eksplozivnom atmosferom moraju biti izrađeni u EX-izvedbi. Oznake EX izvedbe vidljive su na sustavu ventilacije i uređaju za zavarivanje.

## 7.2. Kontrola

Nakon punjenja, u ograđenom prostoru kontroliraju se detektorom svi mogući spojevi na kojima bi moglo doći do propuštanja propana. Ovom kontrolom obavezno se kontroliraju svi uređaji, kao i svi kritični spojevi na svakom od njih. Ograđeni prostor za kontrolu je ventiliran i ima detektore, isto kao i prostor za punjenje.



*Slika 15. Ograđeni prostor za kontrolu*



*Slika 16. Kontrola propuštanja*

Radnik zadužen za punjenje, pod nadzorom voditelja tehnologije ili kontrolora, vrši periodičke preglede prema sljedećem rasporedu:

**Tjedni pregled:**

- provjera ispravnosti sklopke na vratima zaštitne ograde
- provjera nulte vrijednosti kalibracije svih senzora plina

**Mjesečni pregled:**

- provjera senzora diferencijalnog tlaka u nadzornom ormariću za ventilaciju
- provjera senzora diferencijalnog tlaka na sustavu „WIND“
- provjera ispravnosti sklopke na sistemu za ventilaciju „WIND“

**Kvartalni pregled:**

- provjera raspona kalibracije svih senzora (detektora) plina
- provjera više brzine odsisavanja na sustavu „WIND“
- provjera učinkovitosti odsisavanja
- provjera nepropusnosti cjevovoda za propan

## 7.3. Skladištenje

Propan je skladišten u vanjskom spremniku na otvorenom prostoru. Boca je krovom zaštićena od izravnog sunčevog zračenja. Sve oznake opasnosti jasno su vidljive i pravilno označene. Vanjski skladišni prostor ograđen je metalnom ogradom, unutar koje se nalazi i aparat za gašenje požara.



*Slika 17. Vanjsko skladište*




*Slika 18. Oznake skladišta*




*Slika 19. Aparat za gašenje požara i spremnik propana*

## 7.4. Certificiranje

Svaka osoba koja radi sa propanom mora imati uvjerenje o pohađanju specijalističke edukacije iz protueksplozijske zaštite izdano od strane Ex-Agencije. Drugo uvjerenje koje svaka osoba koja radi za ugljikovodicima moram imati je uvjerenje o položenom stručnom ispitu za obavljanje djelatnosti prikupljanja, provjere propuštanja, ugradnji i održavanje ili servisiranje rashladnih i klimatizacijskih uređaja te dizalica topline – KATEGORIJA 1, koje izdaje ministarstvo zaštite okoliša i prirode.



Ex-Agencija

UVJERENJE
*Certificate*

Broj / *Number*: ExEDU-P0-140107-06/09

Polaznik / *Attendant*: **DOMINIK HARAMBAŠA**

Datum rođenja / *Date of birth*: **24.09.1993.**

Pohađao je / *Atended*: **specijalističku edukaciju iz protueksplozijske zaštite**
***specialised education in the field of explosion protection***

Održanu / *Held on*: 07.01.2014. / Zagreb

**Obrađena tematika:** Osnove protueksplozijske zaštite, eksplozivne atmosfere, pojmovi i definicije u klasifikaciji prostora, primarne mjere protueksplozijske zaštite, dozvola za rad na siguran način, vrste protueksplozijske zaštite. Ex oprema i zaštitni sustavi.

***Lectured topics:*** *Explosion protection basics, explosive atmospheres, terms and definitions in area classification, prevention of explosive atmospheres, safe work permit, types of Ex protection, Ex equipment and protective systems.*

**Kandidat je pohađao edukaciju u trajanju 3 školska sata.**
***The Candidate attended 3 lecturing hours.***

Ex-Agencija

Ana Hađak, dipl. ing. el.

www.ex-agencija.hr

REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA I PRIRODE

KLASA: 351-01/15-01/131
UR. BROJ.: 517-06-1-2-15-101

Zagreb, 28. veljače 2015.

Na temelju članka 72. Zakona o zaštiti zraka (»Narodne novine«, broj 130/11, 47/14) i članka 34. Pravilnika o izobrazbi osoba koje obavljaju djelatnost prikupljanja, provjere propuštanja, ugradnje i održavanja ili servisiranja opreme i uređaja koji sadrže tvari koje oštećuju ozonski sloj ili fluorirane stakleničke plinove ili o njima ovise (»Narodne novine«, broj 3/13), Ispitno ocjenjivačko tijelo za provedbu stručnog ispita izdaje

**UVJERENJE**

*o položenom stručnom ispitu za obavljanje djelatnosti prikupljanja, provjere propuštanja, ugradnju i održavanje ili servisiranje rashladnih i klimatizacijskih uređaja te dizalica topline – KATEGORIJA I*

**Alen Križanić**
**VSS, ing. geotehnike**

rođen 26.05.1974. u Zagrebu, Republika Hrvatska.

Ovo uvjerenje vrijedi 5 godina od datuma izdavanja.

Predsjednik Ispitnog ocjenjivačkog tijela

Doc.dr.sc. Marino Grozdek, dipl.ing.stroj.

M.P.

*Ovo uvjerenje izdano je sukladno 5. članku Uredbe Komisije (EZ) br. 303/2008 od 2. travnja 2008. kojom se u skladu s Uredbom (EZ-a) br. 842/2006 Europskog parlamenta i Vijeća utvrđuju minimalni zahtjevi i uvjeti za uzajamno priznavanje certifikacije poduzeća i osoba u pogledu nepokretne opreme za hlađenje i klimatizaciju te dizalica topline koje sadrže određene fluorirane stakleničke plinove (u daljnjem tekstu: Uredba 303/2008/EZ)*

*Slika 20. Potrebna uvjerenja*

# 8. Zaključak

U usporedbi ugljikovodika sa ostalim radnim tvarima, vidljivo je da su, osim njihove zapaljivosti, izrazito dobrih svojstava, te da bi u skoroj budućnosti mogli zamijeniti jedan dio radnih tvari koje se postepeno izbacuju iz upotrebe.

Pažnju treba usmjeriti na konstrukciju takvih uređaja, kako bi se dobila što veća učinkovitost.

Rad s ugljikovodicima vrlo je osjetljiv proces koji podrazumijeva shvaćanje pojma zapaljivosti i shvaćanje opasnosti do kojih može doći ukoliko dođe do neplaniranog i nenamjernog ispuštanja ugljikovodika. Ugljikovodike je potrebno čuvati u osiguranim prostorima koji su dobro ventilirani i koji nisu izloženi direktnom sunčevom zračenju. Također, potrebno ih je držati podalje od potencijalnih izvora zapaljenja kao što su otvoreni plamen, iskre ili statički elektricitet.

Ugljikovodici se koriste u okviru kućanskih i komercijalnim sustava hlađenja. Najčešće korišteni ugljikovodici su čisti izobutan, čisti propan i mješavina propana i izobutana.

Svaki pojedinac koji sudjeluje u radu s ugljikovodicima mora biti svjestan da radi sa zapaljivim supstancama te mora biti upoznat s osnovnim sigurnosnim i preventivnim mjerama. Osnovne mjere sigurnosti koje svakako moraju biti uzete u obzir prilikom rada s ugljikovodicima zahtijevaju uklanjanje svih mogućih izvora zapaljenja u blizini opreme i prostora u kojima se odvija rad s ugljikovodicima.

Prostori u kojima se koriste ugljikovodici moraju biti oblikovani i organizirani na način da ne predstavljaju opasnost pojedincima koji njima rukuju. Prema tome, svaki takav prostor treba biti opskrbljen sustavima za detekciju plina, ventilacijskim sustavima, alarmima na vidljivim mjestima, kontrolnim sustavima, prikladnim znakovima i upozorenjima. Svaki pojedinac treba biti upoznat s instrukcijama i procedurama u pogledu rada sa sigurnosnom opremom i djelovanja u hitnim slučajevima.

U Varaždinu _____

Dominik Kušter

_____

Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE SJEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU**
**I**
**SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Dominik Kušter pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Ugljikovodici kao radne tvari, te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
Dominik Kušter

Dominik Kušter
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Dominik kušter neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom Ugljikovodici kao radne tvari, čiji sam autor.

Student/ica:
Dominik Kušter

Dominik Kušter
(vlastoručni potpis)

# 9. Literatura


[1] http://www.instrukcije-poduka.com/instrukcije-iz-kemije-ugljikovodici.html, 30.11.2015.

[2] https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljikovodici, 30.11.2015.

[3] Soldo V: Svojstva zamjenskih radnih tvari, FSB, Sveučilišta u Zagrebu, Ivana Lučić 5, Zagreb, 30.11.2015

[4] https://www.google.hr/#q=%5B4%5D%09Practical+Application+of+Refrigerant+R+290+Isobutane+in+Domestic+Refrigerator+Systems

[5] http://www.lindeus.com/internet.lg.lg.usa/en/images/Linde%20R1270%20Refrigerant%20Grade%20Propene138_11497.pdf

[6] http://www.hydrocarbons21.com/

[7] http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/6293-e-JCIaper.pdf

[8] http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7681-e-FlammableRefrigerantsGuideAIRAH.pdf

[9] http://www.ecacool.com/images/Hydrocarbon-Refrigerants-Guidelines.pdf

[10] Operation of split air conditioning systems with hydrocarbon refrigerant, proklima, 26.7.2016.

[11] https://www.alibaba.com/product-detail/Green-Refrigerant-Isobutane-Gas-R600a_455158260/showimage.html

[12] http://www.mru-instruments.com/wp-content/uploads/2015/04/300-HC.jpg

[13] http://www.jhr22.com/en/product_302.aspx

[14] http://www.emiratesgas.com/business/Pages/R290.aspx

[15] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_80_1657.html

[16] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_04_33_943.html

[17] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_06_71_1334.html

[18] http://zuznr.hr/wp-content/uploads/2016/03/Pravilnik-o-najmanjim-zahtjevima-sigurnosti-i-zastite-zdravlja-.pdf

[19] http://www.zakon.hr/z/434/Zakon-o-eksplozivnim-tvarima

[20] http://ecomission.hr/wp-content/uploads/2015/04/Pravilnik-o-tehni%C4%8Dkim-zahtjevima-za-eksplozivne-tvari.pdf

[21] http://www.propisi.hr/print.php?id=8650

[22] http://www.ex-agencija.hr/hr/

# Popis slika

Slika 1. Strukturna formula metana [2] ..... 1
Slika 2. Strukturna formula propana [2] ..... 1
Slika 3. Strukturna formula etena [2] ..... 1
Slika 4. Strukturna formula propena (propilena) [2] ..... 1
Slika 5. Žute oznake upozorenja za propan[4] i izobutan[5] ..... 8
Slika 6. Izobutan [11] ..... 9
Slika 7. Detektor ugljikovodika [12] ..... 19
Slika 8. Boca propana R290 [13] ..... 27
Slika 9. Skladište boca propana [14] ..... 29
Slika 10. Ograđeni prostor za punjenje propanom, i pripadajuća ventilacija ..... 36
Slika 11. Osjetnik broj 1 za propan, i ventilacija ..... 36
Slika 12. Punjenje propanom ..... 37
Slika 13. Zavarivanje bakrene cijevi i odstranjivanje ventila pomoću uređaja u EX izvedbi ..... 37
Slika 14. Bakrena cijev nakon zavarivanja ..... 38
Slika 15. Ograđeni prostor za kontrolu ..... 39
Slika 16. Kontrola propuštanja ..... 39
Slika 17. Vanjsko skladište ..... 41
Slika 18. Oznake skladišta ..... 41
Slika 19. Aparat za gašenje požara i spremnik propana ..... 42
Slika 20. Potrebna uvjerenja ..... 43

# Popis tablica

Tablica 1. Specifična toplina isparavanja u kJ/kg za -20°C .....7
Tablica 2. Donja i gornja granica zapaljivost, i minimalna temperatura zapaljenja smjese [5] .....8
Tablica 3. Svi ugljikovodici, primjena, oznake [9] .....12
Tablica 4. Maksimalno dozvoljeno punjenje s obzirom na kategorije [9] .....15
Tablica 5. Detaljnije kategorije punjenja s obzirom na prisustvo ljudi [9] .....15
Tablica 6. Zapaljivost [9].....20

# Popis dijagrama

Dijagram 1. Krivulje napetosti za određene radne tvari .....6
Dijagram 2. T-h dijagram za radne tvari .....7
Dijagram 3. Procjena punjenja HC kao zamjena postojeće radne tvari [10].....14