

Izvori ispuštanja i zone opasnosti vodoničnih instalacija

Vodonik ima široku primenu u savremenoj hemijskoj industriji (hidrogenizacija, desulfurizacija, ...), industriji nemetala (proizvodnja stakla i prerada dragog kamenja,...), prehrambenoj industriji, proizvodnja poluprovodnika, i sl. Takođe se koristi kao rashladni fluid (hlađenje turbina i generatora električne energije), noseći gas u gasnoj hromatografiji, za punjenje balona bez ljudske posade, ... Njegove smeše sa prirodnim gasom se koriste kao gorivo (gradski gas, generatorski gas, ...). Poslednjih godina se dosta istražuju mogućnosti za primenu vodonika kao goriva u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. U našoj državi vodonik se najčešće koristi kao rashladni fluid u elektranama i u hemijskoj industriji.

1 Uvod

I pored toga što je vodonik prisutan u našoj industriji više od 60 godina, i što prilikom rada sa njim postoje visoki rizici od požara i eksplozija, u našim tehničkim propisima nisu posebno definisane zone opasnosti i sigurnosna rastojanja za vodonične instalacije. U naredna dva odeljka će biti prikazan razvoj nacionalnih i NFPA propisa koji se odnose na upotrebu, držanje i skladištenje vodonika.

1.1 Nacionalni propisi koji definišu upotrebu, držanje i skladištenje vodonika

Savremeno uređenje zaštite od požara u Srbiji počinje donošenjem zakona [1]. Navedenim propisom je bilo definisano da je donošenje propisa iz oblasti zaštite od požara u nadležnosti federalnih organa. 1970. godine [1] je povučen i donet je zakon [2] koji je bio privremenog karaktera. On je nalagao svim federalnim jedinicama da donesu svoje zakone o zaštiti od požara do 31. decembra 1970, čime je ova oblast praktično prešla u nadležnost federalnih jedinica, pri čemu je promet eksplozivnih materijala ostao u nadležnosti federacije. Donošenje podzakonskih akata je bilo uglavnom u nadležnosti federacije i povereno je Jugoslovenskom zavodu za standardizaciju. U periodu do 1992. godine u Srbiji je usvojeno samo 5 podzakonskih akta koji nisu primenjivani u drugim federalnim jedinicama. Detaljniji podaci se mogu naći u radu [3]. Nadležnosti u oblasti protiveksplozijske zaštite Srbija je delimično preuzela 1977. godine donošenjem zakona [4]. 1981. godine usvojena je (na nivou federacije) grupa standarda JUS N.S.*** kojima je regulisana oblast protiveksplozijske zaštite. Ovi standardi su u to vreme bili deklarirani kao tehnički standardi sa obaveznom

primenom, i praktično su bili identični sa evropskim standardima grupe IEC 79. Obaveznost primene navedenih standarda bila je potvrđena pravilnikom [5]. Neki od standarda grupe IEC 79 su promenjeni 1986. godine, nakon čega su 1991. godine usvojene nove verzije odgovarajućih standarda grupe JUS N.S.***, čija je obaveznost primene potvrđena pravilnikom [6]. Danas su u evropskim zemljama standardi grupe IEC 79 zamenjeni standardima grupe EN 60079, a kod nas je grupa harmonizovanih propisa SRPS EN 60079 zamenila grupu JUS N.S.***. Donošenjem zakona [7] prestali su da važe članovi zakona [4] koji se odnose na zapaljive tečnosti i zapaljive gasove.

Jedini nacionalni propis koji se direktno bavi merama zaštite od požara i eksplozije prilikom upotrebe, držanja i skladištenja vodonika jeste [8], ali se on odnosi samo na specifične primene vezane za proizvodnju električne energije. Navedeni propis ne definiše sigurnosna rastojanja i zone opasnosti.

Sredinom sedamdesetih godina prošlog veka, Savezni zavod za standardizaciju je pripremio nacrt pravilnika [9], koji nikad nije usvojen, ali je korišćen kao tehnička preporuka prilikom projektovanja održavanja, izgradnje i rekonstrukcije instalacija koje koriste vodonik. Iako navedeni nacrt propisa nikad nije objavljen u celini, zone opasnosti koje je on definisao mogu se naći u knjigama [10] i [11]. Ističemo da su se one odlično pokazale u praksi i da su jedine dve zabeležene eksplozije vodonika na instalacijama koje su projektovane u Srbiji posledica lošeg održavanja predmetnih instalacija. Jedna od njih je eksplozija u neventilisanj akumulatorskoj stanici koja je detaljno opisana u [12], a druga je eksplozija u pogonu za elektrolitičku proizvodnju vodonika u termolektrani u Obiliću 6. juna 2014. godine.

Na osnovu navedenog u našoj državi se na upotrebu, držanje i skladištenje vodonika direktno odnose propisi [13], [7], [14], [8] i [15], a [16] i [17] indirektno.

1.2 NFPA standardi koji definišu upotrebu, držanje i skladištenje vodonika

Upotreba, držanje i skladištenje vodonika definisana je standardom [18]. U periodu od 1969. do 2005. u upotrebi je bio standard [19] koji je bio posvećen komprimovanom vodoniku a od 1968. do 2005. standard [20] koji je bio posvećen utečnjenom vodoniku. Od 2005. godine oba navedena područja primene su pripojena standardu [18]. Instalacije koje se koriste u hemijskim laboratorijama su izuzete iz prethodno spomenutog i predmet su posebnog standarda [21].

2 Opšti uslovi za upotrebu, držanje i skladištenje vodonika

Prema [7] držanje zapaljivih gasova je njihovo čuvanje ili odlaganje u građevinskim objektima, ili izvan njih, tako da njihova ukupna masa ne prelazi 30 kg. Skladištenje zapaljivih gasova je njihovo trajno ili povremeno bezbedno smeštanje, pri čemu je njihova ukupna masa veća od 30 kg. U tekstu koji sledi za držanje odnosno skladištenje koristićemo jedinstven termin – odlaganje.

Vodonik se u Srbiji koristi kao komprimovani gas, i može se nabaviti u bocama različitih zapremina u kojima je pritisak 150 bar ili 200 bar.

2.1 Odlaganje vodonika na otvorenom prostoru

Nacionalnim propisima za mesto odlaganja vodonika na otvorenom prostoru nezavisno od toga da li se odlaganje vrši u trajleru, rezervoaru ili bateriji boca postavljenoj ispod nadstrešnice, nisu definisana sigurnosna rastojanja. Opšte sigurnosno rastojanje primenljivo za sve zapaljive gasove definisano je članom 48 zakona [13] i iznosi 6 m od proizvoljnog objekta. U slučaju da se radi o poslovnom, stambenom ili javnom objektu ovo rastojanje bi trebalo povećati najmanje na 10 m koliko iznosi sigurnosno rastojanje propisano pravilnikom [17], za komprimovani prirodni gas.

Obavezne mere zaštite prilikom odlaganja vodonika na otvorenom prostoru su propisane zakonom [7] i su izložene u Tabeli 1.

Tabela 1. Mere zaštite prilikom odlaganja vodonika na otvorenom prostoru

-	Obaveza	Pravni osnov
1.1	Neophodno je izvesti stabilni sistem za ručnu dojavu požara	[7] - član 10
1.2	Neophodno je imati bezbedonosnu rasvetu	[7] - član 13
1.3	Neophodno je izvesti zaštitu od statičkog električnosti	[7] - član 14
1.4	Neophodno je izvesti zaštitu od atmosferskog pražnjenja	[7] - član 15
1.5	Neophodno je postaviti odgovarajuće aparate za gašenje požara	[7] - član 15
1.6	Radno angažovana lica moraju imati položen stručni ispit iz oblasti zaštite od požara	[7] - član 21

2.2 Korišćenje ili odlaganje vodonika u građevinskom objektu

Prilikom korišćenja ili odlaganja vodonika u zatvorenom prostoru prema zakonu, ukoliko se u predmetnom prostoru može formirati eksplozivna atmosfera, obavezne mere zaštite su propisane zakonom [7] i izložene su u Tabeli 2.

Pored navedenog prema pravilniku [16] objekti u kojima se odlaže ili koristi vodonik ne mogu imati stepen otpornosti prema požaru manji od III. Takođe prema pravilniku [14], industrijski objekti moraju biti izvedeni tako da se spreči prenošenje požara i efekata eksplozije na susedne objekte. Ispunjenost ovog zahteva postiže se bezbednosnim rastojanjem i/ili izgradnjom posebnog zida prema susednom objektu koji može sprečiti prenos eksplozivne smeše, požara i efekata

eksplozije (udarnog talasa, letećih fragmenata i sl.) na susedni objekat. Pravilnikom [14] definisano je da se bezbednosno rastojanje određuje proračunom u skladu sa srpskim ili stranim propisom kojim je obuhvaćena metodologija određivanja, uz saglasnost nadležnog organa za zaštitu od požara, ali da ono ne može biti manje od 9 m.

Tabela 2. Mere zaštite prilikom korišćenja ili odlaganja vodonika u građevinskom objektu

-	Obaveza	Pravni osnov
2.1	U objektu mora biti izveden stabilni sistem za dojavu požara	[7] - član 10
2.2	Prostorije u kojima se odlaže ili koristi vodonik moraju biti izdvojene u požarne sektore	[7] - član 11
2.3	Prostorije u kojima se odlaže ili koristi vodonik moraju biti imati eksplozivni odušak	[7] - član 12
2.4	Prostorije u kojima se odlaže ili koristi vodonik moraju imati bezbedonosnu rasvetu	[7] - član 13
2.5	Prostorije u kojima se odlaže ili koristi vodonik moraju imati sistem zaštite od statičkog elektriciteta	[7] - član 14
2.6	U objektu mora biti izveden stabilni sistem za zaštitu od atmosferskog pražnjenja	[7] - član 15
2.7	Neophodno je postaviti odgovarajuće aparate za gašenje požara	[7] - član 15
2.8	Radno angažovana lica moraju imati položen stručni ispit iz oblasti zaštite od požara	[7] - član 21

Uslovi koje mora da ispuni prostorija namenjena za odlaganje vodonika u građevinskom objektu, prema [18], su dati u Tabeli 3.

Tabela 3. Uslovi za odlaganje vodonika u građevinskom objektu, prema [18]

-	Obaveza	Pravni osnov
3.1	Zidovi, podovi i plafon moraju biti izrađeni od negorivog materijala	[18] – 6.5.1
3.2	Cela površina unutrašnjih zidova mora imati vatrootpornost veću od 2 sata	[18] – 6.5.1.1
3.3	Najmanje 25 % obima prostorije mora biti fasadni zid	[18] – 6.5.1.2
3.4	Otvori na unutrašnjim zidovima, podu i plafonu nisu dozvoljeni	[18] – 6.5.1.3
3.5	Obezbeđen podpritisak u prostoriji sa prinudnom ventilacijom ne slabijom od $5,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$	[18] – 6.5.2 [18] – 6.17.3.2
3.6	U sferi poluprečnika 15 m oko mesta ispuštanja vazduha iz sistema za ventilaciju ne smeju se postavljati spoljne jedinice za klimatizaciju niti bilo kakvi drugi kompresorski uređaji	[18] – 6.17.6
3.7	Prostorije u kojima se koristi ili odlaže vodonik najmanje su 6 m udaljene od mesta usisavanja vazduha u sistem za ventilaciju	[18] – 6.17.7
3.8	Obezbeđen eksplozivni odušak	[18] – 6.5.3
3.9	Količina vodonika koja se odlaže ne sme da bude veća od 425 m^3 (pri $p=101325 \text{ Pa}$, $T=273,15 \text{ K}$)	[18] – 6.6

Napominjemo da se navedene definicije (negorivost, vatrootpornost, ...) moraju preuzeti iz NFPA standarda, koji se razlikuju od srednjoevropskih. Pored toga objekat u kome se nalazi prostorija u kojoj se vrši odlaganje vodonika mora ispunjavati i sve

ostale uslove propisane NFPA standardima.

Uslovi za korišćenje vodonika u hemijskim laboratorijama definisani su u standardu [21]. On je teško primenljiv u našim uslovima jer, na primer zahteva obaveznu ugradnju stabilnog sistema za gašenje požara u svim hemijskim laboratorijama. Inače je ovim standardom količina svih zapaljivih gasova u nastavnim hemijskim laboratorijama ograničena na $2,8 \text{ m}^3$ (pri $p=101325 \text{ Pa}$, $T=273,15 \text{ K}$).

3 Zone opasnosti

U ovom odeljku daćemo pregled definicija zona opasnosti za instalacije i uređaje koji koriste vodonik i koje se uobičajeno koriste u našoj industriji. One su određivane prema [22] odnosno [23], ili su preuzete iz [9]. Takođe se mogu naći u knjigama [10] i [11].

Pored toga daćemo poređenja predmetnih definicija sa definicijama dobijenim proračunom u skladu sa važećim tehničkim propisima.

3.1 Zone opasnosti kompresora za vodonik, smeštenog u objektu druge namene

zona opasnosti 1

- horizontalno: 1 m oko gabarita kompresora;
- vertikalno: do plafona prostorije;

zona opasnosti 2

- prostorija za smeštaj kompresora, celom zapreminom;
- 1 m sferno oko ventilacionog otvora na krovu zgrade;
- 1 m horizontalno od zidu sa ventilacionim otvorima i vratima;

Istu rasprostranjenost zone 1 imaju i ostali elementi instalacija za vodonik (sušač, filter i sl.) koji su mogući izvori ispuštanja.

3.2 Zone opasnosti u objektu namenjenom za smeštaj kompresora za vodonik

Kompresorsko postrojenje je u zgradi, koja je slobodnostojeći objekat, lociran na nivou terena. Donja zona prostorije i krovna lanterna omogućavaju prirodnu ventilaciju. Izvori ispuštanja su sekundarni: kompresorski zaptivač, ventil ili prirubnički spoj.

zona opasnosti 2

- horizontalno: 3 m od izvora ispuštanja u prostoriji;
- vertikalno: do plafona prostorije;
- horizontalno: 1 m od ventilacionih otvora krovne lanterner;
- vertikalno: 1 m iznad ventilacionog otvora krovne lanterner.

3.3 Zone opasnosti kod sušača vodonika (vodoničkom hladnih generatora)

Kapacitet: $50 \text{ m}^3/\text{h}$; radni pritisak: 6,1 bar; temperatura vodonika: 45°C .

Sekundarni izvori ispuštanja su: spojna mesta, otvor sa providnim poklopcem na kućištu za vizuelnu kontrolu silikalgela i ventil.

Primarni izvor ispuštanja je ispusni otvor cevovoda za odvođenje vodonika u slobodan prostor izvan pogonskog objekta, jer je povremeno prisustvo zapaljivog gasa predviđeno tehnološkim postupkom.

zona opasnosti 0

- unutrašnja armatura cevovoda i apsorbera;

zona opasnosti 1

- sfera poluprečnika 1,5 m od ispusnog otvora cevovoda;

zona opasnosti 2

- prostor neograničeno uvis iznad zone 1;
- horizontalno: 3 m oko gabarita sušača;
- vertikalno: neograničeno uvis do prve prepreke.

3.4 Generatori u termoelektranama sa vodoničnim hlađenjem

Kućište turbogeneratora je konstruisano kao zaptiven čelični oklop u kome se nalaze stator i rotor generatora, hladnjaci vodonika, ležajevi vratila i dr. Vodonik se nalazi pod pritiskom od $2 \div 4 \text{ bar}$, a unutar kućišta prinudno cirkuliše pomoću aksijalnih ventilatora na vratilu, kroz rashladne kanale duž namotaja rotora, oko namotaja statora i kroz hladnjake vodonika. Zapremina vodonika u kućištu iznosi $50 \div 80 \text{ m}^3$, dok se ukupna količina vodonika za punjenje sistema kreće od $200 \div 550 \text{ m}^3$. Zbog gubitaka vodonika, iz kućišta generatora se dnevno u celom sistemu vodonika vrši nadoknada gasa u količini od $6 \div 15 \text{ m}^3$. Vodonik može da ističe kroz zaptivke ležajeva kućišta, prirubničkih spojeva itd. U sistemu za hlađenje generatora vodonikom nalaze se i: gasni panel, sušač vodonika, uređaji za drenažu kućišta generatora. Sistem ulja za zaptivanje, podmazivanje i hlađenje ležajeva generatora sastoji se od uređaja za zaptivno ulje, hladnjake ulja, sabirnog i ekspanzionog rezervoara, ventilskih stanica, drenaža i ispusta za izdvajanje vodonika u slobodan atmosferski prostor.

Izvori opasnosti generatora hlađenog vodonikom i njegovih pomoćnih uređaja su:

trajni

- ispusti vodonika iz generatora i iz sistema zaptivnog ulja;
- primarni

- drenaže generatora i sistema vodonika;

sekundarni

- kućište generatora sa ležajevima;
- svi ventili, prirubnički spojevi i zaptivači u instalaciji vodonika;
- analizatori vodonika i sušač vodonika;
- svi ventili, prirubnički spojevi, zaptivači u instalaciji ulja za zaptivanje u delu od ležaja generatora do rezervoara za izdvajanje vodonika iz ulja;
- uljne pumpe.

Zona opasnosti 0

- sfera poluprečnika 1,5 m oko ispusta vodonika iz vodoničnog sistema;
- sfera poluprečnika 1,5 m oko ispusta vodonika iz sistema zaptivnog ulja;

Zona opasnosti 1 ((krov mašinske sale)

- 3 m oko zone 0;

Zona opasnosti 2 (krov mašinske sale)

- horizontalno 3 m oko granice zone 1;
- vertikalno 12 m iznad granice zone 1;

Zona opasnosti 2 (u mašinskoj sali)

- horizontalno: prostor 3 m oko gabarita kućišta generatora;
- vertikalno: do plafona prostorije.

3.5 Postrojenje za regeneraciju rabljenih ulja

Tehnološki postupak koji je u primeni podrazumeva obradu propanom i vodonikom. Faze tehnološkog postupka su: filtriranje i odvajanje od vode i lakih benzinskih frakcija, mešanje sa propanom i tretman vodonikom. Procesno postrojenje je na otvorenom prostoru, proces je zatvorenog tipa i svi gasovi iz procesa se odvedu u baklju i spaljuju, a tečnosti sakupljaju u kolektor.

Zona opasnosti 1 (za vodonik)

- 5 m sferno oko vrha baklje;

Zona opasnosti 2 (za vodonik)

- 5 m sferno oko zone 1;
- 5 m sferno oko sekundarnih izvora ispuštanja.

3.6 Pokretni rezervoari – trajleri za vodonik, prema [8]

Izvori opasnosti su: trajni – unutrašnjost rezervoara i primarni – ventil za priključak na kolektor.

Zona opasnosti 0

- unutrašnjost trajlera;

Zona opasnosti 1

- horizontalno: 3 m oko trajlera;
- vertikalno: 7,5 m od najviše kote suda.

3.7 Pokretni rezervoari – trajleri za vodonik postavljene ispod nadstrešnice, prema [18]

Na nadstrešnici su izvedene lanterne.

Zona opasnosti 2

- horizontalno: 1 m oko trajlera;
- vertikalno: 1 m iznad nadstrešnice.

3.8 Otvor malog prečnika na vodoničnoj instalaciji u zatvorenom prostoru

U radu [24] je razmatran kao izvor ispuštanja otvor na vodoničnoj instalaciji, površine manje od 0,025 mm². Proračunom sprovedenim prema [15] je pokazano da se u predmetnom prostoru ne formiraju zone opasnosti ako je obezbeđena odgovajuća mehanička ventilacija.

3.9 Prirubnica na sušaču vodonika (vodonikom hladnih generatora)

Izvedena je na 9,5 m iznad poda prostorije, postavljena na zidu. Proračun je urađen u [25], primenom standarda [15].

Zona opasnosti 2

- horizontalno: 3 m od izvora ispuštanja;
- vertikalno: do plafona prostorije i 3 m ispod izvora ispuštanja.

3.10 Prirubnica na gasnom panelu sušaču vodonika (vodonikom hladnih generatora)

Izvedena je na 1,5 m iznad poda prostorije, postavljena nazidu.

Proračun je urađen u [25], primenom standarda [15].

Zona opasnosti 2

- horizontalno: 2 m od izvora ispuštanja;
- vertikalno: od poda do plafona prostorije.

4 Zaključak

Na osnovu prethodnih razmatranja možemo da zaključimo da su definicije zona opasnosti za vodonične instalacije koje su korišćene u Srbiji adekvatne, i pored međusobne neusaglašenosti (uporedite odeljke 3.1 i 3.2 ili 3.3 i 3.4) zato što na instalacijama koje su projektovane i izvedene u skladu sa njima nije bilo eksplozija, osim u slučajevima lošeg održavanja. Takođe nesumnjivo je da su zone opasnosti definisane po [17], koji je u našoj državi obavezan za primenu, obično uže ili ih nema. Američki propis [21] daje znatno uže zone (uporedite odeljke 3.6 i 3.7) ali je teško primenljiv u srednjeevropskim državama zato što predmetna instalacija mora ispunjavati i sve ostale uslove propisane NFPA standardima.

Literatura

- [1] ***, *Osnovni zakonom o zaštiti od požara*, Službeni list Federativne Narodne Republike Jugoslavije, 18/1956.
- [2] ***, *Opšti zakon o zaštiti od požara*, Službeni list Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije 25/1970.
- [3] **Arandelović, I., R. Rajić, N. Tanasić**, *Pregled i klasifikacija nacionalnih propisa iz oblasti zaštite od požara*, Procesna tehnika (2022), (prihvaćen za štampu).
- [4] ***, *Zakon o eksplozivnim materijama, zapaljivim tečnostima i gasovima*, Službeni glasnik Socijalističke Republike Srbije 44/1977, 45/1985, 18/1989 i Službeni glasnik Republike Srbije 53/1993, 67/1993, 48/1994, 101/2005.
- [5] ***, *Pravilnik o Jugoslovenskim standardima za protiv eksplozijsku zaštitu*, Službeni list Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, 18/1981.
- [6] ***, *Pravilnik o Jugoslovenskim standardima za protiv eksplozijsku zaštitu*, Službeni list Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, 62/1991 i 10/1992.
- [7] ***, *Zakon o zapaljivim i gorivim tečnostima i zapaljivim gasovima*, Službeni glasnik Republike Srbije 54/2015.
- [8] ***, *Propisi o tehničkim merama za izgradnju, pogon i održavanje električnih generatora i sinhronih kompenzatora hladnih vodonikom*, Službeni list Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, 13/1969.
- [9] ***, *Nacrt pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu od požara i eksplozija pri projektovanju i izgradnji sistema za vodonik, uskladištavanje i korišćenju sudova za vodonik*, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1975.
- [10] **Erić, M.**, *Protivpožarna i preventivno tehnička zaštita*, Jel&Mil, Čačak, 2003.
- [11] **Jovanov, R., N. Kleut**, *Prostori ugroženi eksplozivnim smešama*, INN Vinča, Beograd 1994.
- [12] **Šupić, O., Č. Žmirić, N. Nikolić**, *Analiza uzroka i posledica eksplozije vodonika u skloništu, nastale pri prepunjavanju nikl – kadmijumovih baterija*, Vojnotehnički glasnik (1994), 42:6, 532 –

537.

[13] ***, *Zakon o zaštiti od požara*, Službeni glasnik Republike Srbije 111/09, 20/15 i 87/18.

[14] ***, *Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu industrijskih objekata od požara*, Službeni glasnik Republike Srbije 1/2018.

[15] ***, *SRPS EN 60079 – 10 – 1:2017, Eksplozivne atmosfere – Deo 10-1: Klasifikacija prostora – Eksplozivne gasovite atmosfere*, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd 2017.

[16] ***, *Pravilnik o tehničkim normativima za instalacije hidrantske mreže za gašenje požara*, Službeni glasnik Republike Srbije 3/2018.

[17] ***, *Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od požara stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene*, Službeni glasnik Republike Srbije 22/2019.

[18] ***, *NFPA 55:2020 – Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code*, National Fire Protection Association, New York 2020.

[19] ***, *NFPA 50A:1999 – Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites*, National Fire Protection Association, New York 1999.

[20] ***, *NFPA 50V:1999 – Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites*, National Fire Protection Association, New York 1999.

[21] ***, *NFPA 45:2019 – Fire Protection for Laboratories Using Chemicals*, National Fire Protection Association, New York 2019.

[22] ***, *SRPS N.S8.007:1981, Protiveksplozijska zaštita - Zone opasnosti prostora ugroženih eksplozivnim smešama gasova i para*, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1981. (prevod standarda IEC 79-10:1979)

[23] ***, *SRPS N.S8.007:1991 (izmene SRPS N.S8.007/1:1992), Protiveksplozijska zaštita - Zone opasnosti prostora ugroženih eksplozivnim smešama gasova i para*, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1991. (prevod standarda IEC 79-10:1986)

[24] **Gojić, M., N. Tanasić, I. Arandelović**, *Influence of ventilation system effectiveness on the safety of hydrogen storage and transportation applications*, Book of abstracts of the Second International Symposium on Risk analysis and Safety of Complex Structures and Components, p. 56, The Society for Structural Integrity and Life, Belgrade, Serbia, 2023.

[25] **Nikolić, S.**, *Analiza zona opasnosti na mestima ugroženim od eksplozije vodonika u mašinskoj sali TE „Morava“ Svilajnac*, master rad, Mašinski fakultet Beograd, Srbija, 2021.

Napomena: Rad je izložen na 36. Mađunardnom kongresu o procesnoj industriji, 1.-2. jun 2023. godine, Šabac i u celosti je štampan/objavljen u Zborniku radova.

Autor

Ivan ARANĐELOVIĆ
Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet
iarandjelovic@mas.bg.ac.rs

Radenko RAJIĆ
Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd
Odsek za saobraćaj, mašinstvo i inženjerstvo zaštite,
Zemun
rrajic@tehnikum.edu.rs

Nikola TANASIĆ
Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd
Odsek za saobraćaj, mašinstvo i inženjerstvo zaštite,
Zemun,
ntanasic@tehnikum.edu.rs




Bilten