



SIGURNOST I ZAŠTITA NA RADU

Uređuje: Indira Aurer Jezerčić

Mjere kojih se moraju pridržavati postrojenja ugrožena eksplozivnom atmosferom s ciljem smanjenja rizika od pojave eksplozije i požara predstavio je osposobljeni stručnjak za mjerenje i ispitivanje električnih instalacija u navedenim postrojenjima.

Indira Aurer Jezerčić

Postrojenja ugrožena eksplozivnom atmosferom – osiguranje sigurnosti i zaštite radnika i postrojenja

|| M. Čurin *

ZIRS d. o. o.

Ulica grada Vukovara 68

10 000 Zagreb

Uvod

U industriji se često susreće pojam eksplozivne atmosfere. Tipično opasne prostore nalazimo u kemijskim tvornicama, rafinerijama, radionicama boja i lakova, postrojenjima za mljevenje proizvoda, u skladištima zapaljivih plinova, tekućina i krutih tvari. U takvim opasnim prostorima moramo uvijek dobro obratiti pažnju na sve normalne, ali i nenormalne uvjete rada kod kojih može doći do pojave eksplozivne atmosfere. Također, bitno je identificirati sve potencijalne izvore paljenja te poduzeti sve radnje kako bi onemogućili nastanak eksplozije. Kako bi se onemogućio nastanak eksplozivne atmosfere, onemogućilo paljenje i ograničio učinak nastale eksplozivne atmosfere, potrebno je poznavati osnovne pojmove nastanka eksplozije i protueksplozijske zaštite, koji su opisani u prvom dijelu rada. U drugom dijelu rada prikazane su dužnosti poslodavaca koje proizlaze iz zakonske regulative u području prostora ugroženih eksplozivnom atmosferom.

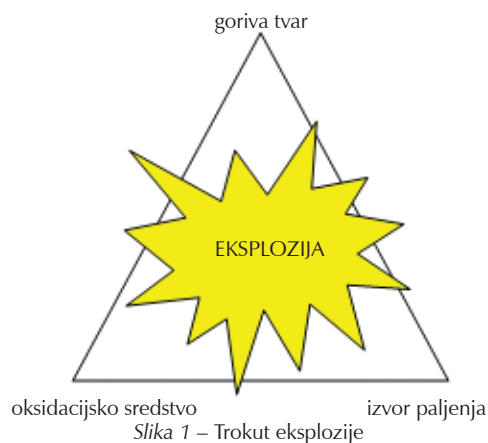
Osnovni pojmovi eksplozije i protueksplozijske zaštite

Što je eksplozija?

Eksplozija je pojava koja uključuje naglu oksidaciju koja uzrokuje nagli porast temperature i tlaka ili oboje istodobno. U pravilu, da bi došlo do eksplozije, potrebno je zadovoljiti tri uvjeta njezinog nastanka u isto vrijeme (tzv. trokut eksplozije):

- gorivo
- oksidacijsko sredstvo
- izvor paljenja

* Mislav Čurin, mag. ing. el. techn. inf., samostalni stručni suradnik – inženjer
e-pošta: mislav.curin@zirs.hr

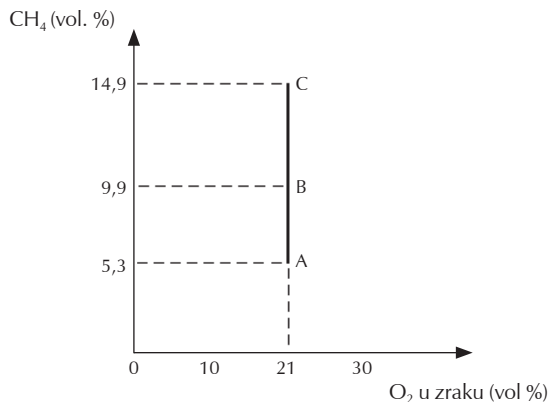


Gornja i donja granica eksplozivnosti

U trenutku kada koncentracija gorive tvari i oksidacijskog sredstva (npr. kisik u zraku) postigne donju granicu eksplozivnosti, izvor paljenja dostatne snage može uzrokovati zapaljenje takve eksplozivne atmosfere. Eksplozivna atmosfera je zapaljiva ako je mješavina zapaljive tvari i oksidacijskog sredstva u granicama eksplozivnosti. Raspon mogućeg nastanka eksplozije nalazi se između donje i gornje granice eksplozivnosti. Donja granica eksplozivnosti je minimalna koncentracija zapaljive tvari i oksidacijskog sredstva (zraka) koja može izazvati eksploziju. S druge strane, gornja granica eksplozivnosti je maksimalna koncentracija zapaljive tvari i oksidacijskog sredstva (zraka) koja može izazvati eksploziju. Ona koncentracija zapaljive tvari u smjesi kod koje dolazi do potpune oksidacije je *stehiometrijska smjesa*.

Za primjer uzmimo metan (CH₄), čija je donja granica eksplozivnosti 5,3 vol.%, a gornja granica eksplozivnosti 14,9 vol.% me-

tana u smjesi sa zrakom. U slučaju 9,5 vol.% metana u smjesi sa zrakom eksplozija će biti najjača, jer u tom slučaju govorimo o stehiometrijskoj smjesi. Na slici 2 Prikazane su granice eksplozivnosti (točke A i C) te stehiometrijska smjesa (točka B) za smjesu metana u zraku s 21 vol.% O₂ (izvor: M. Matasović, R. Marijan, I. Zulfikarpašić: Protueksplozijska zaštita električnih uređaja; Zagreb, ZIRS d. o. o.).



Slika 2 – Donja, gornja granica eksplozivnosti i stehiometrijska smjesa za smjesu metana u zraku s 21 vol.% O₂

Temperatura paljenja i temperaturni razredi zapaljivih plinova i para

Kada nastane eksplozivna smjesa, zadovoljena su dva od tri uvjeta nastanka eksplozije. Za paljenje takve smjese potreban je izvor topline koji na smjesu prenosi dovoljnu količinu topline da se postigne temperatura paljenja. U svrhu lakšeg odabira zaštitnih mjera zapaljive tvari podijeljene su u temperaturne razrede. Postoji ukupno šest takvih temperaturnih razreda (T1–T6), a viši razred ujedno predstavlja i veću opasnost zbog niže temperature paljenja.

U tablici 1 navedeni su temperaturni razredi zapaljivih plinova i para.

Tablica 1 – Temperaturni razredi zapaljivih plinova i para

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

Za primjer uzmimo protueksplozijski električni uređaj koji ima oznaku T2. Takav uređaj se pri radu ne zagrijava na temperaturu višu od 300 °C na mjestu dodira s eksplozivnom atmosferom. Iz toga proizlazi da se navedeni uređaj može upotrebljavati na mjestima pojave zapaljivih plinova i para razvrstanih u temperaturne razrede T2 i T1 zbog viših temperatura paljenja. Kod zapaljivih plinova i para nižih temperaturnih razreda (T3 do T6) takav uređaj ne smije se upotrebljavati.

Na slici 3 prikazana je pločica razvodne kutije u Ex-izvedbi (oznaka Ex) temperaturnog razreda T6 (vidjeti oznaku protueksplozijske zaštite Ex e II T6 tD A21 T80°C) namijenjene upotrebi na mjestima pojave zapaljivih plinova i prašina u industriji (kategorija uređaja II 2 GD), stupnja mehaničke zaštite IP 66.



Slika 3 – Pločica protueksplozijske razvodne kutije u pogonu kemikalija

Skupine plinova i para s obzirom na probojno paljenje

Eksperimentalnim proučavanjem eksplozija uočeno je da se, ukoliko promatramo pojavu eksplozije unutar zatvorenog kućišta uz zadovoljenje određenih uvjeta, eksplozija može prenijeti na vanjsku eksplozivnu atmosferu. Ta se pojava naziva *probojnim paljenjem* plamenom eksplozije. Dokazano je da su za sprječavanje prijenosa eksplozije izvan kućišta bitni iznosi širine i duljine raspora (između dvije susjedne sastavne plohe kućišta). Što je manja širina, a veća duljina raspora vjerojatnost pojave probojnog paljenja se smanjuje. Drugo svojstvo koje se iskoristilo za razvrstavanje plinova i para u skupine jest *minimalna struja paljenja*. Iskra koja nastaje prilikom uklopa/isklopa ispitnog strujnog kruga može upaliti eksplozivnu atmosferu u slučaju kada struja prelazi vrijednosti minimalne struje paljenja.

Upravo ta svojstva se primjenjuju kako bi se brojni plinovi i pare svrstali u tri skupine: II A, II B, II C. Najčešće se plinovi i pare nalaze u istim skupinama i u slučaju minimalnog raspora i minimalne struje paljenja. U tablici 2 prikazane su skupine plinova te predstavnik pojedine skupine.

Tablica 2 – Skupine plinova

| Skupine plinova | |
|-----------------|-----------------|
| I | metan |
| II A | propan |
| II B | etilen |
| II C | vodik, acetilen |

U slučaju prašina postoje tri skupine prašina s obzirom na specifični električni otpor: III A, III B i III C. U tablici 3 prikazane su tri skupine prašina.

Tablica 3 – Skupine prašina

| Skupine prašina | |
|-----------------|--------------------|
| III A | vlakanca |
| III B | nevodljiva prašina |
| III C | vodljiva prašina |

Izvori paljenja eksplozivne smjese

Nadalje, važno je obratiti pažnju na postojanje raznih uzročnika paljenja, koji mogu na eksplozivnu smjesu prenijeti dovoljnu količinu topline da pokrenu paljenje te smjese, odnosno eksploziju. Svi uzročnici paljenja imaju jednu zajedničku poveznicu – stvaranje visokih temperatura iznosa iznad temperature paljenja.

U tablici 4 prikazani su neki od izvora paljenja eksplozivnih smjesa, kao i nekoliko primjera.

Tablica 4 – Izvori paljenja

| Izvor paljenja | Primjer |
|--|--|
| vruće površine | vruća površina uređaja, zavojnice, kočnice |
| plamen i vrući plinovi | ispuh motora s unutarnjim izgaranjem |
| iskre | mehaničke i električne iskre |
| lukovi | kratki spojevi, uklop/isklop prekidača |
| električni uređaji | kolektori i kliznih prstenova, uklop/isklop kontakata |
| lutajuće struje | inducirane struje |
| statički elektricitet | strujanje fluida kroz plastičnu cijev, sintetička odjeća, remenski prijenosi |
| udar groma | atmosfersko pražnjenje |
| EM valovi $F = 10^{11} - 3 \times 10^{15}$ Hz | laserski snop |
| visoke frek. $10^4 \dots 3 \times 10^{12}$ | radio signali |
| ionizirajuća radijacija | radioaktivni materijal, X-zrake |
| ultrazvuk | apsorpcija energije uzrokuje zagrijavanje materijala |
| adijabatska kompresija | iznenadno otvaranje ventila |
| egzotermalna reakcija | kemijska reakcija |

(https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dwl_technical_info/5149416_EN_HQ_LR.pdf)

Zone opasnosti i važnost klasifikacije prostora ugroženih eksplozivnom atmosferom

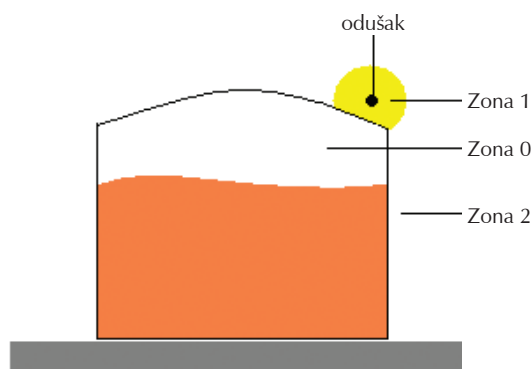
Tehnolozi u postrojenjima najbolje poznaju problematiku tehnološkog procesa, mjesta nastanka i izvore ispuštanja eksplozivnih tvari u pogonima. U suradnji s ovlaštenim projektantima, pomažu pri izradi klasifikacije prostora te podjeli prostora ugroženih eksplozivnom atmosferom (Ex-prostori) na zone. Ugroženi prostori u kojima je prisutna trajna eksplozivna atmosfera ili se takva atmosfera pojavljuje samo u određenim kraćim razdobljima dijele se na tri zone opasnosti.

U tablici 5 prikazane su zone opasnosti za plinove i prašine s obzirom na frekvenciju pojave i duljinu trajanja takve eksplozivne atmosfere.

Tabela 5 – Zone opasnosti za plinove i prašine

| Zone opasnosti – eksplozivna plinska atmosfera | |
|--|--|
| Zona 0 | prisutna konstantno ili dulje razdoblje |
| Zona 1 | pojava moguća u normalnom radu |
| Zona 2 | ne očekuje se pojava u normalnom radu, rijetko i u kratkom razdoblju |
| Zone opasnosti – eksplozivna atmosfera u obliku oblaka prašine | |
| Zona 20 | prisutna konstantno, učestalo ili dulje razdoblje |
| Zona 21 | pojava moguća u normalnom radu |
| Zona 22 | ne očekuje se pojava u normalnom radu, rijetko i u kratkom razdoblju |

Na slici 4 prikazane su zone opasnosti spremnika goriva.



Slika 4 – Zone opasnosti spremnika goriva

Obveze poslodavca glede sigurnosti i zaštite zdravlja radnika i provedba redovnog tehničkog nadgledanja u Ex-prostorima

Nakon određivanja zona opasnosti potrebno je tehničkim i organizacijskim mjerama spriječiti ili ograničiti nastanak i učinak eksplozije, osigurati educiranost osoblja, uvesti sustav održavanja i provoditi obvezna tehnička nadgledanja, a sve s ciljem postizanja zadovoljavajuće razine sigurnosti i zaštite radnika i postrojenja.

Prema Pravilniku o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom (NN br.39/06, 106/07) – dalje Pravilnik, koji je na snazi u skladu s člankom 103. Zakona o zaštiti na radu (NN br. 71/14), propisane su obveze poslodavca glede sigurnosti i zaštite radnika te provedbe tehničkog nadgledanja eksplozivnih prostora i postrojenja.

Sprječavanje eksplozije, izvora paljenja i širenja eksplozije

Poslodavac ima dužnost organizacijskim i tehničkim mjerama spriječiti eksploziju, provesti sve propisane zaštitne mjere od eksplozije i procijeniti rizik njezinog nastanka.

Prvi korak je sprječavanje pojave eksplozivne atmosfere (*primarna protueksplozijska zaštita*), a u postrojenjima gdje to nije izvedivo, treba spriječiti pojavu izvora paljenja takve atmosfere. U slučaju pojave eksplozije dužnost poslodavca je ublažiti njezino djelovanje i spriječiti širenje eksplozije u daljnji prostor (*sekundarna protueksplozijska zaštita*).

Uređaji i oprema koji se postavljaju u pojedinu zonu moraju zadovoljiti zahtjeve Pravilnika o opremi, zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom (*«Narodne novine», br. 123/05*).

Na slici 5 prikazano je rasvjetno tijelo u Ex-izvedbi postavljeno na postrojenju za obradu otpadnih voda.



Slika 5 – Rasvjetno tijelo u Ex-izvedbi

Procjena rizika

Dužnost poslodavca je procjenjivati rizik nastanka eksplozivne atmosfere te uzeti u obzir: vjerojatnost nastanka i trajanje nastale eksplozivne atmosfere, vjerojatnost aktiviranja izvora paljenja, instalacije, opremu i stvari te njihovo međudjelovanje, kao i razmjere učinaka koje očekujemo. Bitno je obratiti pažnju i na one prostore koji su povezani ili mogu biti povezani s prostorima u kojima je moguća pojava eksplozivnih atmosfera te i za njih izraditi procjenu rizika.

Stručnost kadrova

Poslodavac treba sve radnike i odgovorne osobe koje obavljaju bilo kakvu aktivnost u Ex-prostorima educirati o području protueksplozijske zaštite, osposobiti za rad na siguran način i za postupke pružanja prve pomoći.

PEX-odgovorne osobe i njihovi zamjenici moraju završiti specijalističku edukaciju više razine, odnosno PEX-seminar na RGN-u u Zagrebu. Voditelj kontrole, kontrolor/ispitivač te samostalni izvršitelj educiraju se kroz program niže razine. Program niže razine seminar je Učilišta ZIRS (pozitivno ocijenjen od Ex-agencije) ili odgovarajući seminari Ex-agencije.

PEX-odgovorne osobe prolaze vanjsku edukaciju više razine u razmacima od najviše tri godine. Ostale osobe obnovu znanja niže razine prolaze u razmacima od najviše pet godina. Takvu obnovu znanja moguće je organizirati kao unutarnju edukaciju, koju provode odgovorne osobe ili kao vanjsku nižu razinu obnove znanja kroz pojedine seminare Ex-agencije ili prethodno navedene osnovne (više i niže razine) programe edukacije. Tijekom tehničkog nadgledanja provjerava se i osposobljenost PEX-osoblja od strane ocjenjivača (ocjenjivači Ex-agencije).

Upute, dozvole za rad i poslovi koordinacije

Potrebno je izraditi pisane upute za izvođenje radova i jasno definirati dozvole koje je potrebno dobiti od strane odgovorne osobe prije početka izvođenja radova.

Kada se u prostoru nalaze radnici nekoliko pravnih osoba, svaki poslodavac odgovoran je za svoje radnje i postupke. Koordinacijom upravlja poslodavac koji je *Ex-priručnikom* zadužen za poslovne koordiniranja.

Označavanje prostora u kojima se može pojaviti eksplozivna atmosfera

Znakovima opasnosti jasno označiti Ex-prostore. Znakovi opasnosti od eksplozivne atmosfere i eksplozije prikazani su na slici 6.



Slika 6 – Znakovi opasnosti od eksplozivne atmosfere i eksplozije (izvor: ZIRS d. o. o.)

Tehničko nadgledanje i organizacija održavanja Ex-prostora i uređaja

Poslodavac je dužan osigurati tehničko nadgledanje nad svojim postrojenjima, uređajima, opremom, sredstvima za rad u građevinama i Ex-prostorima, kao i instalacijama koje služe povezivanju postrojenja, uređaja, opreme i sredstava rada u cjelinu (i u slučaju kada se nalaze izvan Ex-prostora, ali utječu na instalacije unutar prostora).

Tehničko nadgledanje postrojenja može biti:

- osnovno
- redovito
- kontrolno
- izvanredno.

Redovito tehničko nadgledanje provodi se jednom u tri godine, a prema potrebi rok može biti i kraći, u pravilu ne kraći od jedne godine.

Razlikujemo dva oblika tehničkog nadgledanja:

Tehničko nadgledanje projektne dokumentacije i postrojenja (odnosno izrada Ex-dokumenta)

Tehničko nadgledanje aktivnosti (odnosno ocjena osposobljenosti pravnih i fizičkih osoba za izvođenje električnih i neelektričnih instalacija, održavanje, popravak, obnovu i/ili pregradnju opreme o čemu se izdaje "potvrđnica").

Za primjer, tvrtka ZIRS d. o. o. osposobljena je za *Mjerenje i ispitivanje elektroenergetskih i elektroinstrumentacijskih instalacija* te posjeduje važeći tehnički nalaz temeljen na izvješću o provedenom tehničkom nadgledanju.



Slika 7 – Mjerni uređaj METREL EurotestXA – MI 3105 za mjerenje i ispitivanje elektroenergetskih i elektroinstrumentacijskih instalacija (<http://www.metrel.si.html>)

Poslodavac je dužan prije započinjanja posla izraditi *Dokument o protueksplozijskoj zaštiti*, koji obuhvaća projekte, studije, procjenu rizika i ostalu bitnu dokumentaciju vezanu uz Ex-prostor.

Provedbom tehničkog nadgledanja poslodavac pribavlja *Ex-dokument*, koji obuhvaća sljedeća poglavlja (tehničke nalaze): klasifikacija prostora, elektroenergetski uređaji, elektroinstrumentacijski uređaji, električne instalacije energetike, električne instalacije instrumentacije, neelektrični uređaji i instalacije, a prema potrebi i zahtjevu korisnika izrađuju se odvojeno poglavlja ostali uzročnici paljenja i održavanosti postrojenja.

Uzimajući u obzir sve tehničke nalaze i ostale tehničke čimbenike, poslodavac izrađuje *Ex-priručnik*, u skladu s HRN EN 60079-17, u kojem su iskazane sve bitne informacije i dokumentacija za

provođenje aktivnosti vezanih uz održavanje protueksplozijske zaštite. Ex-priručnik mora osigurati poslodavac prije početka radova u takvom prostoru/postrojenju te ga prilagođavati i doradivati u skladu s promjenama.

Održavanje Ex-postrojenja moguće je organizirati kroz vlastiti sustav održavanja. U tom slučaju poslodavac osigurava cjeloviti Ex-priručnik. Druga je opcija da se ugovori usluga održavanja s ovlaštenim održavačem (pod tehničkim nadgledanjem Ex-agencije). U tom slučaju poslodavac osigurava izradu "skraćenog Ex-priručnika" održavanja postrojenja, sklapa ugovor i uvodi sustav održavanja u suradnji s ovlaštenim održavačem.

Nadalje, sukladno Pravilniku (NN br. 39/06, 106/07) svako postrojenje ugroženo eksplozivnom atmosferom mora imati Ex-registrator, a za njegovo vođenje odgovorna je PEX-odgovorna osoba. Svi zapisi vezani uz radove na postrojenju unose se i pohranjuju u Ex-registrator.

Kod manjih tehnoloških postrojenja (plinske kotlovnice, benzinske postaje, lakirnice i sl.) vizualne i kontrolne preglede mogu raditi osobe educirane o protueksplozijskoj zaštiti. Te vrste pregleda obavljaju se prema HRN EN 60079-17, odnosno prema tablicama navedenim u Ex-priručniku. U slučaju potrebe za detaljnim pregledom, održavanjem ili popravkom, korisnik angažira ovlaštenu tvrtku za tu vrstu aktivnosti.

Svi pregledi evidentiraju se u uvezanu i numeriranu knjigu *Dnevnik radova* uz točno navedenu tablicu po kojoj je pregled izvršen.

U dnevnik radova navodi se tip, datum i vrijeme pregleda, daje se nalaz te ime, potpis i pečat ovlaštene osobe/tvrtke koja je pregled obavila te ime i potpis odgovorne osobe postrojenja ugroženog eksplozivnom atmosferom.

Kako bi odredili *periodiku pregleda* Ex-uređaja, uzimaju se u obzir razni čimbenici. PEX-odgovorna osoba može promijeniti periodiku ovisno o rezultatima ranije provedenih pregleda. Periodika između periodičnih pregleda ne smije biti dulja od tri godine.

Uređaji u ugroženom prostoru moraju posjedovati i *karton* sa svim potrebnim tehničkim podacima, kao i informaciju o datumima, rezultatima, tvrtkama i osobama koje su popravke i preglede provele. U slučaju ugradnje novih uređaja, izrađuje se ujedno i njihov karton. Uz karton potrebno je arhivirati i certifikat, tehničku uputu te izvještaje pregleda ili popravka (izvor: <http://www.ex-agencija.hr/dokumenti/tehnicke-upute/>).

Zaključak

Kako bi se spriječili neželjeni događaji i potencijalna ugroza sigurnosti i zdravlja radnika, odnosno oštećenje postrojenja, potrebno je osigurati primjenu i provjeru mjera navedenih u Pravilniku (NN 39/06, 106/07). Uvođenjem jasno definiranog sustava održavanja uređaja i opreme, redovitim periodičkim tehničkim nadgledanjem te cjeloživotnom edukacijom osoblja u Ex-prostorima moguće je osigurati prihvatljivu razinu rizika i postići zadovoljavajuću sigurnost radnika i postrojenja.