

# Acetilen

---

Žugečić, Saša

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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:128:144146>

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

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



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

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**Veleučilište u Karlovcu**  
**Odjel sigurnosti i zaštite**

**Saša Žugečić**

**ACETILEN**  
**ZAVRŠNI RAD**

**Karlovac, 2015.**

Veleučilište u Karlovcu  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE  
Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Saša Žugečić

ACETILEN

Završni rad

Mentor:

Dr.sc. Zlatko Jurac, prof.v.š.

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE  
ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Saša Žugečić

Matični broj:0416610691

Naslov teme: Acetilen

Opis zadatka:

1. Općenito o plinovima
2. Acetilen
3. Razvijač acetilena
4. Sustav za pročišćavanje acetilena
5. Granice eksplozivnosti
6. Konstrukcijski materijali
7. Zaključak

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Datum obrane rada:

02. mj. 2015.

05. mj. 2015.

05. mj. 2015.

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr.Zlatko Jurac, prof.v.š.

Dr.sc.Igor Peternel, pred.

## **SAŽETAK**

Plinovi i plinske smjese koriste se u različitim granama industrije, u istraživanjima i medicinskoj opremi. U uporabi su u procesima zavarivanja, čišćenja i rashlađivanja. Ovisno o namjeni, plinovi se mogu nabaviti u tekućem stanju ili kondenziranom obliku i isporučuju se u bocama ili spremnicima različitih veličina. U završnom radu prikazuje se postupak proizvodnje acetilena, određuju se postupci za siguran rad te postupci u slučaju nesreće.

## **SUMMARY**

Gases and gas mixtures are used in various fields of industry, research and medical equipment. In use are in the process of welding, cleaning and cooling. Depending on the purpose, the gases are available in liquid or condensed form and are supplied in bottles or containers of different sizes. The final paper presents a process for the production of acetylene, determine the procedures for safe operation and procedures in the event of an accident.

# SADRŽAJ

1. OPĆENITO O PLINOVIMA .....	4
1.1. Svojstva plinova i plinski zakoni.....	4
1.2. Klasifikacija plinova.....	7
2. ACETILEN .....	12
2.1. Osobine acetilena.....	12
2.2. Fiziološko djelovanje.....	13
2.3. Najvažnije opasnosti i učinci acetilena.....	14
2.4. Posebne opasnosti.....	14
2.4.1. Glavni simptomi učinaka .....	14
2.4.2. Mjere za pružanje prve pomoći.....	14
2.4.3. Napomena za osobu koja pruža prvu pomoć/liječnika.....	15
3. RAZVIJAČ ACETILENA.....	16
3.1. Općenito o razvijanima .....	16
3.2. Opis rada acetilenskog razvijaa .....	17
3.3. Opasnosti i mjere opreza kod rada s razvijajem .....	19
4. SUSTAV ZA PROČIŠĆAVANJE ACETILENA .....	24
4.1. Opis rada rashladnog sustava .....	25
4.2. Komprimiranje acetilena .....	25
4.3. Sušenje acetilena.....	26
4.4. Punjenje acetilena u boce, baterije i trailere .....	26
4.5. Acetoniranje.....	29
5. GRANICE EKSPLOZIVNOSTI .....	30
5.1. Uređaji za detekciju para i plinova .....	37
5.2. Primjena acetilena.....	38
5.3. Mjere sigurnosti i zaštite.....	39
5.4. Preventivne mjere za sprječavanje izvanrednog događaja .....	40

5.5.	Postupak u slučaju požara i eksplozija .....	40
5.6.	Mjere za suzbijanje požara .....	41
5.6.1.	Sredstva za gašenje požara: .....	41
5.6.2.	Protupožarne mjere za posebne opasnosti:.....	41
5.6.3.	Posebne metode za gašenje požara:.....	41
5.6.4.	Posebna oprema za zaštitu vatrogasaca:.....	41
5.7.	Mjere kod slučajnog ispuštanja .....	42
5.7.1.	Osobne mjere opreza: .....	42
5.7.2.	Mjere zaštite okoliša: .....	42
5.7.3.	Metode čišćenja i skupljanja: .....	42
5.7.4.	Dodatna upozorenja: .....	42
6.	KONSTRUKCIJSKI MATERIJALI .....	43
7.	ZAKLJUČAK .....	44
8.	POPIS SLIKA .....	45
9.	POPIS TABLICA .....	46
10.	LITERATURA.....	47

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem se profesorima Veleučilišta u Karlovcu, Stručnog studija Sigurnosti i zaštite na kvalitetnom prenošenju znanja i strpljenju te mojoj obitelji. Posebno se zahvaljujem svome mentoru dr.sc. Zlatku Jurcu, prof.v.š. koji mi je svojim smjericama i stručnim znanjem pomogao pri izradi ovog rada, kao i na pomoći tijekom cjelokupnog trajanja studija.



# 1. OPĆENITO O PLINOVIMA

U najširem smislu, plinovima se smatraju tvari koje se u uvjetima koji vladaju na zemljinoj površini nalaze u plinovitom stanju. Od 92 elementa samo jedanaest je pod tim uvjetima u plinovitom stanju, a to su vodik, kisik, fluor, klor i šest inertnih plinova, helij, neon, argon, kripton, ksenon i radon. Istodobno je i velik broj kemijskih spojeva pod iznijetim uvjetima također u plinovitom stanju i mnogi od njih poprimaju široku i različitu primjenu.

Najveći broj plinova je nevidljiv, bez boje, okusa i mirisa, što otežava njihovu detekciju i rukovanje s njima. Neki plinovi imaju svojstven miris, pa je određivanje njihove prisutnosti olakšano. Prisutnost ostalih plinova može se, odrediti samo posebnim uređajima, analizatorima ili određenim kemijskim postupcima. Zbog toga se pri radu s plinovima moraju poduzeti sve mjere opreza kako bi se mogućnost nesreće smanjila na najmanju moguću mjeru.

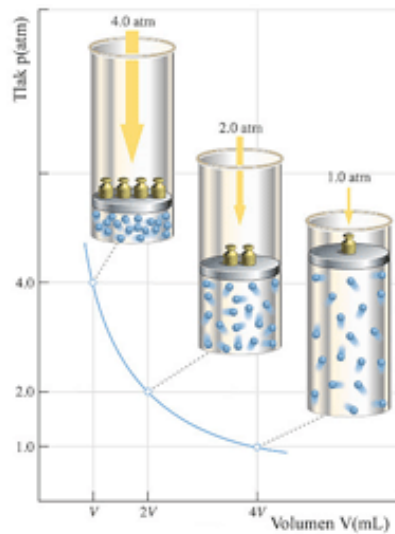
Opće obilježje svih plinova je da imaju vrlo malu volumnu težinu. Ova mana glavna je prepreka široj primjeni, jer je njihov prijevoz veoma skup. Prijevoz plinova zahtjeva posude velikog volumena, odnosno visokog tlaka. U praksi se uglavnom primjenjuje ovo drugo rješenje, ali posude visokog tlaka nameću niz problema pri rukovanju. Skupe su i teške, tako da je pri prijevozu komprimiranih plinova odnos korisnog tereta prema ambalaži vrlo nepovoljan. Kreće se čak i do 1:100 kod vodika, dok se kod kisika, dušika, ugljičnog dioksida i ostalih plinova kreće između 1:1 i 1:9. U praksi se za prijevoz komprimiranih plinova najčešće primjenjuju tlakovi od 150-200 bara, ali za neke zapaljive i nestabilne plinove ovaj tlak je izrazito manji. Cestovni način prijevoza plinova još uvijek je osnovni način opskrbe malih potrošača u čitavom svijetu.

## 1.1. Svojstva plinova i plinski zakoni

Osnovni pokazatelji koji određuju stanje plina su: tlak, volumen i temperatura. Njihov odnos određuju prirodni zakoni koje treba upoznati da bismo ih u praksi mogli primijeniti.

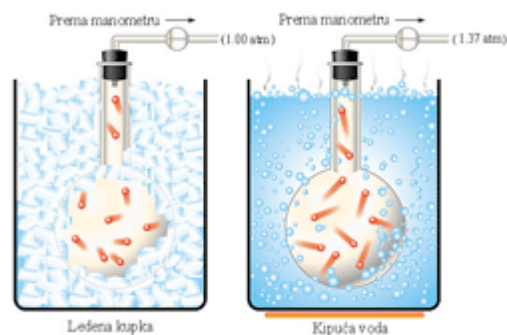
**Boyle-Marrioeov zakon.** Prema ovom zakonu produkt volumen i tlaka nekog plina kod iste temperature je uvijek isti (konstantan). Ovaj zakon vrijedi za idealne plinove kojih u tehnici nema, međutim ne odgovara za plinove koji su pod većim tlakom, pa se zato u praksi računaju više korekcije prema postojećim tablicama. Zbog toga će punioci plinova pri punjenju posuda s plinovima rabiti korekturane koeficijente. Ukoliko se primjerice želi stlačiti 6000 l , kisika na volumen od 40 l, tlak mu se mora povećati na 150 bara ( $6000l \times 1=40 \times 150$ ). Međutim prema

već rečenom, treba u račun uzeti korekturni koeficijent koji je prema tablici za 150 bara, 0,940. Ako se 6000 podijeli s 0,940, izračunat će se da će u boci biti oko 6383 litre kisika.



Slika 1. Princip Boyle-Marrioeov-og zakona  
Izvor: <http://mmarcus.fizika.org/html/boyle1.html>

**Gay-Lussacov zakon.** Prema ovom zakonu volumen plina kod konstantnog tlaka za svaki stupanj Celzija povećava za  $1/273$  prijašnjeg volumena. Isto tako mu se poveća tlak kod stalnog volumena za  $1/273$  od prijašnjeg tlaka. Tako će boca napunjena kisikom pod tlakom od 150 bara kod temperature od  $15^{\circ}\text{C}$  imati kod viših temperatura veći, a kod nižih temperatura manji tlak. Zato će npr. zimi kod  $-5^{\circ}\text{C}$  manometar pune boce kisika pokazati tlak od 140 bara, a ljeti kod temperature o  $25^{\circ}\text{C}$  manometar će pune boce kisika pokazati tlak od 15 bara. Podaci o tlaku pri određenim temperaturama uzimaju se iz tablica.



Slika 2. Princip Gay-Lussacov-og zakona  
Izvor: <http://mmarcus.fizika.org/samp/seminar26.php>

**Kleiperov zakon.** Ovaj zakon uzima u obzir sve promjene plina, tlak, volumen i temperaturu. Prema njemu tlak, volumen i temperatura prvobitnog stanja nekog plina jednaka je tlaku, volumenu i temperaturi istog plina u promijenjenom stanju ili  $P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$ .

**Realni plinovi.** U određenoj mjeri realni plinovi odstupaju od navedenih zakonitosti što ovisi o sastavu plina, njegovu tlaku i temperaturi pod kojom se u trenutku računanja nalazi. Kod normalnih okolnosti, tj. kod tlaka od 10 325 Pa, i 273.15 K, odstupanja su minimalna, pa se mogu i zanemariti. Brojčane se vrijednosti odstupanja u praksi ne računaju, već se uzimaju izračunati podaci uneseni u tablice. Brojčane vrijednosti odstupanja kreću se od 0,4-1. Masa jedne litre nekog plina dobije se tako da mu se molarna masa podijeli brojem 22,41.

**Molarna masa** nije stvarna (apsolutna) masa, već relativna. Ona je masa mola neke tvari, tj.  $n = m/M \rightarrow M = m/n$ .

**Gustoća plina.** To je broj koji nam pokazuje koliko je neki plin lakši ili teži od zraka mjereno pri tlaku od 1 bara i temperaturi od 0°C (gustoća zraka je 1).

**Apsolutna vlažnost plina.** Količina vodene pare sadržana u 1m<sup>3</sup> plina, je izražena u gramima zove se apsolutna vlažnost plina, ako je pritom plin zasićen vlagom. Ako plin nije zasićen vlagom, onda se govori o relativnoj vlažnosti. U tom slučaju vlažnost se označava kao relativan stupanj vlažnosti i izražava se u postocima.

**Vrelište plina.** Temperatura kod koje se plin pretvara u tekuće stanje pod tlakom od 1 bara, zove se vrelište. Ova je temperatura kod plinova daleko ispod 0°C. Ako je tlak plina veći od 1 bara, plin se pretvara u tekuće stanje i kod viših temperatura.

**Kritična temperatura plina.** Za svaki plin poznata je temperatura iznad koje se plin više ne može pretvarati u tekuće stanje makar imao i najveći tlak. Ova se temperatura zove kritična temperatura plina.

**Kritični tlak.** Tlak potreban da se plin kod kritične temperature pretvori u tekuće stanje zove se kritični tlak. Mjeri se u barima. Kod mnogih je plinova kritična temperatura vrlo niska.

Dakle, možemo zaključiti da plinovi toplinom povećavaju svoj volumen, a ukoliko ne mogu povećati volumen onda povećavaju tlak. Ovo je potrebno znati iz razloga kako bi posude mogli čuvati što sigurnije od izvora topline, jer bi ti izvori mogli biti uzročnici eksplozija.

## 1.2. Klasifikacija plinova

Sukladno odredbi Europskog sporazuma o cestovnom prijevozu opasnih roba u međunarodnom prijevozu (ADR), među plinove ubrajaju se komprimirani, tekući te duboko zamrznuti plinovi otopljeni pod tlakom.

Prema podjeli opasnih tvari po ADR-u (ADR- Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari u cestovnom prometu donijet je 30. rujna 1957. godine u Ženevi, a detaljnija pravila odnosno Prilozi "A" i "B" Sporazuma objavljeni su 1969. godine.). Plinovi spadaju u opasne tvari klase 2, a to su: tvari koje imaju pri 50° C tlak pare viši od 300 kPa i koje su kod 20° C i standardnog tlaka od 101,3 kPa u plinovitom stanju.

Tvari Klase 2 podjeljene su na:

- 1° Komprimirane plinove čija je kritična temperatura niža od 20° C (zrak, argon, helij)
- 2° Ukapljeni plinovi koji imaju kritičnu temperaturu minimalno 20° C (ugljičkov dioksid, butan)
- 3° Plinove pretvorene u tekućinu jakim hlađenjem (neon, kripton, ksenon)
- 4° Plinove koji su otopljeni pod tlakom (otopina amonijaka, otopljeni acetilen)
- 5° Posude za aerosol koje sadržavaju plin (aerosoli)
- 6° Druge predmete koji sadržavaju plin pod tlakom (aparati za gašenje požara)
- 7° Plinovi koji nisu pod tlakom
- 8° Prazne posude i prazne cisterne



Slika 3. Nezapaljivi, neotrovni plinovi

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)



Slika 4. Nezapaljivi, neotrovni plinovi

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)



Slika 5. Nezapaljivi, neotrovni plinovi

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)

Prema svojim kemijskim svojstvima plinovi su podijeljeni na:

- "A" Zagušljivi plinovi. Plinovi koji ne oksidiraju, ali smanjuju koncentraciju kisika u zraku (tetrafluormetan, argon, kripton, helij)
- "O" Oksidirajući plinovi. Plinovi koji pospješuju gorenje ostalih tvari (dušikov trifluorid, dušikov (II) oksid)
- "F" Zapaljivi plinovi. Plinovi koji su pri 20° C i kod standardnog tlaka 101,3 kPa zapaljivi u smjesi sa zrakom do kada u zraku ima 13% plina, te plinovi koji su zapaljivi u smjesi sa zrakom kada u zraku ima minimalno 12 % plina (metan, butan, ciklopropan, etan)

- "T" Otrovni plinovi. Plinovi koji na čovjeka djeluju tako da ugrožavaju njegovo zdravlje (metilbromid, insekticid)
- "TF" Otrovni i zapaljivi plinovi (naftni plin, etilenoksid, vodikov sulfid)
- "TC" Otrovni i nagrizajući plinovi (borov trifluorid, silicijev tetrafluorid, karbonil fluorid)
- "TO" Otrovni i oksidirajući plinovi (tekući plin, perklorilfluorid)
- "TFC" Otrovni, nagrizajući i zapaljivi plinovi (diklorosilan, metilklorosilan)
- "TOC" Otrovni, oksidirajući i nagrizajući plinovi (klorov trifluorid, bromov klorid)



Slika 6. Zapaljivi plinovi

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)



Slika 7. Zapaljivi plinovi

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)

Nadalje opasne tvari koje mogu biti u smislu ovog rada mogu biti i tvari klase 4.3, a to su tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove.



Slika 8. Tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)



Slika 9. Tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove.

Izvor: [http://www.signalizacija.org/listice\\_sigurnosti.html](http://www.signalizacija.org/listice_sigurnosti.html)

Tvari reagiraju s vodom pri čemu se voda razlaže i oslobađa se zapaljiv i eksplozivan plin vodik ili kao rezultat kemijske reakcije nastaje neki drugi zapaljivi plin.

Podijeljene su na:

- organske tvari, metaloorganske tvari i tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove (klorosilani, metildiklorsilan)
- anorganske tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove (baterije koje

sadržavaju natrij)

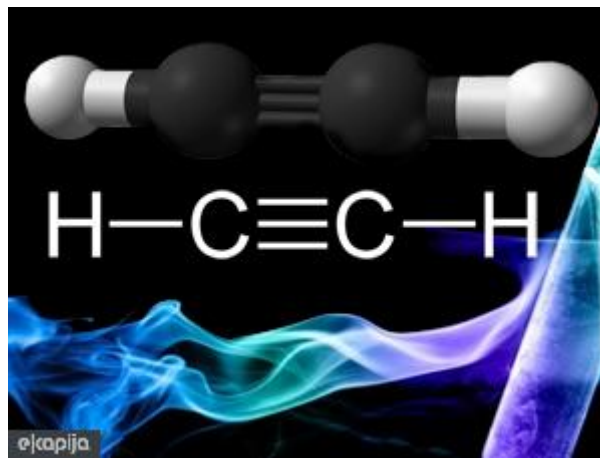
- prazna ambalaža

Prema stupnju opasnosti dijele se na:

- jako opasne tvari- ako pri sobnoj temperaturi tvar snažno reagira s vodom i pri reakciji nastali plin se upali, brzina stvaranja zapaljivog plina je 10 litara po minuti na 1 kilogram tvari
- opasne tvari- ako pri sobnoj temperaturi tvar snažno reagira s vodom, brzina stvaranja zapaljivog plina je 20 litara na sat na 1 kilogram tvari
- manje opasne tvari- ako pri sobnoj temperaturi pri dodiru s vodom tvar reagira, brzina stvaranja zapaljivog plina je 1 litra na sat na kilogram tvari.



## 2. ACETILEN



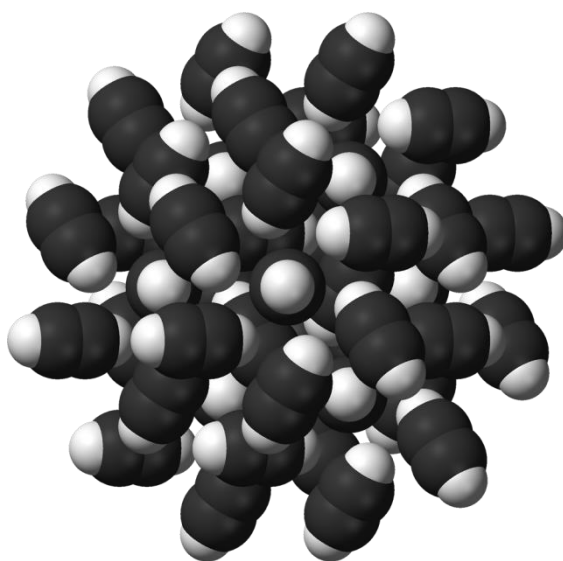
Slika 10. Molekula acetilena

Izvor: <http://www.ekapija.com/website/sr/search.php?terId=2&st=p&term=acetilen>

### 2.1. Osobine acetilena

Acetilen je po svom sastavu najjednostavniji nezasićeni ugljikovodik s trostrukom vezom formule  $\text{C}_2\text{H}_2$ . Prvi je član homolognog reda alkina. Molekula acetilena je linearna, izgrađena od dva atoma vodika i dva atoma ugljika. Na običnoj temperaturi i tlaku čisti acetilen je bezbojan plin, bez mirisa i lako zapaljiv. Plin je inače lakši od zraka, bez boje i okusa. Zapaljen na zraku, godi lijepim svijetlim (rijetko kad čađavim) plamenom. Goreći u atmosferi kisika daje vruć plamen (do  $3100^\circ\text{C}$ ). Tehnički acetilen ima svojstven oštar miris koji potječe od fosfora ili silicijumvodikovih spojeva. Na povišenim temperaturama acetilen se spontano raspada uz oslobađanje topline. Ova reakcija širi se lančano po masi acetilena i na kraju prelazi u eksploziju. Povišenjem tlaka snižava se temperatura na kojoj počinje raspadanje acetilena. S povećavanjem tlaka eksplozivnost acetilena raste, tako da je dovoljno 3% acetilena u smjesi sa zrakom da dođe do eksplozije. Isto tako pri zavarivanju ili rezanju bakra (Cu) ili srebra (Ag) dolazi do reakcije acetilena i spomenutih elemenata, te nastaju spojevi koji su eksplozivni pri udarcima ili povišenim temperaturama. Iz navedenih razloga potrebno je pridržavati se pravila koja vrijede za rukovanje s bocama acetilena i kisika u proizvodnji, transportu i skladištenju. Acetilen možemo komprimirati u praznu bocu samo do 1,3 bara nadpritiska. Kod većeg tlaka plin postaje nestabilan pa kod temperature od  $500-530^\circ\text{C}$  dolazi do raspada acetilena na sastavne dijelove. Zbog raspadanja oslobađa se velika količina energije koja povećava temperaturu što uzrokuje eksploziju boce, budući da se tlak povisio

dvanaestak puta. Granice eksplozivnosti nastale smjese vrlo su široke, jer se nalaze između 1,5 – 82vol.% u zraku i 2,3 – 93 vol.% u kisiku. Acetilen se burno spaja s klorom i drugim halogenim elementima i to tako da se eksplozija pri ovoj reakciji izaziva već i samim izlaganjem svjetlosti. Acetilen može biti i vrlo eksplozivan u spojevima s bakrom, srebrom, živom. Mogućnost eksplozivnog razlaganja acetilena smanjuje se ako se acetilen pomiješa s inertnim plinovima ili ako se otopi pogodnom otapalu. Acetilen se otapa u mnogim tekućinama, ali je najpogodniji i najviše je u stalnoj uporabi acetona. Dok 1 l vode otapa 1 l acetilena pri temperaturi od 20°C, u 1 litri acetona otopi se 20 litara acetilena.



Slika 11. Acetilen

Izvor: <http://sh.wikipedia.org/wiki/Acetilen>

## 2.2. Fiziološko djelovanje

Kod prisutnosti acetilena u zraku od oko 5% čistog acetilena, pri njegovu djelovanju nema štetnog učinka. Acetilen se nekada u smjesi s kisikom rabio i u medicini za narkozu, ali je napušten jer nakon buđenja ostavlja mučninu i glavobolju. U visokim koncentracijama acetilen dovodi do snižavanja koncentracije kisika u zraku pa može doći do gušenja. Pri koncentraciji od 20% acetilena u zraku, dolazi do smetnji pri disanju i glavobolje, a pri koncentraciji od 40% do gubitka svijesti, uz mogućnost i smrtnog ishoda zbog gušenja, ukoliko ugroženi ostane dulje u toj atmosferi. Kratkotrajno izlaganje atmosferi acetilena s kisikom ne ostavlja nikakve posljedice.

## **2.3. Najvažnije opasnosti i učinci acetilena**

Opasnost na ljudsko zdravlje:

- Nadražuje oči.
- Učestalo izlaganje može prouzročiti sušenje ili pucanje kože.
- Pare mogu izazvati pospanost ili vrtoglavicu.

Na okoliš:

- Nema podataka o štetnom djelovanju na okoliš
- Fizikalno-kemijski učinci:
- Zagrijavanje može uzrokovati eksploziju. Eksplozivno u dodiru ili

bez dodira sa zrakom. Vrlo lako zapaljivo.

## **2.4. Posebne opasnosti**

### **2.4.1. Glavni simptomi učinaka**

- Udisanje: Visoke koncentracije mogu uzrokovati gušenje zbog pada koncentracije kisika uzraku (hipoksija ). Simptomi mogu uključivati mučninu, glavobolju, gubitak pokretljivosti ili svijesti. Moguće je da unesrećeni nije svjestan asfiksije.
- Niske koncentracije mogu imati narkotički učinak sa simptomima: pospanost, mučnina, vrtoglavica, gubitak koordinacije.
- Koža: S obzirom na to da se acetilen u bocama nalazi otopljen u acetonu kontakt s tekućinom ne može prouzročiti smrzotine. Tekući aceton u kontaktu s kožom može izazvati crvenilo, svrbež, isušivanje kože, a otopljeni acetilen brzo prelazi u plinovito stanje.
- Oči: S obzirom na to da se acetilen u bocama nalazi otopljen u acetonu kontakt s tekućinom ne može prouzročiti smrzotine. Tekući aceton u kontaktu s očima izaziva crvenilo i pečenje , a otopljeni acetilen brzo prelazi u plinovito stanje.
- Gutanje: ne smatra se mogućim

### **2.4.2. Mjere za pružanje prve pomoći**

- Nakon udisanja: Opremiti se zaštitnom opremom za zaštitu dišnih putova. Unesrećenog iznijeti na svjež zrak. Utopliti ga. Ozlijeđeni mora potpuno mirovati u polusjedećem položaju. Ukoliko ne diše dati umjetno disanje. Osobu u nesvijesti položiti u bočni položaj, olabaviti ovratnik i tijesnu odjeću. Potražiti liječničku pomoć.
- Nakon dodira s kožom: Napustiti prostor. Ukoliko je došlo do kontakta s tekućinom ispirati velikom količinom mlake vode najmanje 10 minuta ili tako dugo dok se

kemikalija ne ukloni. Nakon toga skinuti kontaminiranu odjeću i obuću . Ukoliko je vidljiva iritacija kože ponoviti ispiranje i potražiti liječničku pomoć.

- Nakon dodira s očima: Ukoliko je došlo do kontakta s tekućinom isprati velikom količinom mlake tekuće vode ili fiziološke otopine. Potražiti liječničku pomoć,najbolje okulista.
- Nakon gutanja: Ne smatra se mogućim

#### **2.4.3. Napomena za osobu koja pruža prvu pomoć/liječnika**

- Pri prebacivanju unesrećene osobe u bolnicu sa sobom ponijeti sigurnosno-tehnički list

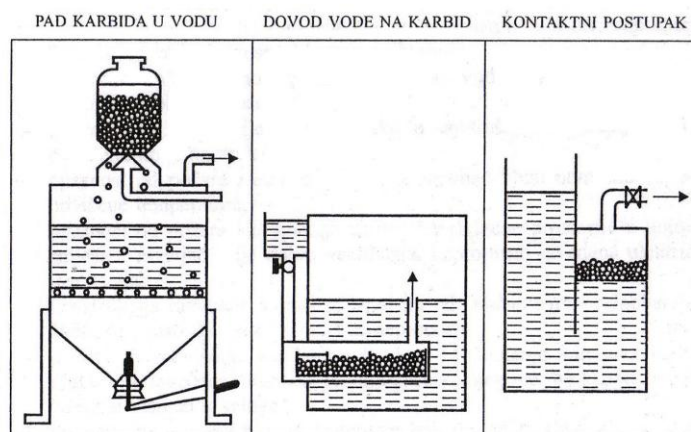
### 3. RAZVIJAČ ACETILENA

#### 3.1. Općenito o razvijaičima

Acetilen se dobiva u acetilenskim razvijaičima. Pod razvijaičima acetilena u smislu „Pravilnika o zaštiti na radu i o tehničkim mjerama za razvijaiče acetilena i acetilenske stanice“ (SL 29/67, 27/69. i 6/67.) podrazumijevaju se: pokretni (prijenosni) i nepokretni (stabilni) aparati za proizvodnju acetilena niskog tlaka (do 0,3 bara nadtlaka) i visokog tlaka (od 0,3 bara do 1,5 bara nadtlaka).

Ovi aparati proizvode acetilen na jedan od načina:

1. Padom kalcijeva karbida u vodu,
2. Dovodom vode na kalcijev karbid,
3. Naizmjeničnim dodirrom kalcijeva karbida i vode, odnosno potapanjem kalcijevog karbida odozgo ili dodirrom vode odozdo (kontaktni razvijaiči).



Slika 12. Primjeri razvijaiča

Izvor: I.Gulan: Protupožarna tehnološka preventiva, Zagreb 1997.

Metoda dobivanja karbida u vodu smatra se najsigurnijom, jer se tom metodom najbolje odvodi toplina reakcije koja se oslobađa prilikom razvijanja acetilena. Pod acetilenskom stanicom podrazumijevamo stabilno postrojenje za proizvodnju i razvod acetilena, koje se sastoji iz jednog ili nekoliko razvijaiča acetilena i cijevne mreže s odgovarajućom armaturom za razvod i uporabu razvijaiča na nekoliko radnih mjesta u jednoj ili više prostorija u krugu tvornice na radilištu.



Slika 13. Izgled razvijača

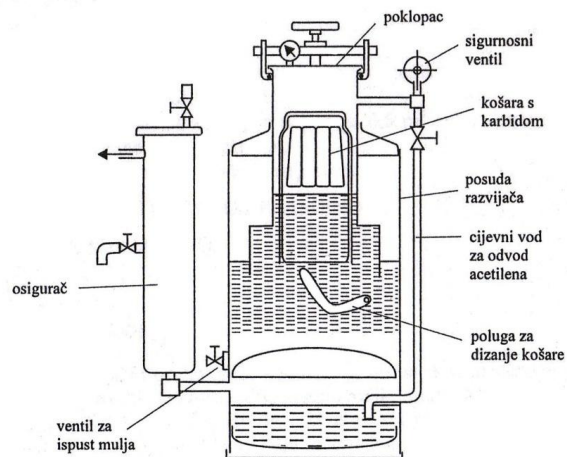
Izvor: <http://www.ergonomika.hr/vijesti/gostovanje-strucnjaka-ergonomike-u-makedoniji-na-trodnevnom-savjetovanju-o-izradi-procjene-opasnosti>

### 3.2. Opis rada acetilenskog razvijača

Razvijač se puni putem takozvanog otvorenog sustava. Čim se spremnik karbida isprazni (pokazivač) mora se ponovno napuniti. U tu svrhu pun kontejner karbida se pomoću dizalice podiže iznad spremnika za karbid. U nastavku se otvara zaporni poklopac spremnika i pušta se da karbid iz spremnika uđe u spremnik. Za vrijeme tog postupka (koji traje oko 20 sekundi), acetylen iz upadnog okna acetilenskog razvijača izlazi u atmosferu (oko  $0,5 \text{ m}^3$ ). Dok god je zaporni poklopac otvoren, potrebno je spriječiti prodiranje zraka u spremnik s karbidom što se postiže automatskim uvođenjem dušika u područje otvorenog zaklopca (inertizacija prostora).

Iz spremnika s karbidom, karbid se transportira pomoću pužnog prijenosa i dozira u spremnik razvijača napunjen vodom, gdje se rasplinjava u acetylen. Granulacija karbida obično je oko 15-25 mm, ali može biti i druge veličine. Vapneno mlijeko koje pri tome nastaje se preko cijevi za odvod vapna kontinuirano odvodi iz razvijača, a zatim do mjesta gdje se voda odvaja od vapna. Svježa procesna voda se u razvijač dovodi iz lagune sa procesnom vodom, tj. iz recirkulacijskog sustava.

Sirovi acetylen se odvodi iz razvijača kroz perač do gazometra, a tamo dopijeva do priključenih radnih jedinica. Upravljanje razvijačem odvija se preko 5 induktivnih rasklopnih kontakata na zvonu gazometra.



Slika 14. Razvijač

Izvor: I.Gulan: Protupožarna tehnološka preventiva, Zagreb 1997.



Slika 15. Izgled gazometra

Izvor: [http://www.mzoip.hr/doc/linde\\_plin\\_doo\\_karlovac.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/linde_plin_doo_karlovac.pdf)

Za sprečavanje nekontroliranog porasta tlaka u acetilenskom razvijaju sa strane je ugrađen spremnik vode kao osiguranje od porasta tlaka. Temperatura sirovog acetilena u razvijaju je oko 80 °C, dok je temperatura vode u razvijaju oko 70°C. Temperature se nadziru s po dva kontaktna termometra, koji ukoliko dođe do prekoračenja maksimalno dozvoljene temperature, isključuje iz rada acetilenski razvijaj.

U svrhu nadzora dovoda procesne vode do razvijaja u dovodnoj cijevi ugrađena je tlačna sklopka, koja u slučaju preniskog tlaka procesne vode ne dozvoljava uključivanje razvijaja.

Za ispiranje zraka odnosno acetilena iz razvijaja, i prije i poslije pregleda, na razvijaju se nalazi uređaj za inertiziranje dušikom.

### **3.3. Opasnosti i mjere opreza kod rada s razvijajem**

Izvor opasnosti predstavljaju opasne i štetne tvari koje su upotrebljavaju, prevoze i skladište u tvrtci, a koje u izvanrednim situacijama mogu dovesti do nesreće na lokaciji i uzrokovati oštećenja materijalnih dobara, veća ili manja onečišćenja okoliša te u najgorem slučaju stradavanja ljudi. Uzrokom opasnosti smatra se događaj, poremećaj u procesu ili pak propust djelatnika, a uslijed kojih se može osloboditi opasna tvar ili tvari iz koje mogu uzrokovati opasnost, te može doći do povezivanja u uzročno posljedični lanac događaja koji, iako svaki sam za sebe ne predstavljaju dovoljan uzrok ugroze, uslijed pretpostavljenog povezivanja događaja predstavljaju realnu opasnost. U dolje navedenoj tablici prikazani su mogući uzroci izvanrednih događaja.



Tablica 1. Tablica mogućih uzroka izvanrednih događaja.

<b>SKUPINA UZROKA</b>	<b>MOGUĆI UZROCI UNUTAR SKUPINE<sup>1</sup></b>
<b>LJUDSKI FAKTOR</b>	Nepažnja prilikom dopreme opasnih tvari, pretakanja i sl.
	Nepridržavanje uputa i nepažnja prilikoma rukovanja opasnim tvarima.
	Nepridržavanje mjera sigurnosti prilikom održavanja postrojenja.
	Nepoštivanje propisa i uputa o rukovanju i odžavanju postrojenja.
	Rukovanje instalacijama i uređajima na tehnički nedopušten način.
<b>POREMEĆAJI TEHNOLOŠKOG PROCESA</b>	Procesni ili drugi poremećaj prateće i sigurnosne opreme spremnika (električna oprema, sigurnosni ventili, odušci cjevovodi i sl.)
	Propuštanje spremnika
	Kvarovi većeg opsega na postrojenju i kvarovi opreme za pretovar ili pretakanje.
<b>PRIRODNE NEPOGODE JAČEG INTENZITETA</b>	Požar.
	Potres.
	Olujno i orkansko nevrijeme.
	Poledica.
<b>NAMJERNO RAZARANJE</b>	Organizirani kriminal, terorizam, sabotaže, psihički nestabilne osobe.

Rad s razvijaičima prate opasnosti koje slijede iz kemijskih osobina acetilena. Opasnost od povećanja tlaka u samom sakupljaču acetilena zbog nepravilnog rukovanja (previše vode) ili zbog kvara na uređaju (za održavanje sigurnosnih ventila) što dovodi do eksplozije razvijaiča. Svi razvijaiči su osigurani za slučaj predtlaka, odnosno ako bi došlo do začepjenja u cjevovodima ili razvijaiču. To osiguranje izvedeno je jednim predloškom koji u slučaju predlaka izbaci vodu iz zapore i pusti je van. Time je razvijaič rasterećen i tlak padne.

Opasnost od izlaska acetilena iz komore karbida, ako se dobro ne zatvori poklopac komore može prouzročiti požar u radnoj prostoriji kao i eksploziju razvijaiča. Opasnost od prekomjernog i naglog razvijanja acetilena u razvijaiču, ako je dodano više vode nego što je

dopušteno. To može dovesti do ispuštanja viška acetilena preko sigurnosnog ventila u radnu prostoriju, što može izazvati požar i eksploziju. Nesigurnost u radu ako je manometar u kvaru, opasnost od požara ili eksplozije ako se za vrijeme rada otvara poklopac komore za vodu, odnosno karbid. Opasnost od povratnog plamena ako u vodenom osiguraču nema propisane količine vode, opasnost od eksplozije razvijača, ako u unutrašnjost sakupljača dođe određena količina zraka.

Opasnost od požara i eksplozije ako je razvijač blizu otvorene vatre ili povišene temperature. Opasnost od požara i eksplozije uslijed neprikladne prostorije u kojoj je smješten razvijač (nije dobra ventilacija, nepropisno izvedena električna instalacija). Sva električna instalacija mora biti izvedena u „S“ izvedbi.

Konstrukcija razvijača mora biti izrađena od čeličnog lima odgovarajuće čvrstoće i rastezljivosti i mora biti nepropusna. Prostor za razvijanje acetilena s kutijom za punjenje kalcijeva karbida mora biti izvedena tako da je omogućeno njegovo lako ubacivanje i čišćenje vapnenog taloga. Metalna kutija treba biti od materijala koji pri udaru ili trenju ne stvara iskre (aluminij). Naprava za ubacivanje karbida mora biti od materijala koji pri udaru u čelik ne stvara iskre. Pri puštanju u rad razvijača poslije duljeg prekida rada razvijača, odnosno poslije većih popravaka neminovno je miješanje proizvedenog acetilena sa zrakom zaostalim u njegovoj unutrašnjosti. Nastala mješavina zraka s acetilenom vrlo je eksplozivna zbog čega na razvijaču mora postojati mogućnost ispuštanja smjese u slobodnu atmosferu. Svaki razvijač acetilena mora imati prečistač za odstranjivanje fizičkih primjesa u acetilenu. Za mjerenje tlaka u razvijaču acetilena i razvodnoj cijevnoj mreži smiju se upotrebljavati samo posebno građeni manometri. Na skali manometra za mjerenje tlaka acetilena mora biti otisnuta oznaka „Acetilen“. Cilindrična površina i stražnja strana kutije manometra mora biti obojana bijelom bojom. Manometri za mjerenje tlaka acetilena smiju se raditi od legure bakra (najviše 70% bakra). Pod prostorije u kojoj je smješten razvijač mora biti od nezapaljivog materijala koji ne stvara iskre pri udaru metalnih predmeta i mora biti zaštićen od vlage. Vrata prostorije u kojoj su smješteni razvijač acetilena i pomoćni uređaji razvijača moraju biti od nezapaljivog ili teško zapaljivog materijala, a izlazna vrata moraju se otvarati prema van. S obzirom na opasnost od eksplozije mješavnine acetilena sa zrakom, potrebno je čišćenje i punjenje razvijača karbidom obavljati pri dnevnoj svjetlosti. U slučaju da je potrebna električna rasvjeta, električna instalacija i električni uređaji moraju biti izvedeni u skladu s „Pravilnikom o standardima za protueksplozijsku zaštitu. (SL. 18/81.)

Provjetravanje prostorija u kojima se smješteni razvijači i pomoćni uređaji obavlja se prirodnim prozračivanjem. Izlazni otvor prozračivača treba se nalaziti na najvišem mjestu prostorije gdje postoji mogućnost prokupljanja eksplozivnih smjesa. U prostoriji se mora nalaziti sanduk s najmanje 0,5m<sup>3</sup> suhog pijeska na svakih 50 m<sup>2</sup> površine poda prostorije.

Na sredini razvijača mora biti ploča s natpisima: na slici broj 16. je prikazano „Zabranjena uporaba otvorenog plamena“:



Slika 16. Zabranjena uporaba otvorenog plamena

Izvor:

<http://www.termag.hr/ProductList/546/pg/117/ct/OpremaZaZastituNaRadu/lang/HR/Znakovi-zabrane.wshtml>

Na slici broj 17. je prikazano „Zabranjeno pušiti“:



Slika 167. Zabranjeno pušenje

Izvor:

<http://www.termag.hr/ProductList/546/pg/117/ct/OpremaZaZastituNaRadu/lang/HR/Znakovi-zabrane.wshtml>

#### 4. SUSTAV ZA PROČIŠĆAVANJE ACETILENA

Nakon što je acetylen proizveden, kemijski je nečist. Kao nečistoće pojavljuju se: sumporovodik, fosforovodik, arsenovodik, amonijak, metan i dr. Od spojenih kemijskih primjesa najviše su zastupljeni, sumporovodik ( $H_2S$ ), i fosforovodik ( $PH_3$ ) koji acetylen daju neugodan miris. Kako su ove tvari štetne u upotrebi prilikom varenja željeza i ostalih materijala, potrebno je acetylen očistiti od ovih primjesa. Čišćenje od kemijskih primjesa odvija se u posudama zvanim „čistači“.

Acetylen se čisti pomoću sumporne kiseline (90%), u dva tornja s kiselinom. Tornjevi su ispunjeni keramičkim granulatom (tzv. Berlova sedla), na čijoj se površini odvija reakcija sumporne kiseline s onečišćenjima u acetylenu. Pri tome acetylen prolazi kroz ispirać odozdo prema gore, u obrnutom smjeru od sumporne kiseline koja se u malim količinama dozira na granulat.

Svježa kiselina i istrošena kiselina skladište se u plastičnim kontejnerima zapremine 1000l, koji su smješteni u tankvane.

Nečistoće koje su iz acetylena reagirale u tekućine i soli razjeđuju se s potrošenom sumpornom kiselinom, koja je s vodom razrijeđena na 45%, i zagrijana na  $35^{\circ}C$ , te se atmosferski odvede u u zbirni spremnik.

Plinoviti proizvodi reakcije ( $SO_2$ ) nastali djelovanjem sumporne kiseline na onečišćenja acetylena se pranjem 4-8% natrijevom lužinom, iz tornja s lužinom uklanjaju iz struje plina. Lužina se pomoću pumpe iz spremnika usisava i preko razdjelnika ravnomjerno dovodi na dio tornja napunjenog granulatom.

Potrošena lužina umiješa se u vapneno mlijeko koje istječe iz razvijaača acetylena. Zamjenjuje se sa 45% svježom lužinom iz spremnika koja se u tornju s lužinom uz dodatak vode razjeđuje na oko 8%.

Završetak postrojenja za čišćenje čini separator lužine s priključenim gustim filtrom. Sam separator je napunjen prstenima koji pospješuju reakciju (Raschig prsteni). Gusti filter opremljen je punjenjem staklene vune koja sprečava povlačenje najsitnijih čestica nečistoće.

Prije samog postupka mokrog pročišćavanja u priključenom filteru s koksom iz plina se uklanjaju mehanička onečišćenja (npr. Vapneni prah i dijelovi ugljena) i odvaja se dio povučene vode.

Toranj s ispiračem i toranj s lužinom također kao i spremnici s kiselinom i lužinom nalaze se u kemijski otpornim kadama.

#### **4.1. Opis rada rashladnog sustava**

Prije ulaska u tornjeve za pročišćavanje acetilen se mora ohladiti, jer inače sa sobom unosi puno vlage u tornjeve. Ta vlaga tada reagira sa sumpornom kiselinom pa dolazi do porasta temperature u tornjevima, a time i do polimerizacije acetilena. Hlađenje acetilena se izvodi prolaskom kroz izmjenjivač topline. Budući da gradska voda ne može u dovoljnoj mjeri ohladiti plin, u tu svrhu se instaliraju dva rashladna uređaja čime se postiže dobro hlađenje. U zatvorenom sustavu cjevovoda nalazi se glikol koji u izmjenjivaču hladi acetilen. Taj se glikol hladi pomoću navedenih hladnjaka, koji se prilikom rada zagrijavaju pa je i njih potrebno dodatno hladiti. Kako bi se osigurao dugotrajan rad postrojenja s obzirom na to da je voda dosta tvrda i da bi s vremenom moglo doći do nakupljanja kamenca i začepljenja cjevovoda, na postrojenje se instalira uređaj za omekšanje vode koji radi na principu ionske izmjene. Omekšivač vode je automatski uređaj s tlačnom posudom i odvojenim spremnikom soli. Upravljanje radom omekšivača moguće je i na volumetrijski ili vremenski način, što se regulira pomoću upravljačkih ventila. Taj je ventil opremljen mikroprocesorom kojim je moguće regulirati pet različitih radnih ciklusa. Tlačna posuda koja se nalazi u sklopu jedinice omekšivača izrađena je od poliestera ojačanog staklenim vlaknima, a punjena visoko kvalitetnom kationskom smolom. Regeneracija se obavlja tabletiranom soli, a uređaj ima regulator izlazne tvrdoće vode. Sredstvo za hlađenje (mješavina vode i glikola) nalazi se u zatvorenom sustavu i tijekom procesa ne dolazi do ispuštanja.

#### **4.2. Komprimiranje acetilena**

Pročišćeni acetilen se komprimira pomoću klipnih kompresora hlađenih vodom koji komprimiraju na maksimalno 25 bara. Kompresori acetilena opremljeni su sigurnosnim ventilima prema svakom od tri stupnja kompresije. Dodatno je u svakom visokotlačnom acetilenskom cjevovodu između kompresora i sustava za sušenje ugrađena tlačna sklopka koja kod prekoračenja maksimalno dozvoljenog tlaka acetilena od 25 bara isključuje pripadajući kompresor.

### **4.3. Sušenje acetilena**

Vlaga koja u acetilenu ostane nakon kompresije uklanja se u dvama paralelnim sušačima acetilena. Ti sušači rade prema principu apsorpcije izmjeničnog tlaka. Vlažni acetylen s tlakom od 18 do 25 bara prolazi kroz uređaj za apsorpciju napunjen s molekularnim sitima. Pri tome molekularno sito preuzima vlagu iz acetilena (apsorpcija). Kada je nakon određenog vremena iscrpljen kapacitet prihvata vode, struja plina se prebacuje na paralelni, drugi uređaj za apsorpciju iste serije koji je spreman za prihvata vode.

Dok se drugi uređaj za apsorpciju punu vlagom, regenerira se punjenje molekularnih sita u prvom uređaju (desorpcija). To se odvija s malenom dijelom količine osušenog acetilena koja se s tlakom o 0,2 do 0,5 bara propušta kroz napunjeni prvi uređaj za apsorpciju i time se iz molekularnog sita izvlači vlaga. Mokri acetylen koji je nastao na taj način odvodi se prema usisnom cjevovodu kompresora, a tekućina iz acetilena se nakon kompresije odvodi kao kondenzat. Promjena režima rada oba uređaja za apsorpciju sa „sušenja“ na „regeneraciju“ slijedi automatski nakon namještenog vremena sušenja uz pomoć pneumatskog kontrolnog sistema.

### **4.4. Punjenje acetilena u boce, baterije i trailere**

Zavisno od postrojenja, može se postaviti više rampi za punjenje boca na koje se može postaviti po 50 boca te rampe za punjenje baterija i rampe za punjenje trailera. Baterija je skup od max. 16 boca spojenih na zajednički cjevovod, a trailer je skup od 126 boca spojenih na isti cjevovod, putem kojeg se obavlja punjenje i pražnjenje. Vrlo su pogodni za korištenje kod potrošača koji koriste velike količine acetilena, jer svaki trailer sadrži oko 945 kg acetilena. Za kontrolu napunjenih baterija u punionici koristi se podna vaga.



Slika 18. Punjenje acetilena u boce

Izvor: <http://www.ergonomika.hr/vijesti/gostovanje-strucnjaka-ergonomike-u-makedoniji-na-trodnevnom-savjetovanju-o-izradi-procjene-opasnosti>

Za dobivanje acetilena iz prepunjenih boca ili boca koje je potrebno ispitati ugrađuju se rampe za povrat plina i pražnjenje s najviše 16 priključaka. Acetilen koji se iz boca uzima na rampi za povrat i pražnjenje plina se pomoću spremnika za separaciju acetona i dva osigurača od povrata plamena odvodi do gazometra iz kojega se ponovno može puniti.

Sam postupak punjenja odvija se na slijedeći način:

- prazne boce koje treba ispitati odnosno odbaciti se izdvajaju,
- aceton koji je istekao prilikom potrošnje plina se nadodaje,
- boce se pune na rampi, a punjenje traje oko 10 sati,
- potrebna težina pune boce se kontrolira pomoću vage za boce,
- pune boce se otpremaju.

Princip punjenja jednak je i za boce i za baterije i za trailere.





Slika 19. Izgled boce punjene acetilenom.

Izvor: <http://www.njuskalo.hr/strojevi-alati-ostalo/boca-acetilen-oglas-3618145>



Slika 20. Opasnost od požara i eksplozije

Izvor: <http://www.linea.hr/proizvodni-program-znakovi-opasnosti/449/opasnost-od-pozara-i-eksplozije>



Slika 21. Opasnost od eksplozivne atmosfere

Izvor: <http://www.linea.hr/proizvodni-program-znakovi-opasnosti/449/opasnost-od-pozara-i-eksplozije>



Slika 22. Opasnost od eksplozije

Izvor: <http://www.linea.hr/proizvodni-program-znakovi-opasnosti/449/opasnost-od-pozara-i-eksplozije>

#### 4.5. Acetoniranje

Prilikom pražnjenja acetilenskih boca troši se dio acetona koji služi kao otapalo. Aceton služi isključivo za otapanje acetona u boci, a sve u namjeri da se može stlačiti određena količina acetilena i kako bi se mogla kontrolirati boca od neželjenih događaja, s obzirom da acetilen burno reagira na zraku i u kombinaciji s drugim spojevima. Prije svakog novog punjenja boca, manjak acetona se iz spremnika acetona uz pomoć pumpe nadopunjuje na vagi.

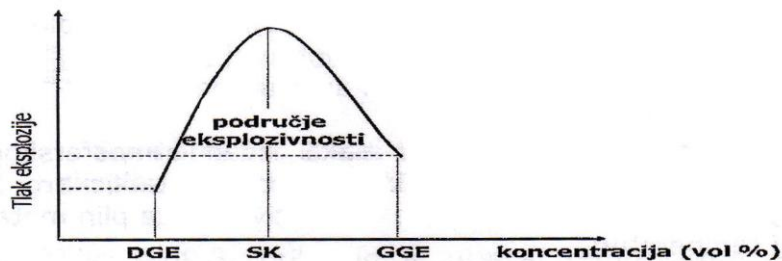
## 5. GRANICE EKSPLOZIVNOSTI

Sve kombinacije (sve zapaljive tvari i tvari koja podržava izgaranje), u intervalu zapaljivosti ili eksplozivnosti su zapaljive ili eksplozivne. Ako se ova smjesa zapali, plamen se vrlo brzo ili trenutačno proširi na čitavu masu smjese.

Eksplozija koja nastaje nakon zapaljenja eksplozijske smjese ovisi o koncentraciji zapaljivih plinova, para ili prašina u smjesi. Smjesa neće eksplodirati ako je koncentracija gorivog plina, pare ili prašine u smjesi u određenim uvjetima tlaka ili nadtlaka i početne temperature manja od donje granice eksplozivnosti (DGE) ili gornje granice eksplozivnosti (GGE). Ako su u smjesi koncentracije gorivog plina, pare ili prašine u smjesi sa zrakom (kisikom), prisutne u stehiometrijskoj količini (tj. ako kisika ima toliko i samo toliko koliko je potrebno za potpuno izgaranje), maksimalna se količina topline prenosi na minimalnu količinu produkta reakcije, te se postižu najviše temperature i nadtlak. Takva smjesa je najeksplozivnija-stehiometrijska smjesa.

Stehiometrijska smjesa je idealna smjesa gorive tvari i zraka kada je sagorijevanje potpuno. Tlak eksplozije takve smjese je najveći. Tlak eksplozije između DGE i GGE ovisi o koncentraciji zapaljivog plina, para zapaljive tekućine ili zapaljive prašine u zraku.

Eksplozija u znatnoj mjeri ovisi i o sadržaju kisika. U povećanoj koncentraciji kisika (u zraku) granice eksplozivnosti pomiču se u smjeru proširenja područja eksplozivnosti, dok se kod smanjenog postotka kisika (zraka) područje eksplozivnosti sužava. To znači da se DGE povećava, a GGE snižava.



Slika 23. Promjena tlaka eksplozije u ovisnosti o koncentraciji  
Izvor: Đ. Pavelić: Zapaljive i eksplozivne tvari, Zagreb, 2013.

Sve ovo odnosi se na zapaljive plinove, pare i prašine pomiješane sa zrakom na običnoj temperaturi i pod atmosferskim tlakom. S promjenom temperature i tlaka mijenjaju se granice eksplozivnosti, a prema tome i interval eksplozivnosti. Smjesa koja pod određenim uvjetima (nadtlak od 1013 mbara i temperature od 293K, 19,83°C) nije eksplozivna, može postati eksplozivna ako joj se povisi nadtlak i/ili temperatura, a eksplozijska smjesa prestaje biti ako joj se snizi nadtlak i/ili temperatura. Kod tlakova koji su u apsolutnoj vrijednosti niži od atmosferskog, interval zapaljivosti ili eksplozivnosti sužava se s opadanjem apsolutnog tlaka.

Povećanjem apsolutne vrijednosti tlaka iznad atmosferskog, proširuje se interval zapaljivosti i eksplozivnosti. Tvar nemože reagirati pri nekoj minimalnoj količini plina u zraku (DGE), jer nema tlaka eksplozije. S povećanjem koncentracije plina u zraku raste tlak eksplozije.

To znači da je eksplozivna reakcija najveća, a koncentracija plina jednaka je stehiometrijskoj koncentraciji plina. Koncentracija plina dalje raste, ali se tlak eksplozije ne povećava, već smanjuje što znači da je eksplozivna reakcija slabija.

Iznad gornje koncentracije plina u zraku (GGE), nema eksplozivne reakcije. Granice eksplozivnosti mijenjaju se i promjenom temperature. Što je temperatura viša, DGE je niža, a GGE viša te se i područje eksplozivnosti proširuje.

U području ispod donje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti koncentracije zapaljivog plina, pare ili prašine u zraku je vrlo mala. Kažemo da je smjesa ispod donje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti presiromašna (male količine zapaljive tvari-velike količine tvari koja podržava gorenje-kisika u zraku) da bi se uopće mogla zapaliti ili pak eksplodirati.

Takva smjesa može se koronarno „zapaliti“ (svijetliti) u tzv. „hladnom plamenu“ u izravnom ili neizravnom dodiru s izvorom energije paljenja, ali se takav plamen neće dalje proširiti na ostalu smjesu.

U području iznad gornje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti sadržaj zapaljivog plina, pare ili prašine u smjesi je prevelik.

Smjesa iznad gornje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti je prebogata (previše zapaljive tvari-premalo tvari koja podržava gorenje), da bi se uopće mogla zapaliti ili pak eksplodirati.

Granica zapaljivosti, eksplozivnosti i detonabilnosti obično se izražava u volumnim postotcima (vol%), za plinova i pare ili u ( $\text{g}\times\text{m}^{-3}$ ) zraka u slučaju prašina krutih gorivih, aerosola ili maglica. Zapaljive tvari imaju različite granice zapaljivosti odnosno eksplozivnosti ili detonabilnosti (imaju mogućnost eksplozije detonacijom).

Za primjer granice eksplozivnosti za acetilen, su od 1,5 -82 vol%. Interval eksplozivnosti (područje eksplozivnosti) za acetilen je vrlo širok i iznosi; 80,5 vol%.

Granice detonabilnosti za acetilen su od 1,5-94 vol%. Interval detonabilnosti za acetilen je vrlo širok i iznosi; 92,5 vol%. Iz ovih primjera proizlazi da acetilen u koncentraciji ispod 1,5 vol% u zraku ne eksplodira, jer u tom slučaju nedostaje zapaljivog plina. Kada koncentracije acetilena prelazi 82vol%, također ne postoji opasnost od eksplozije jer u tom slučaju nedostaje kisika. Unutar intervala eksplozivnosti, acetilen pomiješan sa zrakom eksplodira čim dođe u dodir i sa slabijim izvorom energije paljenja. Budući da acetilen ima vrlo široki interval zapaljivosti, eksplozivnosti i detonabilnost, velika je mogućnost stvaranja eksplozivnih smjesa.

Donja granica eksplozivnosti može se izračunati putem određene formule ako je poznata empirijska formula određenog organskog spoja, za zasićene i nezasićene ugljikovodike je to:

$DGE=6/nC + 0,2$ , gdje je nC-broj ugljikovih atoma. Gornja granica eksplozivnosti jednako tako se može izračunati pa je to;  $GGE=60/nH+nC/20+2,2$ , gdje je nH-broj vodikovih atoma koji se nalazi u lancu osnovnog spoja.

Zapaljivi plinovi u smjesi sa zrakom mogu stvarati eksplozivne koncentracije koje u slučaju eksplozije rezultiraju velikim rušilačkim učinkom nakon čega u pravilu nastaje požar. Izrazito obilježje za sve posude u kojima se drže plinovi (boce, kontejneri i slično) jest opasnost od eksplozije tih posuda, pa čak i u slučajevima kad je riječ o posudama namijenjenim za pohranu nezapaljivih plinova.

Osnovni uzroci koji mogu dovesti do „eksplozije“ posude u kojoj se drži određeni tehnički plin su:

- mehanički nedostaci u materijalu od kojega je izrađena posuda,
- smanjenje debljine stijenki posude do čega može doći zbog korozije,
- mehanički udari i lomovi,
- smanjenje čvrstoće materijala npr. pri niskim temperaturama,
- povećanje tlaka unutar posude do čega može doći zbog povećanja temperature plina, može biti izazvano insolacijom, a pogotovo nekim drugim izvorima topline

U požaru, kao i mnogim slučajevima postojanja visokih temperatura u kojima se mogu naći posude posebno veliku opasnost predstavljaju boce s acetilenom te boce s ukapljenim plinovima. Posude (boce) s ovim vrstama plinova sklone su eksploziji pri znatno nižim temperaturama od onih koje su opasne za eksploziju boca s komprimiranim plinom. Razlog ovim opasnostima ne sastoji se samo u povećanju tlaka zbog povećane temperature (u skladu s Gay-Lussacovim zakonom), nego i zbog naglog porasta isparavanja zbog povećanja temperature. Osim toga kod ukapljenih plinova dolazi do povećanja volumena tekuće faze. Dakle, s povećanjem temperature dolazi do različitih fizikalnih promjena stanja koje svaka za sebe i sve zajedno rezultiraju povećanjem tlaka. Sukladno tomu pri djelovanju temperature na posude u kojima se nalaze komprimirani plinovi do porasta tlaka dolazi samo zbog utjecaja temperature u skladu sa spomenutim fizikalnim zakonom.

Kod boca s acetilenom (otopljenog u acetonu) nagli skok povećanja tlaka dolazi pri temperaturama oznad  $70-75^{\circ}\text{C}$ . Razlozi naglog povećanja tlaka u ovim bocama mogu se tumačiti time što se topivost acetilena u acetonu naglo smanjuje s povećanjem temperature, tako na primjer pri temperaturi od oko  $100^{\circ}\text{C}$  topivost acetilena u acetonu praktično je

jednaka nuli. Zbog toga mora doći do eksplozije posude s acetilenom kad se njezin sadržaj zagrije na oko 100°C (ovdje treba razlikovati temperaturu na vanjskoj stijenci boce od stvarne temperature u njezinoj unutrašnjosti).



Slika 24. Izgled boce acetilena nakon eksplozije

Izvor: <http://officerofthewatch.com/2013/12/23/blowout-and-subsequent-fire-on-offshore-platform-investigation-report/>



Slika 25. Izgled opožarenog područja nakon eksplozija boca s acetilenom

Izvor: <http://officerofthewatch.com/2013/12/23/blowout-and-subsequent-fire-on-offshore-platform-investigation-report/>



Slika 26. Zapaljenje boce s acetilenom i zalijevanje vodom

Izvor: <http://www.musicamoviles.com/oKP49yhp89s/acetylene-tank-on-fire-fire-burning-cylinder/>



Slika 27. Zapaljenje acetilenske stanice s bocama acetilena

Izvor: <http://canaryperch.com/evac9McLain.html>





Slika 28. Zapaljena acetilenska stanica  
Izvor: <http://canaryperch.com/evac9McLain.html>



Slika 29. Izgled opožarene acetilenske stanice  
Izvor: <http://canaryperch.com/evac9McLain.html>

## 5.1. Uređaji za detekciju para i plinova

Za detekciju i mjerenje zapaljivih plinova i para tekućina u prostoru glede uporabe razlikujemo slijedeće vrste uređaja i to:

- prijenosni mjerni uređaji (prijenosni eksploziometri);
- polustacionarni uređaji (polustacionarni eksploziometri);
- stacionarni uređaji (stacionarni eksploziometri).

Prijenosni mjerni uređaji rabe se za otkrivanje i povremenu kontrolu koncentracija zapaljivih para i plinova. Neki od ovih modela opremljeni su uređajem za davanje zvučnog i svjetlosnog alarma.

Polustacionarni uređaji omogućuju ne samo otkrivanje, već i kontinuiranu kontrolu tijekom trajanja radnog procesa. U slučaju potrebe mogu se brzo instalirati na mjestu gdje je potrebno, te tamo ostaju samo ograničeno vrijeme. Veći broj ovih modela opremljen je uređajem za alarm.

Stacionarni uređaji namijenjeni su otkrivanju i stalnoj kontroli koncentracije zapaljivih plinova i para kroz određeni vremenski period. Pored mjerenja i uzbunjivanja mogu se koristiti i za kontrolu i regulaciju proizvodnih procesa.

Ovisno o vrsti plina ili pare i njihovim koncentracijama koriste se slijedeće mjerne metode: metoda katalitičkog izgaranja (učinak zagrijavanja);

- metoda toplinskog koefektiviteta (metoda toplinske vodljivosti);
- metoda kemisorpcije;
- metoda galvanskog učinka i
- metoda indeksa refrakcije.

U praksi se najčešće koristi metoda katalitičkog izgaranja za uređaje koji mjere koncentraciju zapaljivih ili eksplozivnih para ili plinova u koncentracijama ispod donje granice eksplozivnosti. Metoda katalitičkog izgaranja koristi se za prijenosne mjerne uređaje (eksploziometre). Glede načina uzimanja uzoraka smjese plina (pare)/zraka, postoje dva tipa ovih uređaja:

- detektori s priborom (uređajem) za usisavanje uzoraka plina (pare) i
- detektori koji uzorke zraka za detekciju dobivaju na principu difuzije.

## 5.2. Primjena acetilena

Zbog visoke temperature koju ima plamen acetilena, ovaj plin je praktično nezamjenjiv pri rezanju i pri plinskom zavarivanju metala. Temperature koje se tada razvijaju ovise o sastavu smjese i iznose.

- Za smjesu acetilen-zrak            2325°C (s 9% acetilena),
- Za smjesu acetilen-kisik        3235°C (s 44% acetilena).

Maksimalna brzina izgaranja acetilena s kisikom iznosi  $1350 \text{ cm} \times \text{s}^{-1}$ . Ova idealna svojstva acetilen-kisikovog plamena opravdavaju prednost rada,

- Kratko vrijeme zagrijavanja površine ,
- Mogućnost velike brzine rada,
- Neznatan potrošak plina i kisika.

Kod izgaranja s kisikom acetilen daje oštro omeđen stožasti neutralan plamen. Plamen na vrhu malog središnjeg bijelog stošca ima temperaturu od otprilike 3000°C.

Na tom mjestu plamen je gotovo isključivo ugljični monoksid (CO) okružen omotačem vodika ( $\text{H}_2$ ). Temperatura na vrhu plamena izuzetno je visoka te se vodik nemože spajati s kisikom. Plamen zbog toga ima dostatno visoku temperaturu da rastopi željezo i čelik, a ipak je dostatno reducirajući (ima vodika), da zaštiti rastopljeni metal od oksidacije za vrijeme zavarivanja.



Slika 30. Izgled plamena acetilena

Izvor: [http://hr.wikipedia.org/wiki/Plinsko\\_zavarivanje](http://hr.wikipedia.org/wiki/Plinsko_zavarivanje)

Acetilen se upotrebljava i u kemijskoj industriji kao sirovina za dobivanje vinilklorida, vinilacetata i vinilacetilena koji služe za proizvodnju plastičnih masa i umjetnog kaučuka.

### 5.3. Mjere sigurnosti i zaštite

Kad se acetilensko postrojenje prvi puta stavlja u pogon, a isto tako i poslije svakog otvaranja posuda za čišćenje plina ili razvijača, nakon završene montaže i zatvaranja posuda potrebno je takvo postrojenje prozračiti. Prije početka nove proizvodnje sve se posude i cjevovodi moraju zaštititi plinom. Zbog toga se na početku proizvedeni plin mora ispuštati vani, tako da plinom tjeramo skupljeni zrak iz cijelog postrojenja. Takvo propuhivanje obično traje pola do jednog sata, što ovisi o veličini posuda. Takvim se postupkom utjera sva količina zraka, koja se kod otvorenih posuda u njima zaustavila. Čistoća plina može se kontrolirati posebnim aparatom za određivanje prisutnosti zraka. Aparat radi na načelu vode, tj. 1 litra plina mora se apsorbirati s 1 litrom vode. Ukoliko ta količina nije apsorbirana, to je količina plina koja je ostala od zraka koji se još nalazi u plinu. Propuhivanje treba nastaviti sve dok zrak nestane iz plina. Kad je propuhivanje gotovo, tek tada stavljamo kompresor u pogon i počinje komprimiranje u boce. Priključne cijevi, koje dolaze od kompresora do pojedinih skupnih mjesta za punjenje, moraju biti osigurane povratnim ventilom, tako da u slučaju vatre iz boce povratni ventil sprječava širenje vatre po cjevovodima. Isto tako svako priključno mjesto osigurano je s još jednim takvim osiguračem tako da se i za slučaj pojedine boce sprječava širenje vatre u drugo boce ili cjevovode.

Prilikom punjenja boce se normalno griju: u zimi manje, a u ljetno doba više. Svako mjesto punjenja ima dovod hladne vode tako da se boce mogu tijekom punjenja hladiti. Ukoliko se koja boca i dalje zagrijava, potrebno ju je skinuti i odnijeti na udaljeno mjesto, te s vatrogasnom mlaznicom polijevati. Polijevanje može trajati nekoliko sati, sve dok se boca ne ohladi. Najbolje je bocu, ukoliko je to moguće, baciti u bazen napunjen vodom. U slučaju da se vatra pojavi kod priključaka ili na cjevovodima, najuspješnije se gasi pomoću aparata s CO<sub>2</sub>. Aparati moraju biti ispravni i stalno smješteni na određenom mjestu te lako dostupni, tako da se u svakom slučaju mogu staviti u pogon, odnosno obaviti gašenje. Svaka pristupnost vatre ili pušenja u takvim pogonima najstrože se zabranjuje. Nepozvanim osobama kretanje u takvim pogonima strogo je zabranjeno i takvi se pogoni moraju držati što više izolirano.

Prostori koji su izloženi eksplozivnom opasnošću moraju se osigurati dovoljnim brojem vatrogasnih aparata za gašenje prahom i dovoljnim brojem hidranata odnosno dobro raspoređenom hidrantskom mrežom.

U slučaju nesreće (zapaljenje, eksplozija) acetylen se smije gasiti vodom, ukoliko u blizini nema posuda s karbidom, a ako ima u tom slučaju gašenje vodom se najstrože zabranjuje, te se početno gašenje požara vrši aparatima s prahom ili ugljičnim dioksidom.

#### **5.4. Preventivne mjere za sprječavanje izvanrednog događaja**

U pogonima proizvodnje acetilena svi djelatnici dužni su poduzimati preventivne mjere kojima se sprječava mogućnost nastanka akcidentne situacije.

Preventivne mjere za sprečavanje nastanka izvanrednog događaja:

- Pravilno rukovanje u prometu s opasnim i otpadnim tvarima od proizvođača do mjesta skladištenja
- Pravilno skladištenje svih zapaljivih, eksplozivnih materijala te opasnih kemikalije
- Pravilna organizacija rada prilikom upotrebe opasnih tvari
- Pravilno odlaganje opasnih otpadnih tvari
- Uporaba propisanih zaštitnih sredstava

Potrebno je:

- Svakodnevno provoditi kontrolu ispravnosti svih elemenata skladišnog prostora
- Svakodnevno provoditi vizulanu kontrolu spremnika i ambalaže s opasnim tvarima
- Svakodnevno provoditi vizualnu kontrolu rada svih prometnih i radnih površina i parkirališnog prostora
- Jednom tjedno provoditi kontrolu ispravnosti opreme za provođenje interventnih mjera i neophodnih zaštitnih sredstava
- Provoditi sve preventivne mjere zaštite od požara i eksplozije

#### **5.5. Postupak u slučaju požara i eksplozija**

U tvrtkama koje se bave proizvodnjom acetilena (i ostalih opasnih tvari), potrebno je redovno provoditi mjere zaštite od požara. Sva raspoloživa sredstva i oprema se uključuju u akciju gašenja požara kako bi se već u početnoj fazi lokalizirao.

U tom cilju zadaće djelatnika su:

- Djelatnik koji je primjetio ili prouzročio nesreću dužan je sam ukloniti opasnost ukoliko je to moguće i obavijestiti voditelja distributivnog centra

- U slučaju da djelatnik sam ne može ukloniti opasnost, dužan je o tome obavijestiti voditelja
- Voditelj traži pomoć vanjskih snaga, JVP, hitna pomoć, stožer ZiS-a, preko centra 112
- Sve neovlaštene osobe udaljiti s mjesta nesreće
- U slučaju potrebe pružiti pomoć unesrećenima i sanirati nesreću
- Nakon sanacije, nesreća se analizira i na temelj analiz planiraju se buduće vježbe.

## **5.6. Mjere za suzbijanje požara**

### **5.6.1. Sredstva za gašenje požara:**

- Prikladna:
- Ukoliko nema opasnosti za okolinu, pustiti da izgori. U svim drugim slučajevima gasiti prahom, ugljikovim dioksidom ili raspršenom vodom ( svim sredstvima koja su prikladna za ostalo opožareno područje)

### **5.6.2. Protupožarne mjere za posebne opasnosti:**

- Ukloniti izvore paljenja , pozvati vatrogasce.
- Evakuirati sve osobe iz opasnog područja
- Ne ulaziti u opasno područje bez samostalnog uređaja za disanje i zaštitnog odijela.
- Ako je moguće zaustaviti istjecanje plina (ukoliko spremnici ne gore- nisu vrući )

### **5.6.3. Posebne metode za gašenje požara:**

- Zagrijavanje zatvorene posude ( boce pod tlakom) može uzrokovati eksploziju (temperatura iznad 52 °C). Posude ukloniti iz područja gorenja. Ako to nije moguće spremnike hladiti raspršenom vodom iz zaklonjenog položaja te paziti na sigurnosni razmak zbog mogućnosti eksplozije

### **5.6.4. Posebna oprema za zaštitu vatrogasaca:**

- Samostalni uređaj za disanje na stlačeni zrak s otvorenim krugom (HRN EN 137, HRN EN402, HRN EN 1146) ili sa zatvorenim krugom (HRN EN 145, HRN EN 400, HRN EN 401, HRN EN 1061), zaštitno odijelo

## **5.7. Mjere kod slučajnog ispuštanja**

### **5.7.1. Osobne mjere opreza:**

- Napustiti zahvaćeno područje. Za neophodne aktivnosti u zahvaćenom području upotrijebiti zaštitnu opremu. Ne ulaziti u kanale, podrumne i druge prostore u kojima može biti opasna akumulacija plina

### **5.7.2. Mjere zaštite okoliša:**

- Pokušati zaustaviti istjecanje proizvoda

### **5.7.3. Metode čišćenja i skupljanja:**

- Prozračiti prostoriju

### **5.7.4. Dodatna upozorenja:**

- Provesti evakuaciju ukoliko je potrebno. Osigurati adekvatno prozračivanje. Osposobiti zaposlenike za rad na siguran način.
- Poštivati zaštitne mjere

## **6. KONSTRUKCIJSKI MATERIJALI**

Oprema i cjevovodi za acetylen trebaju biti napravljeni isključivo od čelika ili kovanog željeza. Lijevano željezo se ne smije upotrebljavati.

Pod određenim uvjetima acetylen gradi eksplozivne spojeve s bakrom, srebrom i živom zbog čega se ovi metali i njihove legure ne smiju upotrebljavati. Dopuštena je samo upotreba mesina s manje od 70% bakra i nekih legura nikla. Prisutnost vlage ili drugih korozivnih materijala može smanjiti ove granice, zbog čega pri uporabi ovih legura treba biti kranje oprezan.



## 7. ZAKLJUČAK

Opći razvitak tehnike i tehnologije te uvođenje novih tehnoloških procesa i uporaba novih materijala, kao i dobivanje novih produkata koji mogu biti požarno opasni zahtijevaju sve bolju i organiziraniju zaštitu od požara. Mogućnosti pojave i nastanka požara nemžemo u potpunosti isključiti, ali odgovarajućim preventivnim mjerama možemo utjecati na njihovo smanjenje ili rano otkrivanje.

Plin acetilen je u industriji praktično nezamjenjiv. Primjenjuje se kod acetilenskog plamena u tehnici zavarivanja i rezanja metala. Ima višestruku primjenu u kemijskoj industriji za proizvodnju intermedijera i gotovih proizvoda, za proizvodnju specijalne čađi, za rasvjetu, za rasvjetu svjetionika itd. Acetilen služi kao ishodišna tvar za proizvodnju boja, lijekova, otapala, polimernih materijala, umjetnih kaučuka, itd. Nekada se koristio i u medicini za narkozu.

Možemo vidjeti dakle da je acetilen jedan od navažnijih plinova koji se koristi u industriji, zbog svojih svojstava, može se koristiti i kao alternativa drugim gorivima. Međutim, samo rukovanje i manipulacija acetilenom nije niti približno tako jednostavno. Zbog svojih svojstava acetilen je vrlo opasan medij koji pri pogrešnoj ili nestručnoj uporabi može dovesti do zapaljenja ili eksplozija. A takve eksplozije mogu imati vrlo razorne i katastrofalne učinke.

Primjenjujući osnovna pravila ponašanja pri proizvodnji acetilena i njegovoj uporabi te koristeće pouzdane materijale i provjerene tehnike manipulacije, te opasnosti mogu se smanjiti na minimum.

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1. Princip Boyle-Marrioeov-og zakona.....	5
Slika 2. Princip Gay-Lussacov-og zakona .....	5
Slika 3. Nezapaljivi, neotrovni plinovi.....	7
Slika 4. Nezapaljivi, neotrovni plinovi.....	8
Slika 5. Nezapaljivi, neotrovni plinovi.....	8
Slika 6. Zapaljivi plinovi .....	9
Slika 7. Zapaljivi plinovi .....	9
Slika 8. Tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove .....	10
Slika 9. Tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove .....	10
Slika 10. Molekula acetilena .....	12
Slika 11. Acetilen .....	13
Slika 12. Primjeri razvijača .....	16
Slika 13. Izgled razvijača .....	17
Slika 14. Razvijač.....	18
Slika 15. Izgled gazometra .....	18
Slika 17. Zabranjeno pušenje .....	23

## 9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Tablica mogućih uzroka izvanrednih događaja.....	20
---	----

## 10. LITERATURA

- [1.] Pavelić: Zapaljive i eksplozivne tvari, Zagreb, 2013.
- [2.] Gulan: protupožarna tehnološka preventiva, Zagreb 1997.
- [3.] Zakon o prijevozu opasnih tvari NN 97/93
- [4.] Pravilnik o zaštiti na radu i tehničkim mjerama za razvijanje acetilena i acetilenskim stanicama SL 29/67, 27/69. i 6/67
- [5.] Zakon o zaštiti od požara NN 92/10
- [6.] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima NN 108/95
- [7.] Ministarstvo zaštite i okoliša prirode, http link:  
[http://www.mzoip.hr/doc/linde\\_plin\\_doo\\_karlovac.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/linde_plin_doo_karlovac.pdf), 23.03.2015.
- [8.] Messer d.o.o http link, <http://www.messer.hr/sheet/STL-Acetylen-aceton-odobreno.pdf>, 23.03.2015.