

# MJERE ZAŠTITE PROSTORA UGROŽENOG EKSPLOZIVNOM ATMOSFEROM U RAZLIČITIM POSTROJENJIMA

---

Pocrnčić, Antonia

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:128:042925>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



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

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite od požara

Antonia Pocrnčić

**MJERE ZAŠTITE PROSTORA  
UGROŽENOG EKSPLOZIVNOM  
ATMOSFEROM U RAZLIČITIM  
POSTROJENJIMA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2019.

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

Antonia Pocrnčić

**MJERE ZAŠTITE PROSTORA  
UGROŽENOG EKSPLOZIVNOM  
ATMOSFEROM U RAZLIČITIM  
POSTROJENJIMA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Zvonimir Matusinović v.pred.

Karlovac, 2019.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Antonia Pocrnčić

**MEASURES FOR PROTECTING AREAS  
THREATENED BY EXPLOSIVE  
ATMOSPHERES IN DIFFERENT PLANTS**

FINAL PAPER

Karlovac, 2019.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: sigurnosti i zaštite.....  
(označiti)

Usmjerenje: sigurnost i zaštita od požara.....Karlovac, 2019.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Antonia Pocrnčić..... Matični broj:0415616063.....

Naslov: Mjere zaštite prostora ugroženog eksplozivnom atmosferom u različitim postrojenjima

Opis zadatka:

Navesti načine zaštite prostora ugroženih eksplozivnom atmosferom.

Prikazati što i na koji način može djelovati kao uzročnik paljenja.

Prikazati kategorizaciju prostora.

Prikazati obveze poslodavca i proizvođača.

Prikazati na primjeru zaštitu ugroženog prostora.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

.....2.7.2019.....

.....1.10.2019.....

.....16.10.2019.....

Mentor:

dr.sc. Zvonimir Matusinović, v.pred

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Nikola Trbojević, prof. v.š.

# PREDGOVOR

Zahvaljujem se mentoru dr.sc. Zvonimiru Matusinoviću, na strpljenju, savijetima i pomoći tijekom izrade ovog rada.

Posebno bih željela izraziti zahvalnost svojoj obitelji, posebice roditeljima Ivi i Ankici, sestrični Valentini te sestri Antoneli na strpljenju i podršci tijekom studija.

Zahvaljujem kolegama i prijateljima koji su mi pomagali, podržavali me i učinili ove 3 godine studija ljepšima. Također se želim zahvaliti mentoru prakse stuč.spec.ing.el. Nikoli Nucaku, koji mi je ustupio temeljnu literaturu za ovaj rad te mi također bio velika podrška.

Na kraju se zahvaljujem kolegama iz tvrtke ŠIMUN J.D.O.O. na dokumentaciji koja mi je poslužila kao praktični primjer u ovom radu.

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je prikazati mjere zaštite od potencijalne opasnosti paljenja eksplozivne atmosfere u prostorima gdje je ona stalno prisutna, kao i u onim prostorima gdje postoji opasnost od stvaranja takvih uvijeta. Objašnjena su temeljna načela, propisi i norme te električna i neelektrična oprema koja predstavlja mogući izvor paljenja eksplozivne atmosfere. Pojašnjena je klasifikacija prostora i određivanje zona kao jedan od temeljnih koraka koji su potrebni za osiguranje takvih prostora. Navedene su obveze poslodavaca te je izraženo održavanje opreme, također, kao jedan od glavnih elemenata zaštite. Nabrojane su mjere koje se mogu poduzeti za spriječavanje paljenja eksplozivne atmosfere te je obrađen primjer manjeg postrojenja u kojem je provedena evaluacija zaštite.

**Ključne riječi:** eksplozija, eksplozivna atmosfera, prevencija, klasifikacija, oprema, mjere zaštite, preopterećenje, osposobljavanje

## SUMMARY

The main focus of this paper is to present measures for protection against potential activation of explosive atmospheres in the areas where it is present. Basic principles, regulations and norms are explained, as well as electrical and non-electrical equipment that can be a source of ignition of an explosive atmosphere. The classification of space and the designation of hazardous zones is presented and clarified as one of the basic steps required to secure such space. The main tasks of employers are stated and are highlighted in maintaining equipment, also as one of the main elements of protection. Measures of protection they can take to prevent the ignition of explosive atmospheres are listed, added is the example of a smaller facility where a safety evaluation has been conducted.

**Key words:** explosion, explosive atmosphere, prevention, classification, equipment, security measures, overcharge, training



# SADRŽAJ

Stranica

|  |     |
|--|-----|
| <b>PREDGOVOR</b> .....   | I   |
| <b>SAŽETAK</b> .....   | II  |
| <b>SUMMARY</b> .....   | III |
| <b>SADRŽAJ</b> .....   | IV  |
| <b>1. UVOD</b> .....   | 1   |
| 1.1. Predmet i cilj rada .....                                     | 1   |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljana.....                     | 1   |
| <b>2. OSNOVNI POJMOVI PROTUEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE</b> .....          | 2   |
| 2. 1. Eksplozivna atmosfera .....                                  | 3   |
| 2.2. Područje eksplozivnosti .....                                 | 3   |
| 2.3. Temperatura paljenja.....                                     | 4   |
| 2.4. Izvori paljenja smjese.....                                   | 5   |
| <b>3. NAČELA PRIMJENE PROTUEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE I OPREME</b> ..... | 6   |
| 3.1. Općenito .....  | 7   |
| 3.1.1. Ex-agencija.....  | 8   |
| 3.1.2. IEC (International Electrotechnical Commission).....        | 8   |
| 3.2. Temeljna načela, propisi i norme .....                        | 9   |
| 3.3. Elektro energetske instalacije.....                           | 11  |
| 3.4. Protueksplozijski zaštićena oprema .....                      | 12  |
| <b>4. KLASIFIKACIJA PROSTORA</b> .....                             | 13  |
| 4.1. Određivanje zona .....  | 14  |
| 4.2. Klasifikacija prema ventilaciji .....                         | 16  |
| <b>5. ZAŠTITA PROSTORA UGROŽENIH EKSPLOZIVNOM ATMOSFEROM</b> ..... | 17  |
| 5.1. Obveze poslodavca .....                                       | 18  |
| 5.2. Električna zaštita .....                                      | 20  |
| 5.2.1. Zaštita od preopterećenja .....                             | 20  |
| 5.2.2. Zaštita od zemljospoja.....                                 | 22  |
| 5.2.3. Zaštita od kratkig spoja .....                              | 23  |
| 5.2.4. Zaštita od opasnih napona .....                             | 23  |
| 5.3. Oklapanje "d" .....   | 24  |

|  |    |
|--|----|
| 5.4. Povećanja sigurnost „e“ .....   | 25 |
| 5.5. Samosigurnost „i“ .....   | 26 |
| 5.6. Oblaganje „m“ .....   | 27 |
| 5.7. Uranjanje „o“ .....   | 28 |
| 5.8. Nadtlak 'p' .....   | 29 |
| 5.9. Punjenje „q“ .....  | 29 |
| 5.10. Zaštita kućištem „t“ .....   | 31 |
| 6. ODRŽAVANJE OPREME I INSTALACIJA .....                                   | 31 |
| 7. PRIMJER PRIMJENE PROTUEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE U TVRTCI ŠIMUN J.D.O.O. .... | 33 |
| 8. ZAKLJUČAK.....  | 35 |
| POPIS SLIKA .....  | 38 |
| POPIS TABLICA.....   | 38 |

# 1. UVOD

Eksplzija je brza kemijska reakcija popraćena praskom, oslobađanjem velikih količina toplinske energije i povećanjem volumena zbog nastanka plinovitih produkata. Tijekom eksplozije dolazi do velikog porasta tlaka na mjestu gdje je ona izazvana. Učinci eksplozije su razarajući te se ona definira, slično izgaranju, kao nekontrolirano širenje čestica. Pod kontroliranim širenjem podrazumijeva se ekspanzija, primjerice benzina, u cilindru motora. U ovom radu bit će definirana eksplozivna atmosfera i vrste opreme koja može uzrokovati eksploziju te kako to spriječiti. Prema primjerima ćemo vidjeti kako se u procesu koriste načini zaštite i uočiti razlike među njima.

## 1.1. Predmet i cilj rada

Prikazati komponente koje prijete paljenju eksplozivne atmosfere te navesti načine zaštite u prostorima koji su ugroženi eksplozivnom atmosferom. Također će biti prikazano što i na koji način može djelovati kao uzročnik paljenja, kategorizacija prostora, obveze poslodavaca i proizvođača i-tđ.

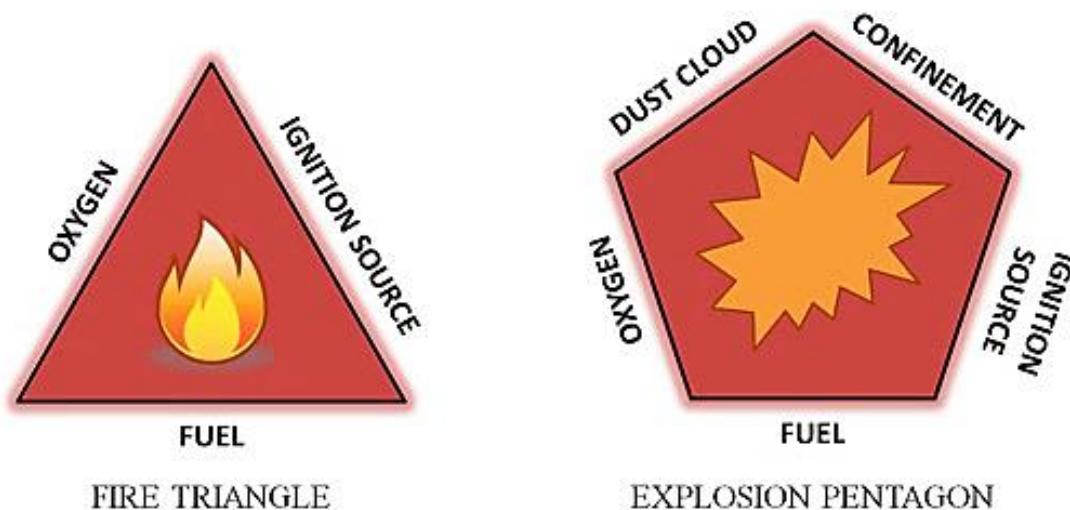
## 1.2. Izvori podataka i metode prikupljana

Podaci koji su korišteni u ovom radu prikupljeni su sa stranica koje se bave izradom opreme za eksplozivne atmosfere i općenito prostore u kojima postoji opasnost od eksplozije. Također sa stranih i domaćih stranica koje se bave istraživanjem eksplozivne atmosfere. Temeljni izvor podataka za ovaj rad su priručnici pod nazivom „Oprema i instalacije za eksplozivnu atmosferu“ autora Nenada Marinovića.

## 2. OSNOVNI POJMOVI PROTUEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE

Pojam eksplozivne atmosfere se često susreće u industriji. Posebno u kemijskim tvornicama, rafinerijama, radionicama lakova i boja, pogona za skladištenje i preradu zapaljivih krutih tvari, tekućina i plinova. Eksplozija je brza oksidacija odnosno trenutno oslobađanje energije popraćeno vrlo brzim oslobađanjem toplinske energije sa pojavom plinova i para kao produkata pod tlakom. U mjestu gdje postoji opasnost od nastanka eksplozije potrebno je sagledati sve potencijalne mogućnosti te uvijete rada koji bi mogli dovesti do stvaranja eksplozivne atmosfere i same eksplozije.[1]

Dakle, kod tehnoloških postupaka koriste se tvari, bile one u plinovitom, tekućem ili krutom obliku, mogu izazvati štetne posljedice za ranike i okolinu. U procesu pri kojem se koristi lako ispariva tekućina nastat će smjesa sa zrakom koja može biti potencijalno eksplozivna. Sitne čestice krutih tvari, odnosno razne prašine, mogu tvoriti eksplozivnu smjesu sa zrakom.



Slika 1. Prikaz trokuta gorenja (lijevo) i eksplozijskog peterokuta (desno).[2]

Slikom su prikazani uvjeti za nastanak eksplozije sa prikazom ostalih uvjeta koji, ako su prisutni, mogu rezultirati puno većom eksplozijskom reakcijom (Slika 1). Na prvom primjeru lijevo vidimo primjer vatrenog trokuta koji sadrži tri kriterija: oksidacijsko sredstvo tj. kisik, izvor paljenja i gorivo, odnosno gorivu tvar. Desno se nalazi peterokut koji sadrži iste čimbenike s dodatkom oblaka prašine i zatvorenog prostora koji tvore odnosno u kombinaciji dovode do eksplozije.[1]

## 2. 1. Eksplozivna atmosfera

Eksplozivna atmosfera definira se kao smjesa zapaljive tvari koja je u obliku para, plinova ili prašina u smjesi sa zrakom, u kojoj se nakon izlaganja izvoru paljenja izgaranje širi kroz cijelu smjesu. Do eksplozive atmosfere može doći ukoliko zapaljivi plinovi, pare, tekućine počnu nekontrolirano istjecati ili ako se rasprši zapaljiva prašina u postrojenju. Upravo takva mješavina zapaljivih tvari sa zrakom formira se eksplozivna atmosfera.[1]

## 2.2. Područje eksplozivnosti

Opasnost od nastanka eksplozije se može odrediti prema granicama eksplozivnosti, temperaturi paljenja i/ili samozapaljenja, granulometrije (kod prašine), minimalne energije za potpaljivanje... U slučaju da je koncentracija tvari takve smjese unutar granica eksplozivnosti, odnosno u području eksplozivnosti, uz aktivan izvor paljenja smjesa se može zapaliti i uzrokovati eksploziju.

- **Donja granica eksplozivnosti** – je minimalna koncentracija zapaljivih plinova, para, tekućina ili prašine koja sa zrakom može izazvati eksploziju.
- **Gornja granica eksplozivnosti** – je maksimalna koncentracija zapaljivih plinova, para, tekućina ili prašine koja sa zrakom može izazvati eksploziju.

Kada je koncentracija van područja eksplozivnosti, odnosno van ovih granica, do eksplozije ne može doći. Ukoliko je ispod, koncentracija nije dovoljna, a ukoliko je iznad, smjesa je prebogata te nema dovoljne količine kisika za eksploziju. Tlak i temperatura također imaju utjecaj na granice zapaljivosti. Veća temperatura kao rezultat ima snižavanja donje i povišenja gornje granice eksplozivnosti, a povisivanje tlaka rezultira povećanjem obiju vrijednosti. Informacije o granicama eksplozivnosti dane su u sigurnosno tehničkom listu koji opskrbljuje proizvođač ili distributer određene zapaljive tvari ili proizvoda ili u nekom drugom izvoru informacija.[1]

### 2.3. Temperatura paljenja

Sljedeći od glavnih uvjeta da nastane eksplozijska reakcija je temperatura paljenja. Kod nastanka eksplozivne smjese zadovoljavaju se 2 od 3 uvjeta za nastanak eksplozije, izuzevši izvor paljenja, odnosno topline koji na smjesu prenosi određenu dovoljnu količinu topline kako bi se dosegla temperatura paljenja. Plinovi i pare su razvrstani u temperaturne razrede radi lakšeg odabira zaštitnih mjera. Dakle, razvrstane su u šest temperaturnih razreda, kao što je prikazano u tablici (Tablica 1). Što je viši razred, veća je i opasnost zbog sve niže temperature paljenja.

Tablica 1. Temperaturni razredi plinova.[1]

| Temperaturni razred | Plinovi i pare s temperaturom paljenja iznad °C |
|---------------------|---|
| <b>T1</b>           | <b>450</b>                                      |
| <b>T2</b>           | <b>300</b>                                      |
| <b>T3</b>           | <b>200</b>                                      |
| <b>T4</b>           | <b>135</b>                                      |
| <b>T5</b>           | <b>100</b>                                      |
| <b>T6</b>           | <b>85</b>                                       |

Primjerice neki protueksplozijski uređaj sa oznakom T3 se pri radu ne zagrijava na temperaturu višu od 200°C na mjestu dodira sa eksplozivnom atmosferom. To znači da se taj uređaj može koristiti na mjestima pojave zapaljivih plinova i para iz razreda T1-T3 zbog viših temperatura paljenja, dok se kod plinova i para nižih temperaturnih razreda takav uređaj na smije koristiti.[1]

## 2.4. Izvori paljenja smjese

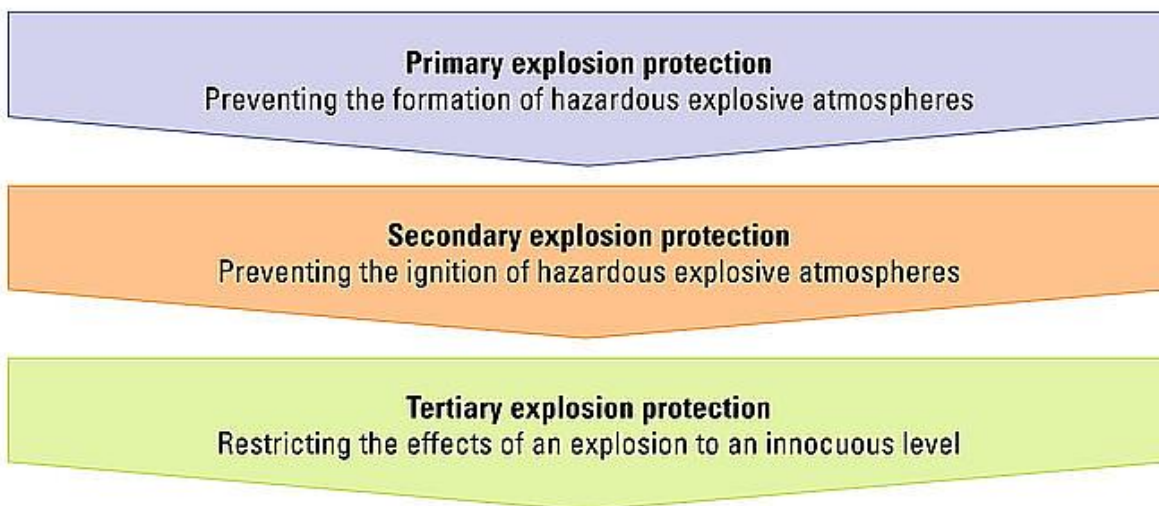
Uzročnici paljenja na eksplozivnu smjesu mogu prenjeti dovoljne količine topline da pokrenu proces paljenja te smjese, u ovom slučaju eksploziju. Uzročnici paljenja karakteristični su po stvaranju visokih temperaturnih iznosa iznad temperature paljenja. U sljedećoj tablici 2. prikazani su neki izvori paljenja sa primjerima.[1],

Tablica 2. Izvori paljenja sa primjerima.[3]

| IZVOR PALJENJA          | PRIMJER  |
|-------------------------|--|
| Vruće površine          | Vruća površina uređaja, kočnice  |
| Plamen i vrući plinovi  | Ispuh motora s unutarnjim izgaranjem   |
| Iskre                   | Mehaničke i električne iskre   |
| Lukovi                  | Kratki spojevi, uklop/isklop prekidača                                       |
| Statički elektricitet   | Strujanje fluida kroz plastičnu cijev, sintetička odjeća, remenski prijenosi |
| Udar groma              | Atmosfersko pražnjenje   |
| Ionizirajuća radijacija | Radioaktivni materija, x-zrake   |
| Egzotermna reakcija     | Kemijska reakcija  |

### 3. NAČELA PRIMJENE PROTUEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE I OPREME

Protueksplozijski zaštićena električna i neelektrična oprema čini skupinu električnih i neelektričnih uređaja i instalacija posebne izvedbe namijenjenih za rad u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom zapaljivih para, plinova, maglica, prašina vlaknaca i zraka u normalnim atmosferskim uvjetima. Tu opremu nazivamo Ex-oprema, ranije poznata pod nazivom S-oprema. „Ugroženi prostori“ (eng. „potential explosive atmosphere“) je termin kojim se opisuju takvi prostori te ćemo taj naziv koristiti kroz ovaj rad. [4] Na slici navedeni su primarni, sekundarni i tercijalni način prevencije eksplozije. Primarni jest prevencija stvaranja eksplozivne atmosfere, sekundarni je prevencija paljenja eksplozivne atmosfere u slučaju njena formiranja te smanjenje efekata eksplozije na najmanju moguću razinu kao tercijalni način zaštite koji se integrira.[4]



Slika 2. Integrirana zaštita od eksplozije.[5]



### 3.1. Općenito

Normalni atmosferski uvjeti su uvjeti gdje se atmosferski tlak podrazumijeva do nadmorske visine od 2000 m na temperaturama od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$ . U takvim uvjetima koristi se oprema koja ne može biti uzročnik paljenja eksplozivne atmosfere. Potencijalnim uzročnicima paljenja eksplozivne atmosfere podrazumijeva se sva električna oprema napona više od 1,5 V, struje koja je veća od 100 mA i energije veće od  $20 \mu\text{J}$ . [4]

Neelektrična oprema koja mehaničkom iskrom, zagrijanom površinom, otvorenim plamenom, egzotermnom reakcijom ili adijabatskom kompresijom može biti uzročnik paljenja eksplozivne atmosfere. Kako ta oprema ne bi bila mogući uzrok paljenja ona mora biti posebne izvedbe koja će ju učiniti nesposobnom zapaliti eksplozivnu atmosferu te spada u posebnu skupinu „Ex-opreme“. Električnu opremu radi njenih svojstava tokom rada, sa poremećajem i kvarom ili bez, može se zagrijati, uzrokovati električne iskre ili luk te se smatra potencijalnim izvorom paljenja eksplozivne atmosfere. S druge strane pri radu se mogu zagrijavati i neelektrični uređaji kao što su razni strojevi i tehnološka oprema, a iskrenjem i drugim svojstvima poput adijabatske kompresije ili ispuštanja zagrijane tvari pod tlakom i sl. mogu biti uzročnici paljenja eksplozivne atmosfere. [4] Osim navedenih uređaja u točki „2.4.“ ovog rada navedeni su neki mogući uzročnici paljenja eksplozivne atmosfere (Tablica 2), to također mogu biti: atmosferska pražnjenja, lutajuće struje, elektromagnetska zračenja, katodna zaštita, ultrazvuk, kemijske reakcije i sl.

Navedena tehnološka oprema i sva oprema izložena spomenutim pojavama pripada skupini tehničke zaštite od eksplozija kao i mjerama za njeno spriječavanje. Oprema je regulirana od strane nacionalnih zakona i propisa koji se temelje na međunarodnim i nacionalnim normama. Ukoliko nije moguća primjena odgovarajuće mjere, temeljem procjene rizika potrebno je provesti mjere kako bi se ublažile posljedice eksplozije te ukoliko je potrebno pojedine dijelove opreme proizvoditi na način da su otporne na eksploziju. Zakoni koji su određeni za ovo područje zaštite uređeni su na takav način da obvezuju proizvođače i dobavljače opreme da na tržište stavljaju samo onu opremu koja je sigurna temeljem pouzdane certifikacije izdane od strane ovlaštenih tijela

ili u nekim blažim uvjetima proizvođačkom deklaracijom, dok istovremeno obvezuju korisnika na osiguravanje minimalnih uvjeta za siguran rad pri korištenju takve opreme pri tome osiguravajući zdravlje i sigurnost zaposlenih, ostalih sredstava za rad i zaštitu okoliša. Tehnički Pravilnici donose se temeljem zakona te se oslanjaju na odgovarajuće norme, one međunarodne ali prihvaćene kao hrvatske (HRN). Dva su temeljna zakona u Republici Hrvatskoj, Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenu sukladnosti i Zakon o zaštiti na radu.[4]

### 3.1.1. Ex-agencija

Agencija za one prostore koji su ugroženi eksplozivnom atmosferom jest ustanova koja je dužna donjeti stručne nalaze o stanju postrojenja i aktivnosti koje je potrebno provesti te služi kao neposredna tehnička pomoć poslodavcima i inspekcijskim službama pri pravilnom ispunjavanju svih potrebnih normi i propisa. Agencija obavlja ocjenjivanja električne i neelektrične opreme, tipska i pojedinačna ispitivanja, s ciljem izdavanja certifikata za svu opremu domaćeg i stranog podrijetla. Također obavlja tehnička nadgledanja i izdaje stručna mišljenja o provedbi protueksplozijske zaštite uređaja i instalacija.[4]

### 3.1.2. IEC (International Electrotechnical Commission)

Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo je organizacija koja je osnovana kao rezultat odluke. Skupštine zastupnika vlada na Međunarodnom elektrotehničkom kongresu održanom u St. Louisu (SAD) u rujnu 1904. godine. Cilj Povjerenstva je promicanje međunarodne suradnje u svim pitanjima normizacije i srodnim pitanjima, kao što je provjera usklađenosti s normama, u području elektro-energetike, elektronike i srodnih tehnologija, i time promicanje međunarodnog razumijevanja. Taj se cilj, između ostalog, postiže izdavanjem publikacija, uključujući međunarodne norme.[6]

### 3.2. Temeljna načela, propisi i norme

Temeljno načelo zaštite od eksplozije je onemogućiti dodir eksplozivne atmosfere s izvorom toplinske energije, odnosno uzročnikom paljenja. U to ulazi dobro poznavanje eksplozivne atmosfere, to se odnosi i na klasifikaciju u odnosu na tehnološki proces, frekventnost i trajanje uzimajući u obzir kvarove u tehnologiji, ali ne i katastrofalne slučajeve nepredvidive za tehnologiju. Potrebno je razraditi i analizirati svojstva zapaljivih medija prema svojstima značajnim za njihovo paljenje u obliku eksplozivne atmosfere. To su ponajprije temperatura paljenja i energija potrebna za inicijalno paljenje. Neisključivo je dobro poznavanje svih mogućih uzročnika paljenja, bili oni stvarni ilik potencijalni, koji su sposoni uzrokovati inicijalno paljenje. Europska norma prihvaćena u Hrvatskoj kao HRN EN 1127 obuhvaća ove opće probleme zaštite od eksplozije, posebno obrađujući problematiku rudarstva (EN 1127-2) te problematku u nadzemlju, tj. industriji (EN 1127-1). Ova norma se može smatrati jednim od temeljnih tehničkih propisa na području protueksplozijske zaštite jer obvezuje primjenu spomenutih primarnih, sekundarnih i tercijalnih mjera zaštite od eksplozije, odnosno eliminiranjem eksplozivne atmosfere ili uzročnika paljenja, spriječavanjem eksplozije primjenom odgovarajućih sredstava zaštite, suzbijanje eksplozije te ako je nemoguće izbjeći eksploziju, smanjeniti njene učinke. Na slici 3. prikazani su kategorizirani uzročnici paljenja.

Tablica 3. Potencijalni uzročnici paljenja eksplozivne atmosfere.[4]

| <b>EL. OPREMA</b>   | <b>NE EL. OPREMA</b>  | <b>OSTALI UZROČNICI</b>   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• PREGRIJAVANJE</li><li>• EL. ISKRA</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• PREGRIJAVANJE (VIBRACIJE)</li><li>• MEHANIČKA ISKRA</li><li>• ADIJABATSKA KOMPRESIJA</li><li>• PLAMEN I VRUĆI PLINOVI</li><li>• EGZOTERMNE REAKCIJE</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• ATMOSFERSKA PRAŽNENJA</li><li>• ELEKTROSTATIKA</li><li>• KATODNA ZAŠTITA</li><li>• LUTAJUĆE STRUJE</li><li>• EM RADIJACIJA</li><li>• IONIZACIJA (LASER)</li><li>• UZV</li></ul> |

Neelektrični uzročnici, po fizikalnim su svojstvima praktički jednaki električnim jer stvaranjem visoke temperature postaju uzrok paljenja te će se spominjati u kontekstu s električnim. Dok ostali uzročnici paljenja nisu specifični samo za eksplozivne atmosfere, već i općenito postrojenja, mogu biti čimbenici posebne opasnosti u eksplozivnoj atmosferi. Prema slici 3 priložene su norme koje se koriste za rješavanje odnosno osiguravanje postrojenja:[4]

- Atmosfersko pražnjenje – pojava velikog bljeska popraćena grmljavinom. Sustava za zaštitu od munje i njegove komponente ispunjavaju zahtjeve prema HRN EN 62305 i ispitane su u skladu s međunarodnim i europskim standardima. Glavna i najznačajnija mjera zaštite jest sistem zaštite od munje LPS (Lightning Protection System). Uglavnom se sastoji od unutarnjeg i vanjskog LPS-a s tim da vanjski djeluje na principu hvatanja izravnog udara munje i odvođenja na siguran način prema zemlji, dok unutarnji LPS sprječava opasno iskrenje vodljivih struktura građevine izjednačujući potencijale ili električnom izolacijom.[7]
- Elektrostatika – Statički elektricitet je stanje neravnoteže naboja na nekom objektu. Može nastati dodirnom te zatim odvajanjem objekata od različitih materijala ili bez dodira, odnosno indukcijom, tj. utjecajem vanjskog električnog polja na neki objekt. U najnepovoljnijim okolnostima je dovoljan transfer samo jednog elektrona na 500000 atoma da dođe do paljenja eksplozivne atmosfere. Osnovne mjere zaštite su uzemljenje i izjednačenje potencijala.[9]
- Katodna zaštita – posebnosti se nalaze u normi za električne instalacije u HRN IEC/ EN 60079-14
- Lutajuće struje općenito su ponat problem radi korozivnog djelovanja. Rješavaju se izjednačenjem potencijala. Bitno je napomenuti ako se pri prekidanju staze lutajućih struja očekuje iskrenje, onda je u eksplozivnoj atmosferi nužno upotrijebiti postupak PNP (potvrde o nepostojanju plina), odnosno nije dozvoljeno prekidati strujnu stazu u ugroženom prostoru gdje je prisutna eksplozivna atmosfera.[4]
- Elektromagnetska radijacija – uzrokovana utjecajem bliskih stabilnih ili pokretnih radio odašiljača velike snage. Da bi bilo sposobno izazvati eksploziju paljenjem eksplozivne atmosfere mora biti dovoljne snage tj energija elektromagnetskog

zračenja mora bit veća od praga energije za pojedinu skupinu plinova. Koriste se sklopke za uzemljavanje.[11]

- Ionizacija (laseri) – opasnost je uzrokovana refleksijom struktura postrojenja koje mogu uzrokovati zagrijavanje laserskim zrakama u ugroženom prostoru.[4]
- Ultrazvuk (UZV) – zbog prekomjerno zagrijavanja medija na koje djeluje može biti uzrok paljenja. Primjenjuju se metode mjerenja zagrijavanja mjesta na kojima se primjenjuje UZV.[4]

### **3.3. Elektro energetske instalacije**

Dva su područja problematike zaštite električne opreme, a uvedeno je i treće prema IEC kod zapaljivih prašina. Područja se označavaju rimskim brojevima, a to su: rudarstvo za jamske plinove i ugljen i prašini, ostala mjesta uporabe za zapaljive plinove, pare i maglice, te ostala mjesta uporabe za zapaljivu prašinu i vlakanca. U industriji se upotrebljavaju naponi 6-11kV AC. Sustav mreže u pravilu jest izoliran i uzemljen s ograničenjem struje kvara. Nazivni napon za pogon je najčešće je 400/230V, 50Hz. Za prostore ugrožene požarom i eksplozivnom atmosferom obvezan je 5-žilni sustav, ako postoje jednofazna trošila, poznat kao TNS sustav. Ukoliko je na raspolaganju samo TNC, kod takvih prostora dodaje se odvojeni PE vodič, te taj sustav postaje TNC/S. Zaštita od napona kvara mora se provoditi za sve razine napona, čak i ispod 50V AC. Provodi se sistemom mreže, a za one prostore koji si ugroženi strujnom, diferencijalnom zaštitom. Ostali sistemi naponom kvara, primjerice naponskom zaštitnom sklopkom su dopušteni, ali se rijetko upotrebljavaju, odnosno upotrebljavaju se kao dodatna zaštita nulovanju. Sa druge strane uporaba sistema zaštitnog uzemljenja zvanog TT sistem, uvjetovana je primjenom strujne diferencijalne zaštite. Zaštita tih instalacija mora pokrivati zaštitu od svih kvarova, a kod zemljospoja i kratkih spojeva mora biti trenutna, te ne smije imati štetne posljedice u odnosu na eksplozivnu atmosferu. Za podesive okidače to znači da najmanja struja kratkog spoja je veća od struje podešene za aktiviranje isklopa sklopnog aparata. Dakle norma za izvođenje električnih instalacija je HRN IEC/N 60079-14.[7]

### 3.4. Protueksplozijski zaštićena oprema

Protueksplozijski zaštićena certificirana oprema koristi se i namjenjena je zonama ugroženog prostora za koje je utvrđeno da se u njima smije upotrebljavati. Dakle svaki uređaj mora na svom dokumentu, odnosno K-certifikatu ili proizvođačkoj izjavi mora imati navedene ugrožene zone prostora u kojima se smije upotrebljavati. Podjela je provedena u tri kategorije, odnosno razine protueksplozijske zaštite opreme.

- Kategorija 1 – oznaka 1G za plinove i 1D za prašine, namjenjena je uporabi u zoni 0 za plinove i zoni 20 za prašine. Dakle za to područje oprema se gradi za plin CH<sub>4</sub> (Metan), najviša dopuštena temperatura je do 150°C na vanjskoj površini. Za djelove štćene IP54 zaštitom bez mogućnosti taloga prašine do 450°C.
- Kategorija 2 – oznaka 2G za plinove i 2D za prašine namjenjena uporabi u zoni 1 za plinove i zoni 21 za prašinu. Gradi se oprema za skupine plinova A, B i C, te temperaturne razrede: T1, T2, T3, T4, T5 i T6. 2C je prema energiji paljenja najzapaljivija skupina.
- Kategorija 3 – oznaka 3G za plinove i 3D za prašine, namjenjena je uporabi u zoni 2 za plinove i zoni 22 za prašine. Gradi se oprema za skupine prašina A, B i C. Raspoznajemo vlakanca, električki vodljive i nevodljive prašine, također prema temperaturi paljenja oblaka i/ili sloja prašine, te temperaturnih razreda za plinove i pare.

Dakle postoje dvije temeljne oznake za svaku opremu, te je proizvođač označiti svaki uređaj znakom protueksplozijske zaštite (slika 3.) uz oznaku područja primjene tj. kategorije (1, 2 ili 3), te je li je namjenjen plinu ili prašini. Primjerice kod označavanja koristi se umanjena oznaka prikazana na slici 3. iza koje slijedi broj kategorije, te da li se radi o plinu ili prašini. Također, mora imati oznaku vrste protueksplozijske zaštite ili više njih u kojoj je oprema izrađena.[4]



Slika 3. Ex oznaka.[12]

#### 4. KLASIFIKACIJA PROSTORA

Parametri prema kojima se prostori klasificiraju su učestalost i tajanje izvora ispuštanja i provjetravanje prostora. Razlikujemo tri takva izvora: Trajni (T), primarni (P) i sekundarni (S). Trajni izvori su oni koji često ili dulje vrijeme unose te samim tim zadržavaju zapaljive plinove ili pare zapaljivih tekućina. Neki takvi izvori su površine hlapljenja zapaljivih tekućina te njihovi spremnici ili otvori i ventili koji su često otvoreni i sl. Sljedeći su primarni izvori koji tokom normalnog rada ispuštaju neke zapaljive tvari u okolni prostor. Takva su ispuštanja predviđena u tehnološkom procesu, rukovanju ili očekivanom kvaru. Primjerice ti izvori mogu biti: brtve crpki i kompresora pod tlakom, uređaji koji se povremeno otvaraju, sigurnosni ventili izvan zatvorenog sistema, prostori za lairanje i sušenje, pretkanje zapaljivih tekućina i sl. Sekundarni izvori su oni koji ispuštaju zapaljive plinove ili pare u okolni prostor samo u slučajevima kvara ili poremećaja tehnološkog procesa, ali te su pojave vrlo rijetke i kratko traju. Takvi su izvori primjerice: spojna mjesta, kontrolni otvori, ventili kojima se često ne rukuje ispusi ventili ili mjesta uzimanja uzoraka, kompresori i crpke u zatvorenom sistemu i sl.[4]

Postoje ugroženi i neugroženi prostori. Ugroženima se smatraju oni prostori u kojima postoji mogućnost pojave eksplozivne atmosfere iznad 10% donje granice eksplozivnosti, koji se analizom izvora i ventilacije klasificira. Dok je neugroženi prostor onaj za koji se može utvrditi da koncentracija eksplozivne atmosfere može preći vrijednost od 10% od DGE. Glavni uvjeti odnosno kriteriji za utvrđivanje neugroženog prostora su trajanje i učestalost eksplozivne atmosfere. Moraju biti strogo određeni i kontrolirani tehnologijom rada.[4]

#### **4.1. Određivanje zona**

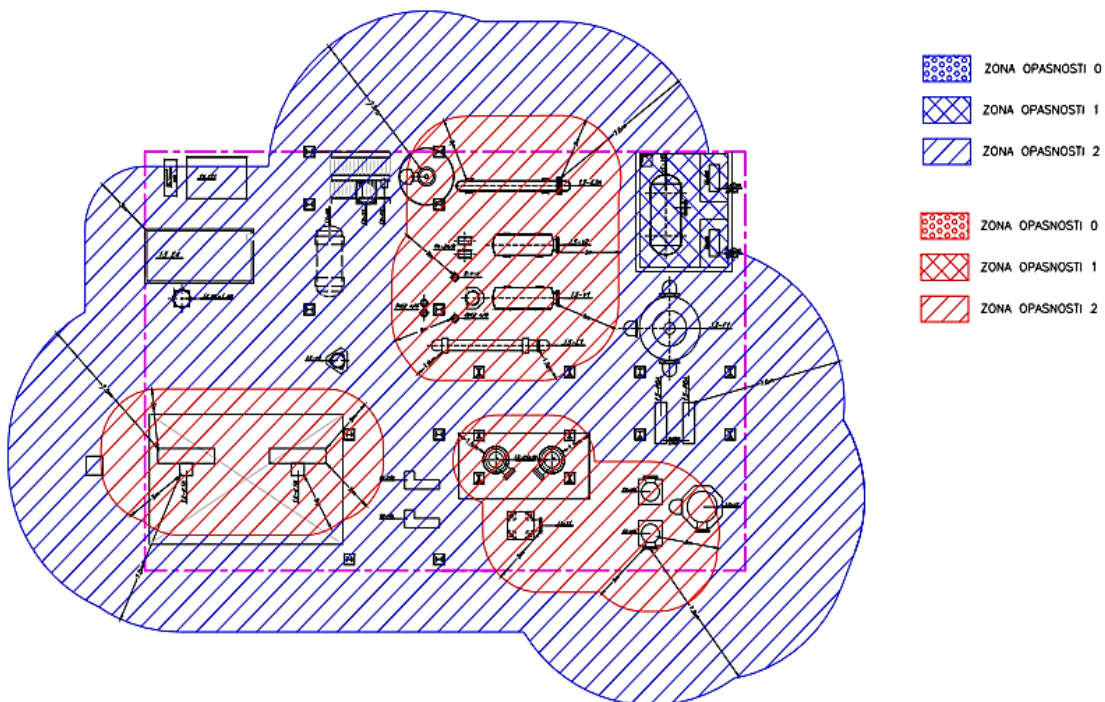
Izvorom opasnosti se smatra oprema ili djelovi opreme ili čak prostor zone višeg stupnja opasnosti. Utvrđivanje zona opasnosti kompleksan je problem i treba se voditi računa o mnogim čimbenicima poput: fizikalne karakteristike zapaljivog medija, primjerice gustoća u odnosu sa zrakom, vrelište, plamište, temperatura paljenja i sl., intenzitet izvora, učestalost ispuštanja te trajanje ispuštanja, smještaj izvora okoline u odnosu na oblik prostora, ventilacija prostora, intenzitet ventilacije, raspoloživost ventilacije itd. Iz ovoga zaključujemo da nije moguće za različite slučajeve uopćiti zone te njihovo rasprostranjenje svrstati u tipska rješenja. Na slici 4. su prikazane zone i što u njih spada. Za utvrđivanje zona potrebno je slijediti logički slijed, a to je kako slijedi:

- ugrožava li izvor ispuštanja prostor njegov intenzitet i trajanje
- stupanj ispuštanja, trajni, primarni i sekundarni izvori ispuštanja i prema tome slijediti danji postupak
- Stupanj ventilacije, na temelju broja volumenskih izmjena zraka: jaka ventilacija, srednja ventilacija ili slaba ventilacija te slijediti prema njima danji tijek postupka
- Raspoloživost ventilacije: „dobra“, „osrednja“, il „loša“ i na temelju nje
- Vrstu zone: 0, 1 ili 2 ili čak neugroženi prostor
- Rasprostranjenje zone
- Proračunom, hipotetski kontaminirani volumen, s kojim će se potvrditi prikladnosti ventilacije na temelju koje je provedena klasifikacija u zone u odnosu na volumen koji se očekuje da će biti kontaminiran



Razlikujemo:

- Zona 0 – prostor u kojem je eksplozivna plinska atmosfera prisutna trajno, dulji period ili često
- Zona 1 – Prostor u kojem se može očekivati eksplozivnu atmosferu periodično ili povremeno u normalnom radu
- Zona 2 – Prostor u kojem se eksplozivna plinska atmosfera neočekuje u normalnom radu, ali ako se pojavi trajat će samo kratko vrijeme.
- Zona 20 – prostor u kojem je eksplozivna atmosfera, oblaka zapaljive prašine i zraka prisutna trajno, odnosno često ili dulji period.
- Zona 21 – Mjesto u kojem se eksplozivna atmosfera, u obliku oblaka smjese zraka i zapaljive prašine, očekuje pri normalnom radu.
- Zona 22 – mjesto u kojem se eksplozivna atmosfera, u obliku oblaka smjese zraka i zapaljive prašine, ne očekuje u normalnom radu, ali postoji mogućnost da se pojavi, no u tom slučaju kratko traje.[4]



Slika 4. Primjer zona ugroženog prostora.[14]

## 4.2. Klasifikacija prema ventilaciji

[4]Prema Pravilniku o zaštiti na radu na mjestima rada u zatvorenom prostoru mora se osigurati dovoljno svježeg zraka, prvenstveno prirodnim provjetravanjem, uzimajući u obzir radne postupke koji se koriste i fizičke zahtjeve.

- Nedovoljno ventilirani prostori su zatvoreni prostori ili u kojima postoje prepreke za prirodno strujanje zraka. Primjerice zatvorena kućišta opreme, zatvorene prostorije s brtvljenim vratima i prozorima, razni spremnici, neventilirana potkrovlja za plinove lakše od zraka, neventilirana bunari, kanali i udubljenja za plinove teže od zraka.
- Prirodno ventilirani prostori – oni u kojima nema prepreka za prirodno strujanje zraka što smanjuje koncentraciju para i plinova u prostoru odnosno nezatvoreni ili poluotvoreni prostori, ograđeni prostori s otvorima za prirodnu ventilaciju u dvije razine te sva kućišta opreme mehaničke zaštite od munje.
- Prisilno ventilirani prostor – su prostori u kojima se dovodi dodatna količina čistog zraka ili se zrak odsisava iz prostorije, uz uvjet da ne dolazi do mrtvih zona tj. neprovjetranih dijelova prostora. Prisilna ventilacija koristi se pri umanjivanju stvaranja eksplozivne atmosfere. Pod te prostore spadaju: zatvorena kućišta ili prostorije s ventilacijom uz pomoć ventilatora te zatvoreni uređaji s ventilacijom zbog dovođenja topline gubitka.
- Otvoreni prostori – nema prepreka za prirodno strujanje zraka i ventilaciju tj prirodnu izmjenu zraka sa atmosferom. To su nenatkriveni i neograđeni prostori, natkriveni otvoreni prostor za plinove teže od zraka i ograđeni nenatkriveni prostori za plinove znatno lakše od zraka, kao npr. vodik.

Za klasifikaciju se, također, može uzeti u obzir volumenski odnos prostora i plina. Također je pouzdanost ventilacije odnosno koji je oblik ventilacije dostupan i je li raspoloživ onaj određeni vrlo važan element za određivanje zona. U tablici prikazane su zone prema izvorima ispuštanja.[4]

Tablica 4. Ugrožene zone u odnosu na izvor ispuštanja.[4]

| Izvor ispuštanja | Prostor u odnosu na ventilaciju |                      |                      |          |
|------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------|
|                  | Zatvoreni                       | Prirodno ventilirani | Prisilno ventilirani | Otvoreni |
| Trajni           | 0                               | 0/1                  | 1/2/NP               | 0/1/2    |
| Primarni         | 0/1                             | 1                    | 2/NP                 | 1/2      |
| Sekundarni       | 0/1/2                           | 2                    | 2/NP                 | 2        |

## 5. ZAŠTITA PROSTORA UGROŽENIH EKSPLOZIVNOM ATMOSFEROM

Govoreći o protueksplozijskoj zaštiti opreme, treba uzeti u obzir da postoji više područja primjene električnih i neelektričnih oprema koje su namjenjene radu u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom zapaljivih plinova i zraka, maglica, para zapaljivih tekućina i zraka, prašina i vlaknaca ili pahuljica zraka te njihove međusobne kombinacije. Eksplozivnu atmosferu također mogu stvoriti i eksplozivi putem prašina i isparavanja u atmosferu. Postoje različiti stupnjevi opasnosti za svaku od spomenutih kombinacija za koje je potrebno pružati različite razne sigurnosti. Za eksplozive, u užem smislu riječi, postoje norme za klasifikaciju prostora i posebni uvjeti za električnu opremu i njihovu instalaciju.[7]

Temeljni principi protueksplozijske zaštite za zapaljive plinove i pare su:

1. Lokalizacija eksplozije na kućište bez utjecaja na okolinu
2. Ograničenje energije ispod najmanje energije paljenja smjese
3. Ograničenje temperature ispod najniže temperature paljenja smjese
4. Izoliranje učinka paljenja krutim, pjeskovitim, tekućim ili plinovitim nezapaljivim medijem

Temeljne značajke protueksplozijske zaštite za zapaljive prašine, na kojima se zasniva protueksplozijska zaštita, su:

1. temperatura tinjanja, zbog paljenja sloja nataložene prašine zagrijavanjem opreme
2. temperatura paljenja oblaka uzvratane prašine električnom iskrom ili lukom, ili zagrijanom površinom opreme
3. energija paljenja oblaka električnom iskrom realnog strujnog kruga
4. električna vodljivost zapaljive prašine, zbog zagađenja izolacijskih površina dijelova pod naponom električne opreme, a time moguće opasno iskrenje ili zagrijavanje.“[7]

Također u obzir treba uzeti specifične značajke za protueksplozijsku zaštitu poput mehaničkih iskri, zagrijane površine zbog trenja ili procesom, zagrijani medij zbog procesa, adijabatske promjene kompresije i dekompresije itd.[7]

### **5.1. Obveze poslodavca**

Poslodavac je obavezan poduzeti sve tehničke i/ili organizacijske mjere sukladno prirodi rada. Mora poduzeti sve da spriječi pojavu eksplozivne atmosfere, a tamo gdje je to nemoguće izbjeći njeno paljenje i ublažiti štetne učinke eksplozije uz naglasak na zaštitu radnika. Takve mjere mora redovno preispitivati i ažurirati. Nadalje, dužnost poslodavca jest procijeniti posebne rizike povezane s eksplozivnom atmosferom, uzevši u obzir: vjerojatnost pojave eksplozivne atmosfere i njeno trajanje, a na to se veže provedba klasifikacije prostora, vjerojatnost pojave uzročnika paljenja, instalacije i tvari koje se upotrebljavaju, procese i njihove moguće interakcije te razmjer predviđenih učinaka. Također je vrlo bitno voditi računa o mjestima koja su povezana otvorima preko koji je moguće širenje eksplozivne atmosfere. Također se kod klasifikacije mora primjenjivati oprema i sredstva rada odgovarajuće kategorije, uz odgovarajući nadzor te uporabom odgovarajućih tehničkih sredstava, kako bi se mogao osigurati rad na sigurnom način. Radnici koji se nalaze u takvim prostorima pod nadzorom su poslodavca tj.

vlasnika objekta te je on odgovoran za koordinaciju i osposobljavanje radnika za rad na određenom radnom mjestu s tim da moraju biti obavješteni o potencijalnim opasnostima. Dakle, poslodavac mora osigurati radnicima dodatno prikladno obrazovanje u gledu zaštite od eksplozija i rukovanja određenom opremom. Poslodavac je dužan u slučajevima nestanka napajanja električnom energijom, ukoliko to može ugroziti rad, osigurati da sistemi budu u stanju sigurnog funkcioniranja te da se osigura ručno upravljanje ukoliko bi automatsko dodatno ugrozilo sigurnost.[4]

Dokument o zaštiti od eksplozije, koji mora sadržavati informacije da:

- su rizici od eksplozije utvrđeni i procijenjeni
- će se poduzeti odgovarajuće mjere da se postigne maksimalna sigurnost
- su prostori klasificirani u zone te da se primjenjuju sve odgovarajuće mjere
- su mjesta rada i oprema, za uzbunjivanje radnika pravilno projektirana i da se održavaju na odgovarajući način
- su poduzete mjere za sigurnu uporabu opreme za rad prema smjernicama

Dokument o zaštiti od eksplozije čine: Ex dokument, skup izvještaja o stanju protueksplozijske zaštite, sve od klasifikacije prostora, opreme, instalacija i ostalih uzročnika paljenja do održavanja, kojeg izrađuje ovlašteno tijelo; Ex priručnik, dokumenti koji propisuju sve aktivnosti u i za eksplozivnu atmosferu, kao što su odabir, instaliranje i održavanje te oporavak, bez obzira na to za koga se rade; svi ostali dokumenti koji se odnose na postrojenja, odnosno projekti, tehnički izviještaji, ispitivanja, certifikati i sl.[4]

## 5.2. Električna zaštita

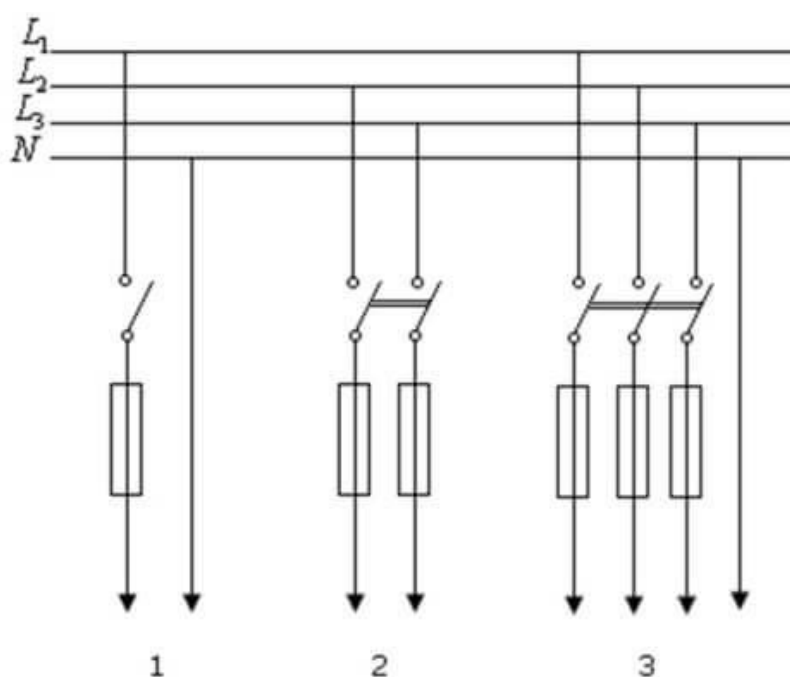
Kod električne zaštite uvijek se koriste nove tehnologije dostupne za najbolju zaštitu. Zaštita od zemljospoja i kratkog spoja bi bez štetnog djelovanja u ugroženim prostorima mogla jedino značiti sprječavanje paljenja eksplozivne atmosfere, jer jedino rako neće biti štetnog učinak od kvara. To je samo po sebi vrlo zahtjevna odrednica za koju se mogu poduzeti sve raspoložive mjere koje bi najviše umanjile vjerojatnost da dođe do paljenja. Te mjere su: zaštita od preopterećenja, zaštita od zemljospoja, zaštita od kratkog spoja te zaštita od opasnih napona i iskrenja.[7]

### 5.2.1. Zaštita od preopterećenja

Korištenjem ove zaštite treba se uzeti u obzir režim pogona i osigurati da neće dolaziti do preopterećenja pogona u normalnom radu, u skladu s izolacijskim svojstvima instalacije. Treba također osigurati da neće doći do zagrijavanja iznad dopuštenog prema određenom temperaturnom razredu, odnosno da će se izbjeći iskrenje zbog proboja izolacije i paljenje prekomjernim zagrijavanjem. Dakle, temeljno pravilo je ne prekoračiti temperaturu dopuštenu temperaturnim razredom. Također se ne smije prekoračiti dopuštena temperatura primjenjene klase izolacije, posebice za namote, ako je manja od temperaturnog razreda, jer pregrijavanje iznad klase izolacije ubrzano stari izolaciju i dovodi do proboja koji je uzročnik paljenja uz eventualno prisutnu eksplozivnu atmosferu. No, bez obzira na primjenjenu zaštitu, namote treba štiti na stvarno opterećenje, ali ne iznad nazivne struje za trajni pogon. Zaštita mora djelovati tako da isključi pogon kod prekoračenja opterećenja do 20% unutar 2 sata, što za bimetale znači da zaštita kod preopterećenja većeg od 5% i manjeg od 20% može djelovati u duljem vremenu, koje normom nije određeno, ali može dovesti do pregrijavanja namota u odnosu na klasu izolacije i temperaturnog razreda. Struje iznad 20% od nazivne i trajanja većeg od zaleta motora spadaju u kvarove, za koje zaštita treba djelovati u što kraćem vremenu. Za manja preopterećenja do 5% zaštita ne smije djelovati u vremenu 2 sata, ali mora dopustiti start motora bez isklopa. Kod direktne temperaturne zaštite, treba voditi računa o vremenskom

kašnjenju uzrokovanom toplinskom inercijom usađenje sonde u namot, čije djelovanje mora biti unutar dopuštenih temperatura temperaturnog razreda.[4]

Zaštita vodiča od nedozvoljenog opterećenja vrši se upotrebom osigurača koji se stavljaju na početku vodiča u smjeru dolaska struje. Montiranje osigurača iza prekidača se savjetuje jer se tad osigurač mijenja pri otvorenom prekidaču te nije pod naponom. Na slici 5. prikazano je 1- jednopolno, 2 – dvopolno i 3 – tropolno osiguranje. Može se izvesti za dvožičnu mrežu dvopolno ili jednopolno. Za trofazni sustav na nulti vodič se ne stavlja zaštita. Osigurači obavljaju funkciju zaštite kod vodiča tako da prekidaju strujni krug u kojem su smješteni. To rezultira taljenjem rastalnog umetka u osiguraču, termičkim djelovanjem kojim se savije bimetalna traka ili elektromagnetnim djelovanjem.[4]



Slika 5. Montiranje osigurača.[8]

### 5.2.2. Zaštita od zemljospoja

Za ovakvu zaštitu moraju se udovoljiti tehnički raspoložive mjere poput primjenjivanja sistema mreže koji to najbolje omogućava, što je često diktirano isporučitelja energije. Potrebno je osigurati pouzdani trenutni isklon u slučaju zemljospoja pri čemu treba smatrati pad izolacijskog otpora ispod  $20 \Omega/V$  ili struju gubitka veću od 50 mA, koju se smatra opasnom strujom za strujni udar čovjeka. Diferencijalnom sklopkom za zaštitu od strujnog udara smatra se da je 30 mA potrebna granica djelovanja što je prihvativo za ugrožene prostore ako se može održati bez smetnji pogona. Pokazalo se kroz iskustvo da je s naslova uzročnika paljenja dovoljna osjetljivost od 100 mA, što se u industrijskim uvjetima može postići bez ometanja pogona. Nadalje, bez vremenskog zatezanja, odnosno trenutno, ne može se prepustiti osiguraču, već zato namijenjenoj zaštitnoj opremi uz osiguran kontinuitet uzemljenja. Prihvatljivo vrijeme isklapanja za ugrožene prostore mora biti 100 ms, uz prihvatljivu osjetljivost od 100 mA, za što je neobično važno osigurati i održavati kontinuitet i integritet uzemljenja. Također je vrlo bitno očuvati integritet uzemljenja koji se za fiksne instalacije može se smatrati zadovoljavajućim ako najmanje zadovoljava zahtjeve norme koji vrijede za neugrožene prostore, ali rješava mnoge probleme i u ugroženom prostoru. Zaštita od zemljospoja, može se učinkovito obaviti: pomoću (diferencijalne) odvodne struje, za sve sisteme mreža ili pomoću trajne kontrole kontrolnikom izolacije za IT sisteme mreža. Za prenosive i nosive te za pokretne ili instalacije koje nisu fiksne, uzemljenje bi trebalo biti trajno nadzirano. Što bi trebalo biti pravilo za prostore zone 0, ali zone 1, posebno one sa slabom ventilacijom. Detekcija zemljospoja vrši se zbrajanjem magnetskih polja svih struja u odnosu na struju gubitka kroz izolaciju. To je vrlo pouzdan način, ali uz uvjet da je trošilo, odnosno mreža, odvojeno uzemljena preko PE vodiča. Kroz PE vodič ne teče pogonska struja, već samo struja kvara. Pri pojavi struje odvoda kroz uzemljenje diferencijalno magnetsko polje u obuhvatnoj jezgri stvara napon koji se koristi za isklon zaštitnog uređaja. Indikacija struje gubitaka moguća je u većini mreža pod naponom. Općim zahtjevima za električne instalacije obavezno je za neugrožene prostore i zahtijeva se vrijeme prekida kvara, za napone veće od opasnog dodirnog napona.[4]



### 5.2.3. Zaštita od kratkog spoja

Kod zaštite od kratkog spoja prethodno je potrebno poznavati veličine struje kratkog spoja i to njene najmanje očekivane vrijednosti i najveće očekivane vrijednosti. Po najmanjoj se osigurava pouzdano djelovanje isklopa, tj. djelovanje zaštitnog uređaja u određenom vremenu prekida, a prema najvećoj se osigurava pouzdan prekid struje. To znači da je rasklopna snaga tog zaštitnog uređaja veća od najveće očekivane snage kratkog spoja. Najmanja struja kratkog spoja računa se uz najmanje kapacitete mreže, za jednopolni ili dvopolni kratki spoj te za pogonski zagrijane kabele. Dok se najveću struju kratkog spoja treba računati uz najveće kapacitete mreže koji su predviđeni u radu pogona. Isklop mora uslijediti trenutno prema tehničkim mogućnostima, a to znači za topljive osigurače vrijeme manje ili jednako 100 ms, a za prekidače najmanje vrijeme koje garantira proizvođač certifikatom. Uglavnom je to vrijeme kod kvalitetnih prekidača uvijek kraće od 100 ms. Ukoliko dode do kvara unutar kućišta opreme, ili čak unutar kabela, potrebno je neko vrijeme da kvar svojom destrukcijom dode do eksplozivne atmosfere. Za pouzdanu zaštitu od kratkog spoja unutar traženog vremena isklopa, bitno je: poznavati najmanju struju kratkog spoja koja se očekuje kako bi aktiviranje zaštite bilo pouzdano, međutim kod sklopnih uređaja, pouzdanost brzog isklopa osigurava samo neki faktor sigurnosti, jer sklop može zakazati kod određene vrijednosti podešenja. Također je potrebno poznavati najveću očekivanu struju kratkog spoja kroz zaštitni sklopni uređaj zbog njegovog dimenzioniranja i sposobnosti pouzdanog prekida struje kratkog spoja. Što se tiče vremena isklapanja, teško je razdvajati zemljospoj od kratkog spoja, jer kod uzemljenih mreža zemljospoj i jednopolni kratki spoj je isti kvar i zahtjeva trenutno i što je moguće kraće vrijeme isklopa, ali ne dulje od 100 ms.[4]

### 5.2.4. Zaštita od opasnih napona

Opasni naponi u odnosu na dodir su obreađeni u normama za električne instalacije i opasnost se uočava uglavnom iznad 50 V AC i 120 V DC uz automatski isklop, a uz posebno opasne uvjete kao što su ručno nosivi uređaji, bazeni, i sl. taj dopušteni

dodimi napon se snižava na 25 V AC, pa i npr. za dječje igračke do 12 V DC, odnosno do 6 V AC. Međutim, svi su ti naponi opasni za paljenje eksplozivne atmosfere zbog iskrenja, koje nastaje već od reda veličine 5 V (AC i DC), dok opasno zagrijavanje mogu uzrokovati naponi i reda veličine od 1 V (AC i DC). Primjerice, na nekom spoju struje reda veličine 100 A protiv ove pojave jedina je učinkovita zaštita dobro uzemljenje svih trošila i struktura, a za prostore ugrožene eksplozivnom atmosferom i izjednačenje potencijala što se postiže dodatnom mrežom uzemljenja. Kao što se vidi na slici 4., sva trošila su obvezno povezana na sistem uzemljenja kroz kabelski priključak, ali to ne sprječava nastajanje napona kvara na njima u vremenu nastanka kvara, zbog pada napona struje kvara na PE vodiču. U potpunosti to nije moguće eliminirati, ali kratkim povezivanjem svih kućišta trošila i metalnih struktura na glavno uzemljenje ta se pojava može znatno smanjiti te dovesti u praktično podnošljive neizjednačene potencijale.[4]

### **5.3. Oklapanje "d"**

Dakle oklapanje je vrsta zaštite u kojoj su dijelovi koji su u mogućnosti zapaliti eksplozivnu atmosferu smješteni u kućište koje takvo može izdržati tlak nastao tijekom unutarnje eksplozije neke smjese i koje tako sprječava prijenos eksplozije ili određene topline koja bi mogla zapaliti eksplozivnu atmosferu oko kućišta kao primjerice kućište na slici 6. Kućište mora biti takvo da u takvom slučaju mora izdržati tlak eksplozije bez trajnih deformacija te da pouzdano sprječava probojno paljenje. Izdržljivost prema unutarnjem tlaku eksplozije postiže se čvrstoćom kućišta koje se provjerava ispitivanjem. Ispituje se tako da se unutar kućišta izazove eksplozija, izmjeri referentni tlak, a zatim se kućište podvrgava tlaku 1,5 puta većem od referentnog. Vrlo je bitno pri tom održati približno jednaku brzinu porasta tlaka. Naposljetku se dobiva odgovarajuća energija impulsa tlaka provjere čvrstoće kućišta te se osigurava potreban faktor čvrstoće kućišta. Ispitivanje čvrstoće kućišta također se može obaviti i statičkim tlakom. Ispitivanje se provodi na način da se kućište podvrgne tlaku tekućine, primjerice vode, za 1.5 puta većem od referentnog tlaka sa trajanjem od najmanje 10 s. Pri ovakvom ispitivanju ispituje se četverostrukim referentnim tlakom, nije potrebno ispitivanje pojedinog proizvoda, što je pogodno za proizvode manjih dimenzija. Ali to nije pouzdano za zavarene izvedbe. Kod njih, uz

provedeno tipsko ispitivanje, moguća je provjera svakog proizvedenog kućišta drugim alternativnim metodama kao što su ultrazvuk, radiografija, magnetske čestice itd.[7]  
[13]



Slika 6. Primjer kućišta za oklapanje.[15]

#### 5.4. Povećanja sigurnost „e“

Vrsta je zaštite za električne uređaje u kojima se primjenjuju određene dodatne mjere kako bi se postigne povećana sigurnost protiv mogućih previsokih temperatura i pojave luka i iskri u normalnom pogonu ili pod određenim nepredviđenim i/ili nenormalnim uvjetima. U protueksplozijskoj zaštiti može se izraditi električna oprema, koja u normalnom pogonu ne iskri i koja ima ograničeno zagrijavanje, ona je također izvedena na način da je malo vjerojatna pojava kvara na opremi koja bi iskrom, lukom,

pregrijavanjem opreme, ili njenog dijela, pri normalnom radu ili pod određenim uvjetima koji odstupaju od normalnih, mogla zapaliti eventualno prisutnu eksplozivnu atmosferu. Protueksplozijska zaštita se sastoji od:

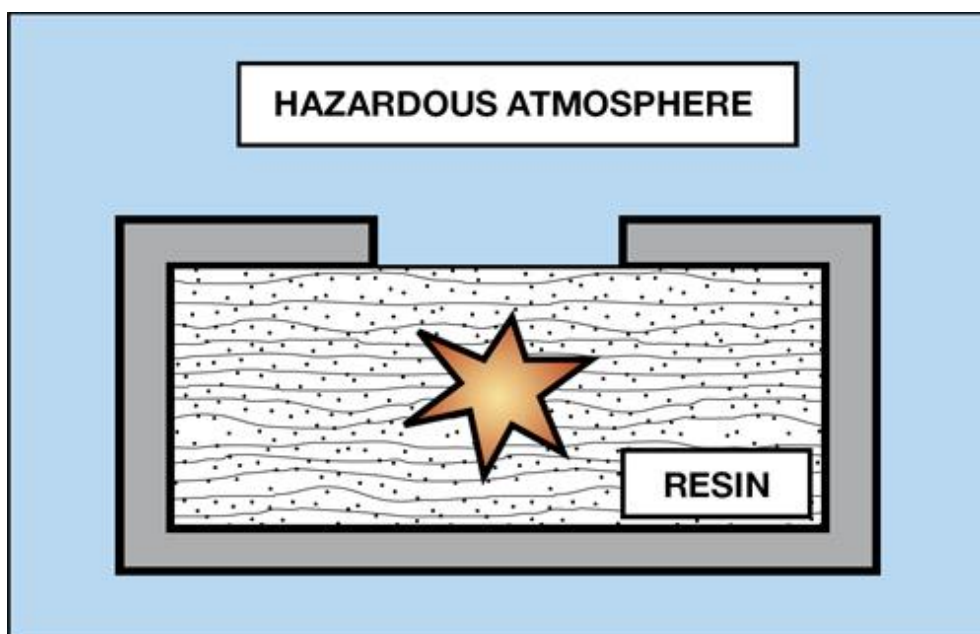
- mehaničke zaštite dijelova koji se nalaze pod naponom, od onečišćenja vodom i prašinom
- poboljšanje električne izolacije i pouzdanih električnih spojeva
- ograničenog zagrijavanja u određenom vremenu i dopuštenog pregrijavanja (kod preopterećenja)
- mehaničke otpornosti na dinamička naprezanja udarnom strujom kratkog spoja[7]

### **5.5. Samosigurnost „i“**

Ova vrsta zaštite temelji se na ograničenju električne energije u uređaju i spojnom ožičenju izloženom eksplozivnoj atmosferi na razinu nižu od razine koja može uzrokovati paljenje iskrenjem ili zagrijavanjem. Dakle, električna oprema i uređaji, kao i strujni krugovi izvan uređaja, izvode se na način da u normalnom radu ili uz određene kvarove, električnom iskrom ili termičkim učincima, ne mogu zapaliti eksplozivnu smjesu. Također, u ovu vrstu zaštite ulazi ograničenje temperature, što jest svojstveno svim vrstama zaštita. Opća temeljna značajka samosigurnosti je da struja u samosigurnim uređajima i krugovima, iako male energije, ne smije u normalnom radu, ali ni u slučaju kvara, stvoriti zagrijana mjesta sposobna za paljenje eksplozivne atmosfere. U samosigurnoj tehnici takozvani "jednostavni" uređaji čine posebnu skupinu koja mnogo puta pojednostavljuje primjenu samosigurnosti. Naime, temeljna namjera je bila da se jednostavni uređaji biraju među standardnim proizvodima ako svojim svojstvima ne mogu obezvrjediti samosigurnost. U te uređaje ubrajamo pasivne sastavnice kao što su: sklopke, razvodne kutije, otpornike i jednostavne poluvodičke uređaje, ali i kondenzatore i induktivitete, ako će njihove vrijednosti nakon analize zadovoljiti uvjete samosigurnosti. U tu skupinu možemo ubrojiti i izvore energije ako ne prelaze vrijednosti: 1,5 V, 100 mA i 25 mW.[7]

## 5.6. Oblaganje „m“

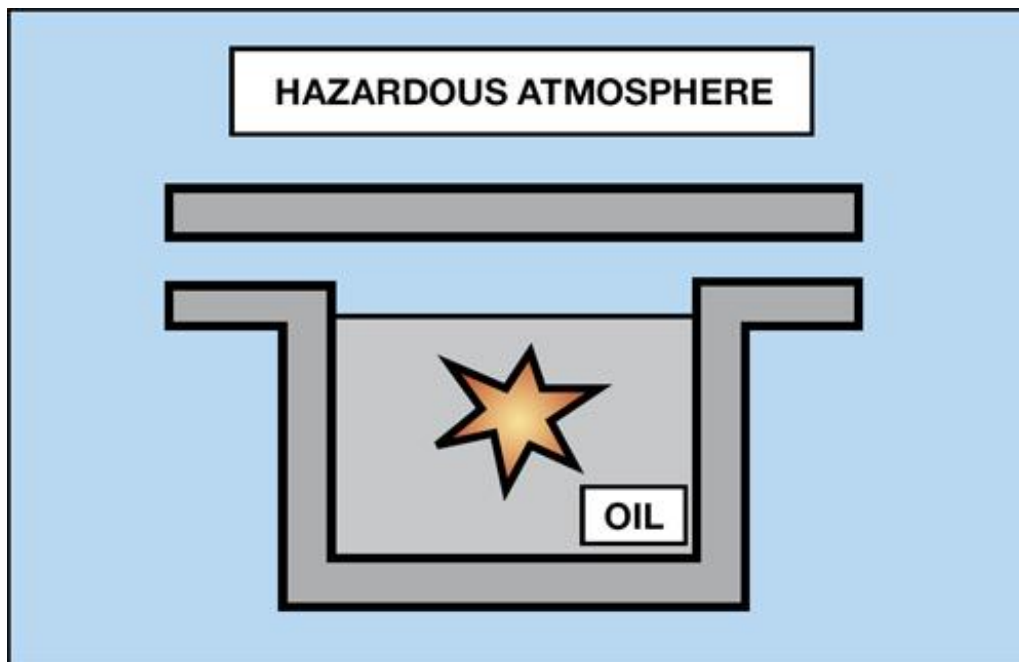
Ova vrsta zaštite se temelji na načelu odvajanja uzroka paljenja od eksplozivne atmosfere tako da se taj uzrok obloži krutom masom, koja se zalije oko uzročnika u tekućem stanju te nakon stvrdnjavanja polimerizacijom postaje kruta. Tim učinkom odvaja uzročnik od eksplozivne atmosfere. Postoje tri izvedbe koje se označuju sa 'ma', 'mb' i 'me'. Ovakve mase mogu biti raznog podrijetla, ali tehnički zahtjevi u odnosu na uranjanje, električnu izolaciju i otpornost na zagrijavanje svode raspoložive stvrdnjavajuće mase na manji broj. Epoksidne smole su imale mnogo prednosti dok se nije otkrila njihova štetnost po zdravlje radnika, tako da danas mnogo proizvođača traži primjenu u tehnici ovakvog načina zaštite. Osim tekućih masa, pojavile su se i mase u obliku kita, tj. plastične mase koje se mogu formirati u željeni oblik laganim tiskanjem. One nakon stvrdnjavanja postaju krute i ispunjavaju uvjete oblaganja. Bitan čimbenik za razine zaštite je električna i toplinska zaštita, jer prekomjerno zagrijavanje ugrožava svojstva protueksplozijske zaštite.[7]



Slika 7. Ilustracija oklapanja.[16]

## 5.7. Uranjanje „o“

Električna oprema tj. dijelovi opreme uranjaju se u tekućinu koja može biti mineralno ulje ili neke druge odgovarajuće zaštitne tekućine, ukoliko su prijetnja paljenju eksplozivne atmosfere, tako da ne mogu zapaliti eksplozivnu atmosferu iznad površine tekućine. Kao zaštitna tekućina može se koristiti mineralno ulje, silikonska tekućina, sintetska organska ester tekućina ili neka druga tekućina koja mora zadovoljavati određene zahtjeve. Ova vrsta zaštite namijenjena je električnim Ex-uredajima ili Ex-komponentama, a izvorno je bila namijenjena sklopnim uredajima. Otkrilo se da prekidanje električnog luka, s gašenjem mineralnim uljima, može iznad tekućine stvoriti eksplozivnu smjesu te se primjena ove vrste zaštite ograničava na uređaje koji u normalnom radu ne proizvode luk ili iskre. To su prvenstveno namoti transformatora i uredaji energetske elektronike ili općenito elektronike. Dakle tekućina može koristiti i za hlađenje uronjenih uređaja.[13]



Slika 8. Ilustracija zaštite uranjanjem.[16]

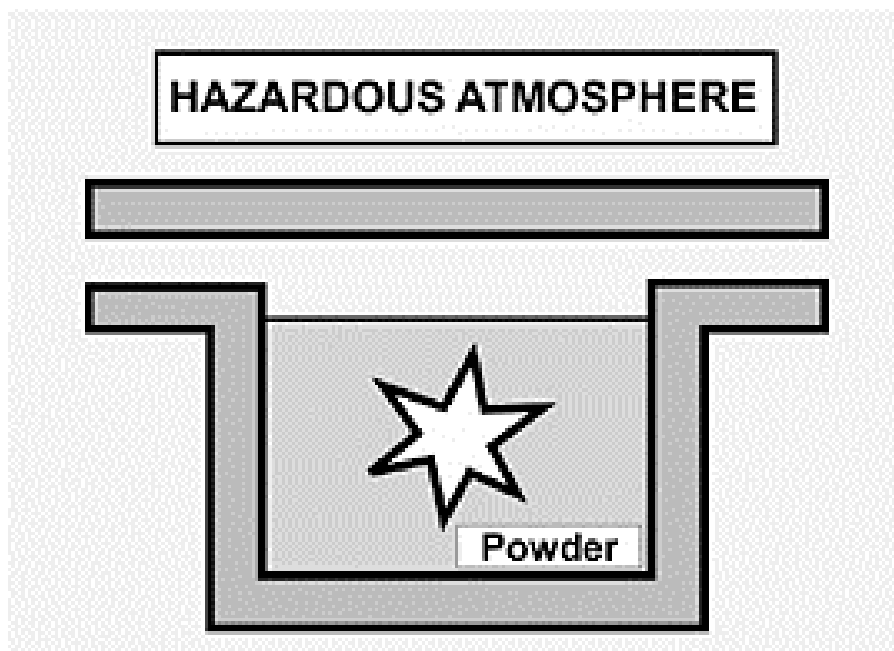
## 5.8. Nadtlak 'p'

Ova vrsta zaštite primjenjuje se na opremu sa i bez unutarnjeg izvora zapaljivog plina ili pare u kućištu opreme. Električni uređaji ili dijelovi, kod opreme bez izvora plina i para, koji mogu biti uzrok paljenja izoliraju se od okolne potencijalno eksplozivne atmosfere zrakom pod unutarnjim nadtlakom u odnosu na okolnu eksplozivnu atmosferu. S druge strane, oprema s izvorom plina ili para unutar kućišta, čija kućišta ventilacijom ili inertizacijom razrjeđuju ispod donje granice eksplozivnosti, na takav način da se u uređaji, tj. potencijalni uzročnici paljenja. Kod oba načina zaštite moraju se osigurati početni uvjeti provjetravanja prije stavljanja pod napon. Trajnom ventilacijom i/ili namjernim gubitkom zraka inertnog plina može se osigurati nadtlak električnih uređaja u kućištu opreme. Ovo je poznata tehnika protueksplozijske zaštite, posebno za opremu većeg obujma i motora većih snaga. Potrebno je osigurati potrebno razrjeđivanje unutar atmosfere ispod donje granice eksplozivnosti ili inertizacijom postići isti rezultat. To se postiže prvenstveno opremom instrumentacije u koju ulazi zapaljivi plin, zapaljive tekućine ili pare iz funkcionalnih razloga, kao što su npr. analizatori, a i razne procesne senzore, koja ne moraju biti u 'p' zaštititi. Za ovu tehniku zaštite mora se uzeti u razmatranje uvjete normalnog i nenormalnog rada, odnosno poremećaja ili kvara. Pri pojavi kvara, intenzitet ispuštanja izvora zapaljivog plina ili pare mora biti ograničen, što ovu vrstu zaštite čini izrazito složenom. Određivanje ove vrste zaštite je dosta složeno, zbog različitih okolnosti u odnosu postojanja izvora zapaljivog medija unutar kućišta.[13]

## 5.9. Punjenje „q“

Oblik zaštite u kojem se zatvaraju kućišta ispunjena kvarcnim pijeskom ili staklenim kuglicama. Tako da je uzročnik paljenja sa svih strana prekriven slojem pijeska ili staklenih kuglica. Procjenjeni potencijalni uzročnik paljenja, uronjen je u pijesak, odnosno staklene kuglice, tako da se onemogućuje paljenje vanjske okolne eksplozivne atmosfere. Time se ostvaruje gušenje inicijalnog paljenja eksplozivne atmosfere, a donekle i izloacija uzročnika od eksplozivne atmosfere. Masa punjenja je i medij za odvođenje topline gubitaka. U slučaju električnog luka, taljenjem kvarcnog pijeska ili

staklenih kuglica električnim lukom, stvara se zatvorena staklena komora oko luka, koja luk lokalizira i na kraju gasi. Kvarcni pijesak djeluje i kao električni izolator, pa zato treba biti dehidriran i impregniran protiv vlage. Dehidracija nije potrebna kod staklenih zrnaca. U principu postiže se odvajanje od eksplozijske atmosfere kao kod uranjanja u tekućine ili nadtlaka. No, materijal je ipak te ne može spriječiti eksplozivnu atmosferu da dođe u dodir s uzročnikom paljenja primjerice električnom iskrom ili zagrijanom površinom, ali zbog djelovanja gušenja ne može se razviti eksplozija. Dakle, može se zaključiti da se zaštita temelji na odvajanju od okolne eksplozivne atmosfere. U slučaju stvaranja staklene komorice i električnog luka te hermetičkog oklapanja luka i njegovog samogašenja, neće doći do paljenja vanjske okolne eksplozivne atmosfere.[13]



Slika 9. Ilustracija zaštite punjenjem.[17]



## 5.10. Zaštita kućištem „t“

Principi ove vrste zaštite jest zatvaranje električnih sastavnica u kućište. Ono sprječava prodor prašine u unutrašnjost i kod kojeg je temperatura vanjske površine ograničena kako bi se spriječilo tinjanje nataloženih slojeva prašine. Ova vrsta zaštite namijenjena je za sprječavanje paljenja opreme od oblaka zapaljive prašine koji čini eksplozivnu atmosferu, nataloženog sloja potencijalno zapaljive prašine na kućištu električne opreme. Oprema mora biti izvedena na način da osigurava za skupine prašina prema podjeli u odgovarajuću zapaljivu prašinu odnosno za: zapaljiva vlakna i pahuljice, zapaljive nemetalne prašine i zapaljive metalne prašine. Isto tako opremi mora biti ograničeno zagrijavanje, sukladno okolnoj temperaturi i zapaljivosti prašine prema: temperaturi tinjanja, odnosno paljenja sloja prašine, temperaturi paljenja okolnog oblaka zapaljive prašine. Cilj ove vrste zaštite da oprema ne uzrokuje paljenje eksplozivne atmosfere zapaljive prašine.[13]

## 6. ODRŽAVANJE OPREME I INSTALACIJA

U području protueksplozijske zaštite jedna od bitnijih komponenata same zaštite je održavanje, koje u svim slučajevima mora osigurati stanje električne opreme. Ona mora biti u onakvom stanju u uporabi onakva kakva je bila neposredno nakon proizvodnje i ispravne montaže, odnosno nakon instaliranja, sukladno propisima te uvjetima certifikata, izjava o sukladnosti, uputa proizvođača i sl. Posebni uvjeti uporabe, ukoliko postoje, vidljivi su iz broja tipskog certifikata i moraju biti jasno navedeni u dokumentaciji proizvođača.[4]

Nakon instaliranja počinje održavanje, u tehnološkom smislu i obuhvaća preglede i potrebne radove za osiguranje pravilnog rada opreme tokom korištenja i sastoji se od:

- vizualnog pregleda, kojim se identificiraju, bez upotrebe opreme ili alata, oni kvarovi, npr. nedostajući vijci, koji su vidljivi okom

- kontrolnog pregleda, koji obuhvaća postupke sadržane u vizualnom pregledu, i dodatno, identificira one kvarove, npr. labave priključke, koji se mogu otkriti samo upotrebom pristupne opreme, npr. stepenica i (po potrebi) alata
- detaljnog pregleda, odnosno pregleda koji obuhvaća postupke sadržane u kontrolnom pregledu, no dodatno identificira kvarove poput labavih priključaka koji se mogu otkriti samo pri otvaranju kućišta uređaja i provjerom njegovih komponenti uz uporabu alata i ispitne opreme
- prvog pregleda, odnosno pregleda električnih uređaja, sustava i instalacija prije stavljanja u pogon
- periodičkog pregleda koji uključuje pregled električnih uređaja, sustava i instalacija te se obavlja rutinski u određenom vremenskom periodu.
- pregleda uzoraka koji podrazumjeva pregled razmjernog dijela električnog postrojenja/sustava, uređaja i instalacija
- trajnog nadgledanja, odnosno konstantnog praćenja (stalno), pregleda, servisiranja, nadziranja te održavanja električnog postrojenja/sustava, uređaja i instalacija od strane iskusnog kvalificiranog te osposobljenog osoblja kako bi se osobine protueksplozijske zaštite opreme držale u zadovoljavajućem stanju
- izvanrednog pregleda koji se obavlja ako je došlo do neočekivanog događaja na postrojenju, primjerice neočekivane havarije ili obnavljanja dijela ili cijele instalacije, ili promjene tehnologije rada

Održavanju je bitno dati odeređenu ocjenu koja se može povezati sa procjenom rizika. Tako održavanje procjenjujemo kao: dobro, prihvatljivo ili loše te prema tome utvrđujemo rizike koji su prihvatljivi, podnošljivi ili nepodnošljivi. Naravno, uvijek treba težiti tom da održavanje bude dobro, odnosno da rizik bude prihvatljiv.[4]

## 7. PRIMJER PRIMJENE PROTUEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE U TVRTCI ŠIMUN J.D.O.O.

Za primjer je uzeta auto-radionica smještena u Daruvaru. U dostupnu dokumentaciju spada plan evakuacije i spašavanja te protokol o ispitivanju i pregledu elektroinstalacija u svrhu protupožarne i protueksplozijske zaštite. Naravno, ovo je objekt s manjim rizikom od nekih drugih postrojenja koja se bave preradom eksplozivnih tvari ili tekućina. No, radi se o prostoru u kojem zbog skladištenja raznih prerađevina, curenja plinova i sl. može doći do stvaranja i paljenja eksplozivne atmosfere. Plan evakuacije definira mikrolokaciju te pristupe za spasilačke službe u slučaju požara ili eksplozije. Određuje u koje vrijeme se osobe nalaze unutar objekta te definira evakuacijske puteve i sabirna mjesta evakuiranih osoba. Nadalje, definira opasne radne tvari koje se nalaze u objektu te su opasne i iznosi njihove karakteristike kao što se vidi iz dokumenta koji se nalazi na slici 10.

| Opasna tvar                              | Skladištenje                           | Osnovne karakteristike   |
|--|--|--|
| Plastika i papir                         | Ambalaža proizvoda                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gusti crni dim</li> <li>- Pojava vatre</li> <li>- u zatvorenom prostoru dovodi do gušenja smanjujući koncentraciju kisika u zraku,</li> <li>- moguće smrtne posljedice</li> </ul>   |
| Drveni elementi                          | Unutarnji inventar                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gusti bijeli dim</li> <li>- Pojava vatre</li> <li>- u zatvorenom prostoru dovodi do gušenja smanjujući koncentraciju kisika u zraku</li> </ul>  |
| Proizvodi od raznih artikala samog saloa | Ambalaža proizvoda                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gusti crni dim</li> <li>- Pojava vatre</li> <li>- u zatvorenom prostoru dovodi do gušenja smanjujući koncentraciju kisika u zraku,</li> </ul>   |
| Zemni plin                               | Unutar plinskog distributivnog sustava | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plin bez boje i okusa, odoriran, lakši je od zraka</li> <li>- Sa zrakom stvara eksplozivnu smjesu</li> <li>- u zatvorenom prostoru dovodi do gušenja smanjujući koncentraciju kisika u zraku</li> <li>- Udisanje plina uzrokuje ubrzani puls, smanjenje psihičke koncentracije, otežano disanje i umor, pri višim koncentracijama povraćanje, nesvjestica, nepokretnost, koma i smrt</li> </ul> |

Slika 10. Popis opasnih tvari u objektu.

Nadalje, navedene su osnove postupanja pri nastanku događaja poput eksplozije, požara, nekontroliranog istjecanja opasnih tvari i slično. U slučaju eksplozije to je: žurno sklanjanje iza ili ispod čvrstih građevinskih konstrukcija, po prestanku udara napuštanje prostora izlaskom u vanjski prostor izvan zone mogućeg urušavanja, ako je moguće isključiti iz pogona uređaje i instalacije struje i plina kako ne bi nastala dodatna eksplozija te ukoliko se instalacije električne struje ili plina ne mogu isključiti pozvati dežurne službe da osiguraju isključenje na svojim opskrbnim mrežama. Slijedeći je opisan postupak evakuacije, smjerovi kretanja i td. Na kraju dokumenta je priložen kratki podsjetnik o postupanju za djelatnike u slučaju iznenadnih događaja.

Slijedeći dokument prikazuje ispitivanje mjera zaštite. Izvršeno je mjerenje izolacijskih otpora megaohmmetrom. Provjerene su sve električne instalacije te je utvrđeno kako slijedi na slici 11. Ispitana je ispravnost zaštitnog uređaja, u ovom slučaju sklopke kao zaštite u obliku samosigurnosti.

| II. PROVJERA ELEKTRIČNE INSTALACIJE OČEVIDOM |  |                    |
|--|--|--------------------|
| 1.   | Zaštita od električnog udara :   | <u>Zadovoljava</u> |
| 2.   | Priključni vodiči :  | <u>Zadovoljava</u> |
| 3.   | Izbor i udešenost zaštitnih uređaja i uređaja za nadzor :                        | <u>Zadovoljava</u> |
| 4.   | Ispravnost sklopnih uređaja u pogledu rastavnog razmaka :                        | <u>Zadovoljava</u> |
| 5.   | Izbor opreme i mjere zaštite od požara :   | <u>Zadovoljava</u> |
| 6.   | Raspoznavanje neutralnog i zaštitnog vodiča :                                    | <u>Zadovoljava</u> |
| 7.   | Prisustvo shema, tablica upozorenja i sl. :                                      | <u>Zadovoljava</u> |
| 8.   | Raspoznavanje strujnih krugova, osigurača, sklopki i druge opreme :              | <u>Zadovoljava</u> |
| 9.   | Spajanje vodiča :  | <u>Zadovoljava</u> |
| 10.  | Pravilno polaganje vodova na mjestima koja su sklona zapaljenju :                | <u>Zadovoljava</u> |
| 11.  | Pravilno odvajanje vodova i elemenata el. instalacije od mjesta koja su goriva : | <u>Zadovoljava</u> |
| 12.  | Postava rastalnih elemenata u razvodne ormariće :                                | <u>Zadovoljava</u> |
| 13.  | Pristupačnost i osiguranje slobodnog prostora za rad i održavanje :              | <u>Zadovoljava</u> |

Slika 11.Primjer provjere instalacija.

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je više mjera zaštite te se naglašava specifičnost pojedinih načina zaštite i njihova uporaba. Rizik od nastanka eksplozivne atmosfere u raznim postrojenjima, čak i najmanjim objektima svodi se na minimum korištenjem spomenutih mjera zaštite, ovisno o potrebama postrojenja i vjerojatnosti nastanka eksplozije paljenjem eksplozivne atmosfere, odnosno o prirodi rada samog postrojenja. Danas, kao što vidimo postoje mnoga rješenja za spriječavanje pojave takvih događaja te se ona prilagođavaju uvjetima postrojenja. Poslodavac je dužan opskrbiti pogon ili bilo kakav objekt, skladište i sl. s odgovarajućom zaštitnom opremom te se brinuti o tom da je sva oprema pravilno održavana i u zadovoljavajućem radnom stanju. Ipak, kod većine slučajeva nezgoda, ljudski faktor je onaj koji igra veliku ulogu te je veliki naglasak na osposobljavanju radnika za rad s opremom koja može biti potencijalno opasna. Također se velika važnost pridaje klasifikaciji prostora kao mjeri zaštite, kao i održavanju i pregledavanju opreme.

## 9. LITERATURA

- [1] Sigurnost i zaštita na radu, Kem. Ind. 64 (9-10) (2015) 581–585  
(Postrojenja ugrožena eksplozivnom atmosferom – osiguranje sigurnosti i zaštite radnika i postrojenja) -  
<https://pierre.fkit.hr/hdki/kui/vol64/broj9-10/581.pdf>
- [2] INDUSTRY APPLICATION SPOTLIGHT: COMBUSTIBLE & EXPLOSIVE DUSTS -  
<http://www.clarcorindustrialair.com/Technical-Resources/Industrial-Filtration/Resource-Center/Industry-Application-Spotlights/controlling-combustible-explosive-dusts>
- [3] Explosion protection - Theory and practice -  
[https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads\\_ed/global/web\\_dwl\\_technical\\_info/5149416\\_EN\\_HQ\\_LR.pdf](https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dwl_technical_info/5149416_EN_HQ_LR.pdf)
- [4] Prof.dr.sc. Nenad J.J. Marinović, dipl. Inž. EI. OPREMA I INSTALACIJE ZA EKSPLOZIVNU ATMOSFERU (Svezak I.) ISBN 978-953-99973-2-6
- [5] STAHL crane systems -  
<https://www.stahlcranes.com/en/expertise/explosion-protection/principles.html>
- [6] Hrvatski zavod za norme/Croatian Standards institute - IEC STATUT I POSLOVNIK (uvod, članak 2.) – citat iz uvoda statuta, članka 1. i članka 2.  
[https://www.hzn.hr/UserDocsImages/Publikacije/IEC\\_Statut\\_I\\_Poslovnik.pdf](https://www.hzn.hr/UserDocsImages/Publikacije/IEC_Statut_I_Poslovnik.pdf)
- [7] Prof.dr.sc. Nenad J.J. Marinović, dipl. Inž. EI. OPREMA I INSTALACIJE ZA EKSPLOZIVNU ATMOSFERU (Svezak III.) ISBN 978-953-99973-4-0
- [8] ZNR – zastitanaradu.com.hr  
<https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Zastita-elektricnih-instalacija-niskog-napona-osiguracima-27>
- [9] Ministarstvo unutarnjih poslova Ravnateljstvo civilne zaštite - Igor Safić: Statički elektricitet kao potencijalni uzročnik paljenja eksplozivne atmosfere te mjere zaštite -  
[https://civilnazastita.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/eksplozivne%20atmosfere/bilten/bilten%202019/IIIc\\_Staticki%20elektricitet%20kao%20potencijalni%20uzrocnik%20paljenja.pdf](https://civilnazastita.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/eksplozivne%20atmosfere/bilten/bilten%202019/IIIc_Staticki%20elektricitet%20kao%20potencijalni%20uzrocnik%20paljenja.pdf)

- [10] Kemijski riječnik –  
<https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=katodna+za%C5%A1tita>
- [11] Ministarstvo unutarnjih poslova Ravnateljstvo civilne zaštite - Tomislav Mlinac:  
Opasnost od paljenja eksplozivne atmosfere uslijed elektromagnetskog zračenja  
[https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/eksplozivne%20atmosfere/bilten/bilten%202019/IIIb\\_Opasnost%20od%20paljenja%20eksplozivne%20uslijed%20elektromagnetsko%20zracenja.pdf](https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/eksplozivne%20atmosfere/bilten/bilten%202019/IIIb_Opasnost%20od%20paljenja%20eksplozivne%20uslijed%20elektromagnetsko%20zracenja.pdf)
- [12] ELECTRO-MECHANICAL ENGINEERING SERVICES FOR INDUSTRY - EX hazardous area electric motor repairs - <https://www.westindrives.com/ex-motors.html>
- [13] Prof.dr.sc. Nenad J.J. Marinović, dipl. Inž. EI. OPREMA I INSTALACIJE ZA EKSPLOZIVNU ATMOSFERU (Svezak II.) ISBN 978-953-99973-3-3
- [14] Hrvatska komora inženjera strojarstva - Osnove protueksplozijske zaštite,  
[http://www.hkis.hr/upload/documents/ssu/predavanja/20120923%20slavko%20rumbak-osnove%20protueksplozijske%20za%C5%A1tite\\_1%20dio.pdf](http://www.hkis.hr/upload/documents/ssu/predavanja/20120923%20slavko%20rumbak-osnove%20protueksplozijske%20za%C5%A1tite_1%20dio.pdf)
- [15] Pepperl fuchs - Enclosures (Ex d)  
[https://www.pepperl-fuchs.com/usa/en/classid\\_3074.htm](https://www.pepperl-fuchs.com/usa/en/classid_3074.htm)
- [16] KRC - Explosion Protection Method  
[http://www.krc2u.co.kr/tech/krc\\_tech\\_protectionMethod.html?ckattempt=1](http://www.krc2u.co.kr/tech/krc_tech_protectionMethod.html?ckattempt=1)
- [17] Automation.com - Methods of Protection in Hazardous (Explosion Risk) Locations: Containment, Segregation and Prevention (with Intrinsic Safety)  
<https://www.automation.com/library/articles-white-papers/machine-process-safe-guarding/methods-of-protection-in-hazardous-explosion-risk-locations>

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Prikaz trokuta gorenja (lijevo) i eksplozijskog peterokuta (desno).[2] ..... | 2  |
| Slika 2. Integrirana zaštita od eksplozije.[5] .....                                  | 6  |
| Slika 3. Ex oznaka.[11].....  | 13 |
| Slika 4. Primjer zona ugroženog prostora.[14] .....                                   | 15 |
| Slika 5. Montiranje osigurača.[8] .....   | 21 |
| Slika 6. Primjer kućišta za oklapanje.[15] .....                                      | 25 |
| Slika 7. Ilustracija oklapanja.[16] .....   | 27 |
| Slika 8. Ilustracija zaštite uranjanjem.[16] .....                                    | 28 |
| Slika 9. Ilustracija zaštite punjenjem.[17].....                                      | 30 |
| Slika 10. Popis opasnih tvari u objektu.....  | 33 |
| Slika 11.Primjer provjere instalacija.....  | 34 |

## POPIS TABLICA

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Temperaturni razredi plinova.[1] .....                          | 4  |
| Tablica 2. Izvori paljenja sa primjerima.[3] .....                         | 5  |
| Tablica 3. Potencijalni uzročnici paljenja eksplozivne atmosfere.[4] ..... | 9  |
| Tablica 4. Ugrožene zone u odnosu na izvor ispuštanja.[4] .....            | 17 |