

Primjena spremnika u sigurnoj distribuciji opasnih tekućih sirovina

Fabijanec, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:138336>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ZAGREB**

Valentina Fabijanec

**PRIMJENA SPREMNIKA U SIGURNOJ DISTRIBUCIJI OPASNIH
TEKUĆIH SIROVINA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA SPREMNIKA U SIGURNOJ DISTRIBUCIJI
OPASNIH TEKUĆIH SIROVINA
APPLICATION OF TANKS IN THE SAFE DISTRIBUTION OF
HAZARDOUS LIQUID RAW MATERIALS**

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Rožić

Studentica: Valentina Fabijanec

Predmet: Zaštita u prometu

JMBAG: 0135236614

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK:

Opasnim tvarima smatraju se tvari koje zbog svojih svojstava (otrovnost, zapaljivost, eksplozivnost, korozivnost i sl.) mogu ugroziti zdravlje ili život ljudi, prouzročiti materijalnu štetu ili ugroziti i oštetiti okolinu (tlo, vodu, zrak). Kako bi se održala sigurnost i očuvanje radne okoline i ljudi, na svakom spremniku potrebni su sigurnosni elementi. Sigurnosni elementi se koriste za sprječavanje sigurnosnih incidenata ili u slučaju incidenta kako bi se smanjili razmjeri samog incidenta. Postoji više vrsta spremnika ovisno o namjeni i sirovini koja je skladištena i distribuirana. Tako se spremnici razlikuju u obliku, materijalu izrade i pripadajućim sigurnosnim i praktičnim elementima. U ovom radu će konkretno biti riječ o različitim tekućim sirovinama koje su klasificirane kao opasne tvari. U praksi, spremnik za tekuće sirovine je uvijek cilindričnog oblika, no količina skladištene tvari određuje njegovu orijentaciju, odnosno horizontalna orijentacija spremnika se upotrebljava kod manjih količina tekuće tvari, dok se vertikalna koristi kod skladištenja većih količina tekuće tvari zbog većeg strukturalnog integriteta.

KLJUČNE RIJEČI:

Opasne tvari, skladištenje, spremnici, prijevoz, opasne tekućine.

SUMMARY:

Dangerous substances are substances that due to their properties (toxicity, flammability, explosiveness, corrosivity, etc.) can endanger human health or life, cause material damage or endanger and damage the environment (soil, water, air). In order to maintain the safety and preservation of the working environment and people, each container requires security elements. Security features are used to prevent security incidents or in the event of an incident to reduce the scale of the incident itself. There are several types of containers depending on the purpose and raw material that is stored and distributed. The tanks differ in shape, material and associated safety and practical elements. This paper will specifically address various liquid raw materials that are classified as hazardous substances. In practice, the container for liquid raw materials is always cylindrical in shape, but the amount of stored substance determines its orientation, the horizontal orientation of the container is used for smaller quantities of liquid, while the vertical is used for storing larger quantities of liquid due to greater structural integrity.

KEY WORDS:

Dangerous goods, storage, tanks, transport, hazardous liquids.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Vrste opasnih tvari i njihove karakteristike	2
2.1. Klasa 1 opasnih tvari – eksplozivi.....	2
2.2. Klasa 2 opasnih tvari – plinovi	3
2.3. Klasa 3 opasnih tvari – zapaljive tekućine	4
2.4. Klasa 4 opasnih tvari – zapaljive krute tvari	5
2.4.1. Klasa 4.1 opasnih tvari – zapaljive krute tvari koje nisu sklone samozapaljenju	5
2.4.2. Klasa 4.2 opasnih tvari – samozapaljive tvari.....	6
2.4.3. Klasa 4.3 opasnih tvari – tvari koje s vodom razvijaju zapaljive plinove.....	6
2.5. Klasa 5 opasnih tvari – oksidirajuće tvari i organski peroksidi.....	7
2.5.1. Klasa 5.1 opasnih tvari – oksidirajuće tvari	7
2.5.2. Klasa 5.2 opasnih tvari – organski peroksidi	7
2.6. Klasa 6 opasnih tvari – otrovne i infektivne tvari	8
2.6.1. Klasa 6.1 opasnih tvari – otrovne tvari	8
2.6.2. Klasa 6.2 opasnih tvari – infektivne tvari	9
2.7. Klasa 7 opasnih tvari – radioaktivne tvari	9
2.8. Klasa 8 opasnih tvari – korozivne tvari	10
2.9. Klasa 9 opasnih tvari – različite opasne tvari i predmeti.....	11
3. Osnovni elementi prijevoza opasnih tekućina	13
3.1. Zakonske regulative u pojedinim prometnim granama	13
3.2. Prijevozna sredstva za opasne tekućine	17
3.3. Obilježavanja vozila i postupci u slučaju nesreće	20
4. Elementi spremnika za skladištenje opasnih sirovina.....	24
4.1. Podjela i uporaba spremnika za skladištenje tekućih sirovina.....	24
4.1.1. Podjela s obzirom na oblik	24
4.1.2. Podjela s obzirom na materijal izrade	25

4.1.3.	Podjela s obzirom na materijal skladištenja	26
4.2.	Sigurnosni elementi spremnika	26
4.2.1.	Mjerna osjetila.....	27
4.2.2.	Prekotlačni ventil.....	30
4.2.3.	Rasprskavajući disk.....	31
4.2.4.	Odzračni sustav spremnika.....	31
4.2.5.	Ekscesni razvod spremnika	32
4.2.6.	Hvatač plamena	32
4.2.7.	Sabirni prostor	33
4.2.8.	Inertizacija spremnika	33
4.2.9.	Protueksplozivna zaštita opreme	34
5.	Praktični primjer spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina u kemijskoj industriji	36
5.1.	Primjer spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina	36
5.2.	Prijedlog spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina	38
5.3.	Usporedba sigurnosnih elemenata spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina.	42
6.	Zaključak.....	45
	Literatura	47
	Popis slika	51
	Popis tablica	53
	Popis kratica	54

1. Uvod

Opasnim tvarima smatraju se sve tvari koje svojim djelovanjem mogu ostaviti štetne posljedice na okoliš, biljni, životinjski i ljudski život. U ovom diplomskom radu riječ je o spremnicima za opasne tekuće sirovine i njihovim poboljšanjima kako bi se smanjili rizici od incidentnih događaja.

Pod poglavljem Vrste opasnih tvari i njihove karakteristike, navedena je podjela opasnih tvari po klasama opasnosti, njihove karakteristike, te su prikazane listice opasnosti za svaku pojedinu klasu.

Nadalje u radu, u trećem poglavlju, navedeni su osnovni elementi prijevoza, te su pod potpoglavljima opisani zakoni koji se primjenjuju u pojedinim prometnim granama. Navedeni su i uvjeti koje mora zadovoljiti vozilo za prijevoz opasne tvari, te njihova podjela. Objašnjena su prijevozna sredstva koja se koriste u cestovnom i vodnom prometu, te je opisano kako se obilježavaju vozila koja prevoze opasne tvari i postupci koji se primjenjuju u slučaju nesreće.

Poglavlje pod nazivom Elementi spremnika za skladištenje opasnih sirovina sadrži i opisuje podjele spremnika s obzirom na oblik, materijal izrade i materijal skladištenja. Nadalje navedeni su i opisani sigurnosni elementi spremnika za prijevoz opasnih tekućina.

U petom poglavlju, prikazana je shema spremnika koji se koristi za skladištenje opasnih tekućih sirovina, te je predložena shema novog spremnika s više sigurnosnih elemenata koji bi se također mogao koristiti za skladištenje opasnih tekućih sirovina, te bi se tako smanjili rizici od incidenata.

Pod poglavljem Zaključak, nalazi se sustavan i cjelovit prikaz svih rezultata dobivenih ovim istraživanjem. Metoda koje je korištena za izradu diplomskog rada je metoda analize.

Na samom kraju nalazi se popis literature korištene za izradu završnog rada, popis slika, popis tablica, te popis kratica koje su korištene u radu.

2. Vrste opasnih tvari i njihove karakteristike

Podjela opasnih tvari definirana je Europskim sporazumom o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari, odnosno Zakonom o prijevozu opasnih tvari prema kojem se propisuju uvjeti za prijevoz opasnih tvari u pojedinim granama prometa, obveze osoba koje sudjeluju u prijevozu, uvjeti za ambalažu i vozila, uvjeti za imenovanje sigurnosnih savjetnika te prava i dužnosti, nadležnost i uvjeti za provođenje osposobljavanja osoba koje sudjeluju u prijevozu, nadležnost državnih tijela u vezi s tim prijevozom, te nadzor nad provođenjem zakona [12].

U Tablici 1. prikazana je klasifikacija opasnih tvari prema ADR-u¹.

Tablica 1. Klasifikacija opasnih tvari

Klasa 1	eksplozivne tvari i predmeti s eksplozivnim tvarima
Klasa 2	plinovi
Klasa 3	zapaljive tekućine
Klasa 4	zapaljive krute tvari
Klasa 5	oksidirajuće tvari i organski peroksidi
Klasa 6	otrovne i infektivne tvari
Klasa 7	radioaktivni materijal
Klasa 8	nagrizajuće (korozivne) tvari
Klasa 9	ostale opasne tvari i predmeti

Izvor:autor prema podacima [13]




2.1. Klasa 1 opasnih tvari – eksplozivi

Tvari klase 1 razvrstane su u podskupine od 1.1 do 1.6 pri čemu je najviše opasno 1.1, zatim 1.5, 1.2, 1.3, 1.6, te 1.4 najmanje opasna tvar. Svaka podskupina opasnih tvari označava se listicom opasnosti kao oznakom koja se stavlja na pakiranje opasne tvari, te ako je tank ujedno i pakiranje, cisterna ili kontejner, kako bi se što bolje i uočljivije ukazalo na opasna svojstva tvari koje se prevoze. [14] U Tablici 2. prikazana je podjela opasnih tvari klase 1 s pripadajućim listicama opasnosti.

Tablica 2. Podjela opasnih tvari klase 1 s pripadajućim listicama

	1.1: tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od masovne eksplozije 1.2: tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od „ispaljivanja“, ali ne masovne eksplozije 1.3: tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od zapaljenja i manja eksplozivna opasnost ili „ispaljivanje“, ali ne opasnost od masovne eksplozije
--	--

¹ADR - Europski sporazumom o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari, eng. European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.

	1.4: tvari i predmeti koji ne predstavljaju značajnu opasnost
	1.5: vrlo neosjetljive tvari kod kojih postoji opasnost od masovne eksplozije
	1.6: ekstremno neosjetljive tvari kod kojih ne postoji opasnost od masovne eksplozije

Izvor: autor prema podacima [14]

2.2. Klasa 2 opasnih tvari – plinovi

Generalna podjela plinova je na zapaljive plinove, nezapaljive i netoksične plinove te na otrovne plinove. S obzirom na svojstva plinova podjela je sljedeća:

- Stlačeni - potpuno plinoviti pri -50°C
- Ukapljeni - djelomično tekući iznad -50°C
- Pothlađeni ukapljeni - djelomično tekući pri niskim temperaturama
- Otopljeni plin - rastopljeni u tekućem otapalu
- Aerosolni sprejevi - raspršivači
- Adsorbirani plin - kada je zapakiran za prijevoz adsorbira na krutu porotnu tvar što stvara unutarnji tlak
- Ostali predmete koji sadrže plinove pod tlakom. [14]

Na slici 1. prikazane su listice opasnosti klase 2 opasnih tvari. Crvene listice koriste se za označavanje zapaljivih plinova, zelene za označavanje neotrovnih i nezapaljivih plinova, žuta listica označava plinove koji u doticaju s kisikom postaju zapaljivi, te bijela listica označava otrovne plinove.



Slika 1. Označavanje Klase 2
Izvor: [15]

2.3. Klasa 3 opasnih tvari – zapaljive tekućine

Zapaljive tekućine se također mogu podijeliti u nekoliko podskupina. Kriterij prema kojem se zapaljive tekućine klasificiraju po podgrupama je temperatura plamišta². Podjela je sljedeća:

- Zapaljive tekućine s niskim plamištem do 18°C
- Zapaljive tekućine s umjerenim plamištem i točkom zapaljenja između 18°C i 23°C
- Zapaljive tekućine s visokim plamištem i točkom zapaljenja od 23°C do 61°C.

[3]

Zapaljive tekućine koje imaju točku plamišta i zapaljena iznad 61°C, ne smatraju se opasnim tekućinama. [3]

U pravilu tekućine ne gore, već gore njihove pare koje nastaju isparavanjem i njihovim zagrijavanjem. Pare u određenom omjeru s izvorom topline i zrakom mogu eksplodirati. Eksplozija se događa u tzv. području eksplozivnosti³. Što je donja granica eksplozivnosti niža,

² Temperatura tekućine nad čijom se površinom razvije dovoljna količina para koje se uz neki izvor topline mogu upaliti.

³ Područje između gornje i donje granice eksplozivnosti para u zraku.

a područje eksplozivnosti šire, opasnost je veća. Vrelište je temperatura na kojoj se tlak pare izjednači s atmosferskim tlakom. Većinom su sve pare zapaljivih tekućina teže od zraka. [14]

Na slici 2. prikazane su listice opasnosti za označavanje klase 3 opasnih tvari koje moraju imati sva prijevozna sredstva koja ih prevoze. Oznaka je crvene boje s crnom ili bijelom oznakom plamena u gornjem dijelu i oznakom broja klase u donjem dijelu.



Slika 2. Listice opasnosti klase 3 opasnih tvari
Izvor: [14]

2.4. Klasa 4 opasnih tvari – zapaljive krute tvari

Klasa 4 opasnih tvari podijeljena je u tri klase. Klasa 4.1 opasnih tvari obilježava zapaljive krute tvari koje nisu sklone samozapaljenju, ali se u suhom stanju mogu lako zapaliti u dodiru s iskrom ili plamenom. U klasu 4.2. spadaju tvari sklone samozapaljenju i čvrste tvari koje se pale u dodiru sa zrakom ili vodom bez posredovanja drugih tvari, dok u klasi 4.3. pripadaju tvari koje u dodiru s vodom razvijaju zapaljive plinove.

2.4.1. Klasa 4.1 opasnih tvari – zapaljive krute tvari koje nisu sklone samozapaljenju

Zapaljive krute tvari, u dodiru s plamenom ili iskrom, mogu se lako zapaliti. Ugljen, sijeno, celuloza, škrob, šećer, brašno, laki metali i dr. posebno su opasne tvari ove skupine, jer u koncentraciji sa zrakom mogu eksplodirati. U slučaju eksplozije prašine, nakon prve eksplozije često uslijede nove. Tijekom takve eksplozije dolazi do povećanja tlaka velike razorne moći koji nastaje zbog nagle ekspanzije plinovitih produkata izgaranja prašine. [14]

Na slici 3. prikazana je oznaka klase 4.1 koja je prugasto crveno-bijele podloge s oznakom plamena u gornjem dijelu i oznakom broja klase u donjem dijelu.



Slika 3. Listica opasnosti klase 4.1. opasnih tvari
Izvor: [14]

2.4.2. Klasa 4.2 opasnih tvari – samozapaljive tvari

Samozapaljive tvari su tvari koje se u dodiru sa zrakom ili vodom pale bez posredovanja drugih tvari i utjecaja. Ovoj skupini pripadaju tvari, smjese i otopine koje u malim količinama reagiraju i sklone su samozapaljenju, te tvari, smjese i otopine koje se pri spajanju sa zrakom zagrijavaju i oslobađaju veliku toplinu. Prašine ovih tvari predstavljaju veliku opasnost, jer u koncentracijskom omjeru sa zrakom mogu eksplodirati, a njihovim udisanjem može doći do trovanja. [14]

Na slici 4. prikazana je listica opasnosti skupine 4.2 koja na gornjem dijelu ima oznaku plamena u crnoj boji na bijeloj podlozi, te broj klase opasnih tvari u crnoj boji na crvenoj podlozi u donjem dijelu listice.



Slika 4. Listica opasnosti klase 4.2 opasnih tvari
Izvor: [14]

2.4.3. Klasa 4.3 opasnih tvari – tvari koje s vodom razvijaju zapaljive plinove

Ovoj skupini pripadaju krute tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove koji se pale u dodiru s iskrom ili plamenom. Određene tvari poput alkalijskih metala, karbida i oksida u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive i eksplozivne plinove⁴. [14]

⁴ Natrij (Na) s vodom (H₂O) oslobađa zapaljiv i eksplozivan vodik (H₂); (2 Na + H₂O → 2NaOH + H₂), kalcijev karbid (CaC₂) s vodom (H₂O) oslobađa jako eksplozivan plin acetilen (HC≡CH); (CaC₂ + 2 H₂O → Ca(OH)₂ + HC≡CH).

Na slici 5. prikazane su listice opasnosti za klasu 4.3 koje su plave boje s crnom ili bijelom oznakom plamena u gornjem dijelu i oznakom broja klase u donjem dijelu.



Slika 5. Listice opasnosti za klasu 4.3 opasnih tvari
Izvor: [4]

2.5. Klasa 5 opasnih tvari – oksidirajuće tvari i organski peroksidi

Klasu 5 opasnih tvari čine oksidirajuće tvari i organski peroksidi koji su, zbog lakšeg raspoznavanja, podijeljeni u dvije klase. Klasa 5.1. označava oksidirajuće tvari, dok klasa 5.2. predstavlja organske perokside.

2.5.1. Klasa 5.1 opasnih tvari – oksidirajuće tvari

Ovoj klasi opasnih tvari pripadaju oksidirajuće tvari koje se u dodiru s drugim tvarima razlažu i pri tome lako otpuštaju kisik pri čemu može doći do zapaljenja. To su klorati, perklorati, vodena otopina vodikova peroksida i dr. [14]

Slika 6. prikazuje izgled listice opasnosti za klasu 5.1 koja je žute boje s crnom oznakom za oksidaciju na gornjem dijelu i brojem klase na donjem dijelu.



Slika 6. Listica opasnosti za klasu 5.1 opasnih tvari
Izvor: [4]

2.5.2. Klasa 5.2 opasnih tvari – organski peroksidi

Organski peroksidi su tvari koje oslobađaju veliku količinu topline pri normalnoj ili povišenoj temperaturi. Razvrstavaju se prema opasnosti u sedam skupina označenim slovima od A do G. Skupina A predstavlja najopasnije perokside, dok skupina G nije predmet ADR-a.

U čistom stanju organski peroksidi su krutine ili tekućine. Većina ima izražena eksplozivna svojstva, te se često prevoze na temperaturama ispod 0° C u hladnjačama. Tijekom prijevoza temperatura organskih peroksida ne smije prijeći graničnu kritičnu temperaturu te je zbog toga, za siguran prijevoz, potrebna stalna kontrola temperature. [14]

Na slici 7. prikazana je listica opasnosti klase 5.2 koja je u gornjem dijelu crvene boje s oznakom plamena, a donji dio je žute boje i sadrži broj klase.



Slika 7. Listica opasnosti klase 5.2 opasnih tvari
Izvor: [5]

2.6. Klasa 6 opasnih tvari – otrovne i infektivne tvari

U klasu 6 opasnih tvari spadaju otrovne i infektivne, odnosno zarazne tvari. Kao i prethodna klasa 5 i klasa 6 je podijeljena u dvije klase. Klasa 6.1. predstavlja otrovne tvari, a klasa 6.2. infektivne, zarazne tvari.

2.6.1. Klasa 6.1 opasnih tvari – otrovne tvari

Ovoj klasi opasnih tvari pripadaju preparati biološkog, sintetičkog ili prirodnog podrijetla kod kojih je dokazano da u relativno malim količinama i za kratko vrijeme mogu ugroziti zdravlja čovjeka. Oni u organizmu izazivaju fizičke i kemijske promjene prilikom kojih dolazi do oštećenja. Najčešći način ulaska otrova u organizam je udisanjem i gutanjem, a trovanja mogu biti akutna⁵ i kronična⁶. [14]

Otrovne tvari mogu biti eksplozivne i zapaljive i kao takve mogu uzrokovati požare i eksplozije prilikom kojih dolazi do razvijanja otrovnih plinova koji se šire vrlo daleko. Prema ADR-u otrovne tvari imaju dopunske oznake u obliku slova koje označuju stupanj otrovnosti:

- (a) vrlo otrovne tvari
- (b) otrovne tvari
- (c) slabo otrovne tvari. [4]

⁵ Akutno trovanje nastaje kada u vrlo kratkom vremenu u organizam uđe velika količina otrovne tvari.

⁶ Kronična trovanja nastaju kada manja količina otrovne tvari ulazi u organizam tijekom dužeg vremenskog perioda.

Na slici 8. prikazana je listica opasnosti za klasu 6.1 koja je bijele boje i na gornjem dijelu ima oznaku za otrovnost, a u donjem dijelu nalazi se oznaka broja klase.



Slika 8. Listica opasnosti za klasu 6.1 opasnih tvari
Izvor: [14]

2.6.2. Klasa 6.2 opasnih tvari – infektivne tvari

Infektivne ili zarazne tvari su najčešće svježe tetive, ostaci kože, žila i tetiva, rogovi, papci, dijelovi nesoljene, netretirane svježe kože, gnojivo, izmet, sirova dlaka, prazna ambalaža koja je sadržavala tvari ove klase i druge tvari koje sadrže mikroorganizme, viruse, mutante za koje se pouzdano zna da izazivaju bolesti kod ljudi i životinja ako su izloženi njihovom djelovanju. [14]

Na slici 9. prikazana je listica opasnosti za klasu 6.2 koja se razlikuje od listice za klasu 6.1 samo po znaku u gornjem dijelu koji za razliku od listice na slici 8. označava infektivnost.



Slika 9. Listica opasnosti za klasu 6.2 opasnih tvari
Izvor: [14]




2.7. Klasa 7 opasnih tvari – radioaktivne tvari

Radioaktivne tvari su tvari koje sadrže radioaktivnu jezgru čija aktivnost premašuje određene vrijednosti, te dolazi do radioaktivnog zračenja koji je jako opasan za ljudski organizam i cjelokupan okoliš.. Najčešće radioaktivne tvari su uranij, cezij i plutonij. Zračenje se može smanjiti ukoliko je sama radioaktivna tvar dobro zapakirana u pakiranje koje ima odgovarajuću zaštitnu moć. Zaposlenici koji prevoze radioaktivne tvari moraju biti

odgovarajuće osposobljeni i upoznati s mjerama zaštite od zračenja koje se moraju poduzeti u skladu sa zakonskim ograničenjima. [14] [4]

Listice opasnosti za klasu 7 koje obavezno moraju sadržavati ime radioaktivnog elementa, aktivnost u bekerelima (Bq), ukupnu aktivnost i transportni indeks⁷. U tablici 3. prikazane su sve listice opasnosti za klasu 7 i navedeni su uvjeti kada se koja upotrebljava.

Tablica 3. Upotreba listica opasnosti za klasu 7 opasnih tvari

Listica opasnosti	Najveća brzina doze na površini (qSv/h)	Najveća brzina doze na udaljenosti od 1 m (qSv/h)	Transportni indeks
	< 5		0
	< 500	< 10	0 - 1
	< 2000	< 100	1 - 10

Izvor: autor prema podacima [16]

2.8. Klasa 8 opasnih tvari – korozivne tvari

Korozivne ili nagrizajuće tvari kemijski djeluju na sluznicu kod ljudi ili epitel. One svojim istjecanjem mogu prouzročiti oštećenja ili uništenja mnogih životinjskih i biljnih organizama. Prilikom djelovanja na druge tvari mogu prouzročiti stvaranje velike količine topline, razvijanje otrovnih plinova i para, te nastanak požara i eksplozija. U slučaju doticaja s

⁷ Transportnim indeksom označuje se brzina doze na udaljenosti od jednog metra od vanjske površine paketa brojem od 1 do 10.

ljudskim organizmom mogu proizvesti teška oštećenja očiju, dišnih putova i probavnih organa, te kemijske opekline kože ukoliko se radi o kiselini ili lužini. [14]

S obzirom na jačinu djelovanja, korozivne tvari imaju dopunske oznake:

- (a) vrlo korozivno djelovanje
- (b) korozivno djelovanje
- (c) slabo korozivno djelovanje. [4]

Na slici 10. prikazana je listica opasnosti za klasu 8 koja je na gornjem dijelu bijele boje s crnom oznakom za nagrizajuće, a donji dio je crne boje s oznakom broja klase opasnih tvari.



Slika 10. Listica opasnosti za klasu 8 opasnih tvari
Izvor: [14]

2.9. Klasa 9 opasnih tvari – različite opasne tvari i predmeti

U ovu skupinu opasnih tvari spadaju predmeti i tvari koje predstavljaju opasnost pri prijevozu ili manipulaciji, a ne mogu se svrstati ni u jednu od prethodnih klasa. Različite opasne tvari i predmeti dijele se posebno na dodatnih devet skupina označenih slovima od A do I:

- A – azbest i smjese tvari koje sadrže azbest
- B – tvari koje u slučaju požara mogu oslobađati diokside
- C – tvari koje ispuštaju zapaljive tvari
- D – litijske baterije
- E – naprave za osobnu zaštitu i samozaštitu za koje se upotrebljavaju neke vrste plinova
- F – tvari opasne za okoliš
- G – tvari koje se prevoze na povišenoj temperaturi
- H – druge tvari koje predstavljaju opasnost koja ne spada u prethodne grupe
- I – prazna ambalaža. [4]

Na slici 11. prikazana je listica opasnosti za klasu 9 koja je na gornjoj strani prugasto crno – bijela, a donja strana je potpuno bijela s oznakom broja klase.



Slika 11. Listica opasnosti za klasu 9 opasnih tvari
Izvor: [5]

3. Osnovni elementi prijevoza opasnih tekućina

Pri prijevozu opasnih tekućina treba obratiti pažnju na zakonske regulative, ispravnost i opremljenost transportnog sredstva kojim se sirovina prevozi, te ispravnost spremnika ili ambalaže u kojem se nalazi opasna sirovina. Ukoliko dođe do neopreznosti pri prijevozu ili skladištenju opasnih tvari može doći do pravih katastrofa za ljudski život i okoliš. Kako bi se smanjili rizici donesene su brojne regulative i međunarodni propisi kojima je donesena već spomenuta klasifikacija opasnih tvari, uvjeti prijevoza i načini održavanja.

3.1. Zakonske regulative u pojedinim prometnim granama

Prijevoz opasnih tekućih sirovina i općenito prijevoz opasnih tvari, u Republici Hrvatskoj, definiran je Zakonom o prijevozu opasnih tvari. Tim zakonom popisuju se uvjeti prijevoza u pojedinim prometnim granama.

Odobrenje cisterni i drugih vrsta ambalaža za prijevoz radioaktivnih tvari izdaje Državni zavod za zaštitu od zračenja, za prijevoz nuklearnih materijala izdaje Državni zavod za nuklearnu sigurnost. Odobrenja za ambalažu koja prevozi tekuće zapaljive tvari i plinove, cisterne fiksno pričvršćene za vozilo, u cestovnom prometu izdaje pravna osoba koju ovlasti ministar prometa. Ovlaštene osobe smiju izdati odobrenja samo za ambalažu koja je sukladna ugovorima koji reguliraju prijevoz opasnih tvari u određenoj prometnoj grani. Zavodi i nadležni ministar propisuju uvjete i načine postupaka izdavanja odobrenja za ambalažu, kao i uvjete za oduzimanje odobrenja za ambalažu. [12]

Za cestovni promet na snazi je Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari⁸ s njegovim sastavnim dijelovima, priložima A i B i aktom o notifikaciji. Sam sporazum je kratak i jednostavan, te je ključni članak drugi koji govori da se osim prekomjerno opasne robe, druga opasna roba može prevoziti u međunarodnim vozilima u skladu s uvjetima utvrđenim u Prilogu A u pogledu njihove ambalaže i označavanja i u skladu s uvjetima utvrđenim u Prilogu B u pogledu konstrukcije, opreme i rada vozila kojim se vrši prijevoz opasne robe. [17] [18] Ako za pojedine spremnike i posude nema prikladnih zahtjeva u Europskim normama smiju se koristiti i odredbe Dodatka A i B starijeg datuma, ali djelujući prikladno s procedurom. Kako bi Republika Hrvatska premostila eventualne tehnološke zapreke, može zadržati nacionalne odredbe i privremeno odobriti izuzeće Dodataka A i B, pod uvjetom da se ne ugrožava sigurnost, te o tome mora obavijestiti glavnog tajnika UN-a i Europsku komisiju. Vozilima registriranim u drugim zemljama, Republika

⁸ ADR – Europski sporazumom o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari, eng. European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.

Hrvatska odobrit će prijevoz unutar svog teritorija samo ako taj prijevoz udovoljava zahtjevima ADR-a. U Republici Hrvatskoj na snazi je Pravilnik o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu, sukladan ADR-u, koji propisuje način prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu, načini pripreme opasne tvari za prijevoz, vozila koja se mogu koristiti za prijevoz opasnih tvari, isprave koje su potrebne pri prijevozu, te posebne sigurnosne mjere i načini postupanja u slučaju nesreća i mjere nadzora pri prijevozu opasnih tvari u cestovnom prometu. Pravne i fizičke osobe koje prevoze ili predaju na prijevoz opasne tvari ili obavljaju radnje u svezi s tim prijevozom, kao i osobe koje tijekom prijevoza neposredno rukuju ili na drugi način dolaze u dodir s opasnim tvarima, dužne su, ovisno o opasnoj tvari, poduzimati zaštitne mjere predviđene Zakonom o prijevozu opasnih tvari, Europskim sporazumom o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari i Pravilnikom o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu zbog zaštite života i zdravlja ljudi, životnog okoliša, materijalnih dobara te sigurnosti prometa. [19]

Za prijevoz na unutarnjim plovnim putovima primjenjuje se Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim plovnim putovima⁹ koji je, od strane Republike Hrvatske, prihvaćen 25. svibnja 2000. godine. Propisi priloženi ADN-u sadrže odredbe o opasnim tvarima i proizvodima, odredbe koje se odnose na njihov prijevoz u paketima i skupno na brodovima za unutarnju plovidbu ili brodovima sa spremnicima, kao i odredbe koje se odnose na konstrukciju i rad takvih plovila. Obuhvaća zahtjeve i postupke inspekcija, izdavanje potvrda o odobrenju, priznavanje klasifikacijskih društava, nadgledanje, te osposobljavanje i ispitivanje stručnjaka. [12] [18]

Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim plovnim putovima sadrži i Pravila u dodatku. Ona uključuju odredbe o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim vodnim putovima, uvjete i postupke u vezi s nadzorom, izdavanjem svjedodžbi, priznavanjem klasifikacijskih društava, odstupanjima, posebnim ovlaštenjima, praćenjem, ispitivanjem i izobrazbom stručnjaka. Pod uvjetom da sigurnost nije narušena, sve ugovorne stranke imaju pravo, na određeno razdoblje, posebnim sporazumima urediti prijevoz na svojim unutarnjim plovnim putovima i to tako da opasne tvari kojima je prema ADN-u zabranjen međunarodni prijevoz mogu, pod određenim uvjetima, biti prihvaćene za međunarodni prijevoz na njihovim unutarnjim vodama, te da opasne tvari koje su pod određenim uvjetima prihvaćene ADN-om mogu biti prihvaćene u njihovim unutarnjim plovnim putovima pod uvjetima različitim od onih u Pravilima u dodatku. O posebnim

⁹ ADN – Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutrašnjim vodnim putovima, eng. European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by inland Waterways.

sporazumima mora se obavijestiti izvršni tajnik Gospodarske komisije za Europu, a on mora obavijestiti sve ugovorne stranke koje nisu potpisnice navedenog, posebnog sporazuma. [20]

Prijevoz opasnih tvari u pomorskom prometu reguliran je Međunarodnom pomorskom organizacijom¹⁰. Organizacija je specijalizirana agencija Ujedinjenih naroda i globalno tijelo za utvrđivanje standarda za zaštitu, sigurnost i ekološke performanse međunarodnog pomorskog prijevoza. Njena glavna uloga je stvaranje regulatornog okvira za brodarsku industriju koji je pošten i učinkovit, univerzalno usvojen i implementiran. [21]

Na međunarodnom planu prijevoz opasnih tereta regulira SOLAS¹¹ konvencija. Ona sadrži odredbe o načinu pakiranja i slaganja opasnih tvari, obilježavanja ambalaže koja prevozi opasnu tvar, te sadrži odredbe o dokumentima koji se odnose na prijevoz opasnih tvari morem. Ona također utvrđuje kojim eksplozivima je dozvoljen prijevoz na putničkim brodovima. Međunarodna pomorska organizacija, na osnovi preporuke utvrđene SOLAS-om, usvojila je Međunarodni pomorski kodeks opasnih tereta. Opasni tereti navedeni u kodeksu obrađuju se po kategorijama, odnosno uspostavlja se njihova klasifikacija. Međunarodni pomorski kodeks opasnih tereta uspostavlja i obveze označavanja opasnih tereta, te utvrđuje dokumente koji su potrebni za njihov prijevoz i ujedno određuje pravila za njihovo pakiranje, slaganje i odvajanje prilikom prijevoza. Kodeks se sastoji od sedam dijelova, a to su:

- a) Opće odredbe, definicije i obuka
- b) Klasifikacija
- c) Popis opasnih tereta i izuzeci o ograničenju količina
- d) Pakiranje i odredbe za prijevoz u tankovima
- e) Postupak predaje tereta
- f) Konstrukcija i testiranje pakiranja, kontejneri za rasute terete srednjih veličina, velika pakiranja, prenosivi tankovi i cestovne cisterne
- g) Zahtjevi koji se tiču transportnih operacija. [6]

Međunarodna pomorska organizacija, 1996. godine, donijela je Konvenciju o odgovornosti i naknadi štete u svezi s prijevozom opasnih i štetnih tvari morem, HNS konvenciju¹². Prema HNS konvenciji odgovornost vlasnika broda je objektivan, ali pod određenim okolnostima vlasnik se može osloboditi odgovornosti, i to ako dokaže da je šteta nastala kao posljedica rata, neprijateljstva ili prirodne pojave izvanrednog, neizbježnog i

¹⁰ IMO – Međunarodna pomorska organizacija, eng. International Maritime Organization.

¹¹ SOLAS - Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru, eng. Safety of Life at Sea.

¹² HNS - Konvencija o odgovornosti i naknadi štete u svezi s prijevozom opasnih i štetnih tvari morem, eng. The international convention on liability and compensation for damage in connection with the carriage of hazardous and noxious substances by sea.

neotklonjivog značenja, ako je šteta u potpunosti prouzročena propustom treće osobe, u namjeri da nanese štetu, ili nemarom organizacija koje se brinu o sigurnosti plovidbe, te u slučaju ako je pošiljatelj ili neka druga osoba propustila upozoriti vlasnika broda o opasnim i štetnim karakteristikama ukrvanih tvari koje su u cijelosti ili djelomično prouzročile štetu. U Republici Hrvatskoj, uz već spomenute konvencije, primjenjuje se i Zakon o prijevozu opasnih tvari koji svojim odredbama propisuje mjere sigurnosti za prijevoz opasnih tvari, regulira posebnom odredbom utovar i istovar, te utvrđuje obvezu Ministarstva mora, prometa i infrastrukture da u lukama i pristaništima odredi posebno mjesto za ukrcaj i iskrcaj opasnih tvari, kako bi se što više smanjio rizik od nastanka incidentnih situacija. [6]

U željezničkom prometu primjenjuje se Pravilnik o međunarodnom prijevozu opasnih tvari željeznicom¹³. Uredba koja se odnosi na međunarodni željeznički prijevoz opasnih tereta je zapravo Dodatak C COTIF-a¹⁴. Od 1. siječnja 2019. godine odredbe o željezničkom prijevozu opasnih tvari usklađene su s odredbama za cestovni prijevoz i prijevoz unutarnjim plovnim putovima. Opasne tvari prevoze se samo u teretnim vlakovima, osim opasnih tvari prihvatljivih za prijevoz prema međunarodnom ugovoru koji se pridržava određenih količina i posebnih uvjeta prijevoza u vlakovima koji nisu teretni i opasnih tvari koje se prevoze kao ručna prtljaga, a odgovaraju posebnim uvjetima međunarodnog ugovora. Putnik ne smije ponijeti sa sobom opasnu tvar i utovariti je na vlak ukoliko ona ne udovoljava uvjetima međunarodnog ugovora. Upravitelj željezničke infrastrukture, u Republici Hrvatskoj je to HŽ Infrastruktura d.o.o., mora izraditi interne planove za hitne slučajeve na ranžirnim kolodvorima sukladno odredbama međunarodnog ugovora, te tijekom prijevoza mora osigurati brz i neograničen pristup informacijama o opasnom teretu u vlaku, njegovom UN broju, rasporedu vagona i zapremini opasnih tvari. [22]

U zračnom prostoru prijevoz opasnih tvari regulira se Konvencijom o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu od 7. prosinca 1944. godine, te dokumentom, Organizacije međunarodnog civilnog zrakoplovstva¹⁵, Međunarodnim standardima i preporučenom praksom. U Republici Hrvatskoj prijevoz opasnih tvari zrakom reguliran je i Pravilnikom o uvjetima i načinu prijevoza opasnih roba zrakom, koju donosi hrvatski ministar mora, prometa i infrastrukture. Pravilnik je sukladan Zakonu o prijevozu opasnih tvari, Zakonu o zračnom prometu i Međunarodnim standardima i preporučenoj praksi, te uređuje klasifikaciju opasnih tvari, ograničenja u odnosu na prijevoz opasnih tvari u zračnom prometu, pakiranje,

¹³ RID – Međunarodni željeznički prijevoz opasne robe, eng. International Carriage of Dangerous Goods by Rail.

¹⁴COTIF - Konvencija o međunarodnom željezničkom prijevozu, eng. Convention concerning International Carriage by Rail.

¹⁵ ICAO – Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva, eng. International Civil Aviation Organisation.

odnosno ambalažu, etiketiranje i označavanje, obveze pošiljatelja opasnih tvari, obveze zračnog prijevoznika, posredovanje informacija, nastavni program, stručno osposobljavanje i dokazivanje stručne osposobljenosti i izvještavanje o nesrećama i nezgodama povezanim s opasnim tvarima. [12]

3.2. Prijevozna sredstva za opasne tekućine

Za prijevoz opasnih tvari upotrebljavaju se različita prijevozna sredstva od običnih motornih vozila do vozila koja su predviđena samo za prijevoz određenih opasnih tereta. Količina i vrsta opasne tvari određuje kojim prijevoznim sredstvom će se vršiti transport. Sva prijevozna sredstva koja prevoze opasne tvari moraju biti ispitana glede udovoljavanja uvjetima predviđenim ADR-om i Zakonom o prijevozu opasnih tvari. Ukoliko se utvrdi da prijevozno sredstvo udovoljava svim uvjetima izdaje se potvrda o ispitivanju vozila i certifikat ispravnosti vozila na propisanom obrascu. Rok valjanosti certifikata za motorna i priključna vozila je pet godina od dana izdavanja, a za motorna i priključna vozila koja se moraju ispitivati tlačnom probom, kao što su cisterne i kontejneri je tri godine od dana izdavanja. Ukoliko se prijevozno sredstvo za prijevoz opasnih tvari upotrebljava i za druge vrste prijevoza, najprije se moraju dobro očistiti, te u pojedinim slučajevima i dekontaminirati. [7]

Za prijevoz opasnih tvari može se upotrebljavati vozilo koje:

- je proizvedeno i opremljeno sukladno zakonima koji vrijede za pojedinu granu prometa kojom se prevozi
- ima važeću Potvrdu o udovoljavanju vozila za prijevoz određenih opasnih tvari ako je to određeno odredbama zakona za pojedinu granu prometa kojom se prevozi
- je označeno sukladno odredbama zakona za pojedinu granu prometa kojom se prevozi. [12]

Sukladno ADR-u i hrvatskim propisima vozila za prijevoz opasnih tvari mogu se podijeliti u šest skupina:

- EX/II – vozila namijenjena prijevozu eksplozivnih tvari i predmeta klase 1



Slika 12. EX/II vozila

Izvor : [14]

- EX/III – vozila namijenjena prijevozu klase 1, a na koja se postavljaju stroži zahtjevi u odnosu na EX/II vozila
- FL – vozila namijenjena prijevozu tekućina čije plamište ne prelazi 61 °C s izuzećem diesel goriva, lako loživog ulja i zapaljivih plinova



Slika 13. FL vozila

Izvor : [14]

- OX – vozila namijenjena prijevozu klase 5.1, stabiliziranog vodikovog peroksida ili stabiliziranog u vodi otopljenog vodikovog peroksida



Slika 14. OX vozila

Izvor: [14]

- AT – vozila koja nisu FL i OX, a namijenjena su prijevozu opasnih tvari u kontejnerskim i prenosivim spremnicima ili MEGC-ijima¹⁶ zapremnine više od 3 m³, u fiksnim ili izgradnim spremnicima zapremnine preko 1 m³ ili baterijskim vozilima zapremnine preko 1 m³



Slika 15. AT vozila

Izvor: [14]

- Ostala vozila – sva vozila koja ne pripadaju ni u jednu od prethodno navedenih skupina, a namijenjene su prijevozu opasnog tereta u količinama većim od „malih količina“. [1]

Za prijevoz opasnih tekućih sirovina, plinova, praškastih ili granuliranih tvari u cestovnom prometu najčešće se upotrebljavaju cisterne. Cisterna se sastoji od jednog ili više fiksno pričvršćenih spremnika koji konstrukcijom i radom mora udovoljiti zahtjevima ADR-a. Zahtjevi se odnose na zahtijevanu radnu i konstrukcijsku opremu, debljinu stijenke, mehaničke karakteristike i vrstu materijala, ispitivanje zavara i izvješće o izvršenim tlačnim probama, te brojnim drugim zahtjevima. Zahtjevi ADR-a određuju koje opasne tvari vozila cisterne smiju prevoziti, te se za prijevoz opasnih tvari u cisternama koriste isključivo FL, OX i AT vozila. Vozila obavezno moraju imati Potvrdu o udovoljavanju vozila u kojoj su navedene opasne tvari za koje je predmetno vozilo cisterne prikladno za prijevoz. [2]

¹⁶ MEGC – Posuda za plin s više elemenata, eng. Multiple-Element Gas Container.

Cisterne se mogu podijeliti na:

- jedno komorne – nije podijeljena na komore, ali može imati valobrane
- više komorne – namijenjene su prijevozu jedne opasne tvari, teret je smješten u više komora koje su spojene zajedničkim sustavom za pražnjenje
- više dijelne – namijenjene su prijevozu više različitih tvari, nemogućnost miješanja i odvojen sustav pražnjenja i punjenja cisterne. [2]

Prema načinu postavljanja na vozilo razlikuju se:

- učvršćene cisterne – zapremnina veća od 1000 litara
- zgradne cisterne – zapremnina veća od 450 litara
- element baterijskog vozila ili MEGC – posude, velike posude, posude pod tlakom i spremnici
- prenosive cisterne – zapremnina veća od 450 litara
- kontejner – cisterne – zapremnina veća od 450 litara. [18]

Prema obliku cisterne mogu biti cilindrične ili okrugle, eliptične i kutijastog oblika. Cisterne eliptičnog i kutijastog oblika mogu se upotrebljavati samo kada se opasne tvari prevoze bez tlaka i moraju imati odzračnik, dok se sve opasne tvari koje se prevoze pod tlakom prevoze u cisternama okruglog, cilindričnog oblika. [2]



Slika 16. Različiti oblici cisterne (okrugli, eliptični i cisterna kutijastog oblika)

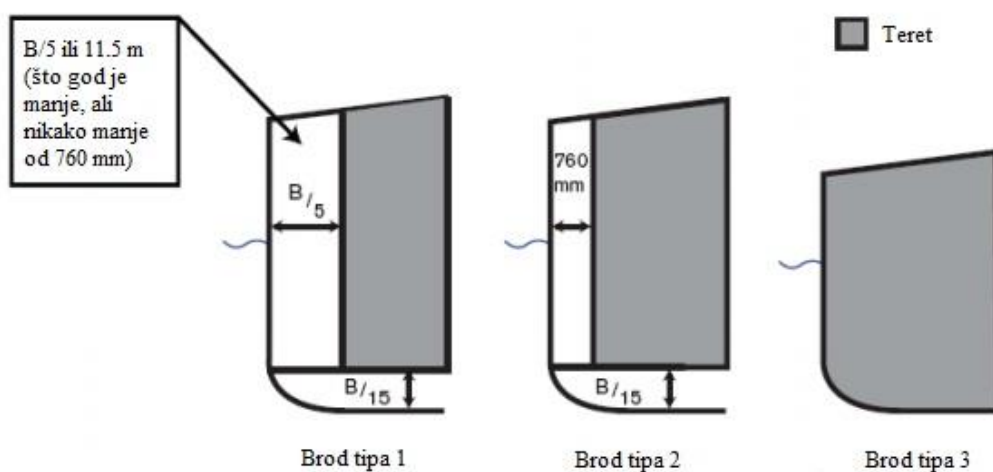
Izvor: [4]

U vodnom prometu za prijevoz opasnih tekućih sirovina najčešće se upotrebljavaju tankeri. Oni se mogu podijeliti u tri tipa:

- Brod tipa 1 – propisane su maksimalne preventivne mjere. Brod cijelom svojom dužinom mora biti u stanju izdržati oštećenja od sudara ili udaraca. Tankovi s teretom moraju se nalaziti izvan mogućnosti znatnog oštećenja, te na vodenoj liniji moraju se nalaziti na udaljenosti B/5, ali ni u kojem slučaju na udaljenosti manjoj od 760 mm na mjestima gdje se pojavljuju suženja oplata broda.
- Brod tipa 2 – određene su stroge preventivne mjere. Brodovi dužine do 150 metara moraju biti u stanju izdržati znatnija oštećenja u nasukavanju ili sudaru, osim u slučaju kada je oštećena pregrada koja odvaja strojni prostor s krmene

strane. Brodovi duži od 150 metara, cijelom svojom dužinom, moraju biti u stanju izdržati znatnija oštećenja prilikom nasukavanja ili sudara. Tankovi s teretom moraju biti izvan područja znatnog oštećenja i od oplata moraju biti udaljeni minimalno 760 mm.

- Brod tipa 3 – primjenjuju se srednje mjere predostrožnosti kako bi brod bio u stanju izdržati manja oštećenja, prilikom nasukavanja ili sudara, cijelom svojom dužinom, osim u slučaju oštećenja pregrade koja odvaja strojni prostor na krmenoj strani broda. Sposobnost da izdrži poplavu strojnog prostora određuje odgovorni klasifikacijski zavod. Brodovi tipa 3 su dužine do 125 metara, te su brodovi s jednom oplatom građeni s većim brojem pregrada. [8]



Slika 17. Skice tankova 3 tipa broda
Izvor: [8]

Prema posebnim zahtjevima IMO-a, dužina i širina brodova za prijevoz opasnih tekućih sirovina mora biti u odgovarajućem omjeru, tako da brod može udovoljiti raznim varijantama ukrcaja bez potrebe balastiranja. Osim omjera dužine i širine, u određenim omjerima moraju biti i širina i gaz. U tablici 4. navedene su dimenzije koje se odnose na omjer širine i gaza broda (B/T). [8]

Tablica 4. Odnos širina/dubina kod brodova za prijevoz opasnog tekućeg tereta

Duljina među okomicama LBP (m)	Širina/gaz (B/T)
150 – 170	1,69 – 2,23
100 – 120	1,84 – 2,09
66 - 85	1,65 – 2,26

Izvor: [8]

3.3. Obilježavanja vozila i postupci u slučaju nesreće

Svako vozilo koje prevozi opasne tvari mora se etiketirati i označiti odgovarajućom pločom, a ambalaža listicama opasnosti, kako bi svi sudionici u prometu mogli uočiti da se u

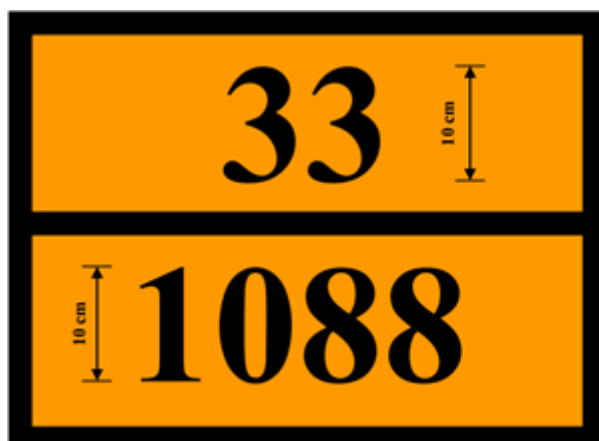
vozilu prevozi opasan teret. Vozila prije upotrebe prolaze i posebne inspekcijske nadzore, te moraju imati valjani certifikat ispravnosti. Pojedine opasne tvari, prilikom prijevoza, imaju i policijsku pratnju. Većinom se radi o skupim sirovinama za proizvodnju lijekova ili o posebno osjetljivim opasnim tvarima.

Ploča opasnosti je narančaste boje s crnim obrubom debljine 15 mm, te je vodoravno po sredini podijeljena crnom crtom debljine 15 mm. U gornjem polju ploče najčešće se nalaze dva broja, poznati kao Kemlerov broj, od kojih je prvi oznaka klase, a drugi upozorava na dodatnu opasnost:

- 2 – nastanak plina zbog tlaka ili kemijske reakcije
- 3 – zapaljivost tekućina i plinova ili samozagrijavajuće tekućine
- 4 – zapaljivost krutih tvari
- 5 – oksidirajuće djelovanje
- 6 – otrovnosti ili opasnost od zaraze
- 7 – radioaktivnost
- 8 – korozivnost, nagrizanje
- 9 – opasnost od spontane burne reakcije. [7]

Brojevi za oznaku opasnosti mogu biti umnoženi ili ponovljeni što označava povećanu opasnost. U donjem dijelu ploče su četiri broja, a predstavljaju UN – broj koji označava vrstu opasne tvari prema popisu Ujedinjenih naroda. Ako je ploča sastavljena od samo jednog dijela ona predstavlja ploču upozorenja. U pojedinim slučajevima ispred brojeva se može nalaziti i slovo X koje ukazuje da tvar ne smije doći u dodir s vodom. [7]

Na slici 18. prikazan je primjer ploče opasnosti za opasnu tekućinu acetal. Prvi broj na gornjoj polovici predstavlja klasu 3 opasnih tvari, opasne tekućine, dok drugi broj 3 ukazuje na zapaljivost acetala. Broj 1088 je oznaka za acetal prema UN-ovom popisu opasnih tvari. Na slici 19. prikazana je ploča opasnosti za kalcijev karbid na kojoj možemo vidjeti slovo X koje ukazuje na dodatnu opasnost, te broj 4 koji označava klasu 4 opasnih tvari, zapaljive krute tvari,. Brojevi 2 i 3 ukazuju na opasnost nastanka plina koji može biti zapaljiv. Broj 1402 označava kalcijev karbid prema UN- ovom popisu opasnih tvari.



Slika 18. Primjer ploče opasnosti za acetal
Izvor: [14]



Slika 19. Primjer ploče opasnosti za kalcijev karbid
Izvor: [23]

Listice opasnosti propisane su za određenu klasu opasne tvari. Dimenzija su 100x100mm, a postavljaju se na vanjske vidljive površine. Ukoliko se radi o vozilima koja nemaju vanjske stranice, listice se postavljaju direktno na teretni spremnik. Listice se razlikuju bojama i simbolima, te su navedene i opisane ranije u radu pod 2. poglavljem Vrste opasnih sirovina i njihove karakteristike.

U slučaju nesreća vozač, koji zbog opravdanog razloga mora zaustaviti vozilo s opasnom tvari na kolniku ili na parkiralištu nekog naselja, dužan je poduzeti sve mjere kako bi upozorio sudionike u prometu na opasnost, te spriječio opasnost za druga vozila i okolinu. To izvodi postavljanjem dva znaka iza zaustavljenog vozila kojim se označava da je motorno vozilo zaustavljeno, u vrijeme slabije vidljivosti ili noću zbog otežane vidljivosti postavlja se rotirajuća narančasta svjetiljka. Vozač također mora uputiti suvozača ili pratitelja pošiljke da zastavicom za označavanje vozila kojom se prevoze opasne tvari, na udaljenosti od minimalno 150 metara iza zaustavljenog vozila, upozore sudionike u prometu da zaustave vozila ili smanje brzinu za sigurno zaobilazanje zaustavljenog vozila. Za vrijeme slabe vidljivosti i noću vozače koji prometuju onom stranom kolnika na kojoj se nalazi zaustavljeno

vozilo, upozorava se svjetiljkom. Znakovi i svjetiljke postavljaju se na udaljenosti od 50 metara od vozila, a moraju biti vidljivi motornim vozilima koji prometuju istom stranom kolnika na udaljenosti od najmanje 150 metara od zaustavljenog vozila. U cilju smanjenja širenja štete nakon nesreće, vozač, suvozač i pratitelj, prije dolaska policije, dužni su isključiti motor vozila i isključiti sve druge izvore zapaljenja, te ako su u mogućnosti spriječiti istjecanje i razlijevanje ukoliko se radi o tekućinama i pritom koristiti raspoloživa zaštitna sredstva. Iz kabine vozila dužni su uzeti svu dokumentaciju o robi koja se prevozi, vozilu i osoblju, te spriječiti drugim osobama pristup u ugroženu zonu i upozoriti na opasnosti koje prijete od opasne tvari. Prilikom zvanja Državne uprave za zaštitu i spašavanje moraju izreći točne podatke o vrsti opasne tvari i mjere koje bi se trebale poduzeti za sprečavanje širenja opasnosti, kako bi se moglo pravovremeno djelovati. Osoba koja dojavljuje nesreću mora navesti sve najvažnije informacije poput imena i mjesta odakle zove, mjesto gdje se dogodila nesreća, što se točno dogodilo i koja opasna tvar je u pitanju, ima li ozlijeđenih, te ukoliko ima o kakvim vrstama ozljeda je riječ. [9]

Prijevoznik, pošiljatelj, primatelj i organizator prijevoza moraju surađivati međusobno i s ovlaštenim osobama nadležnih tijela s ciljem razmjene podataka o potrebi poduzimanja odgovarajućih sigurnosnih i preventivnih mjera. U slučaju nastanka nezgode ili nesreće za koji postoji obveza prijavljivanja, sukladno odredbama ugovora u pojedinoj prometnoj grani, prijevoznik, odnosno organizator prijevoza, mora ministarstvu nadležnom za promet dostaviti propisano izvješće. U slučaju gubitka, prosipanja ili istjecanja opasne tvari tijekom prijevoza, prijevoznik je dužan obavijestiti Državnu upravu za zaštitu i spašavanje, te poduzeti sve što je nužno kako bi se izgubljene opasne tvari pronašle, prosule ili istekle osigurale, prikupile ili odstranile, odnosno smjestile na za to određeno mjesto. Ako nije u mogućnosti postupiti kako je navedeno, dužan je pozvati pravnu ili fizičku osobu koja je ovlaštena za postupanje u slučaju nezgoda ili nesreća s opasnim tvarima. Prosute i istekle opasne tvari i kontaminirani predmeti moraju se zbrinuti u skladu s posebnim propisima. [12]

4. Elementi spremnika za skladištenje opasnih sirovina

Spremnici služe za skladištenje raznih vrsta tvari kao što su opasne i neopasne tvari. U ovom radu se težište stavlja na skladištenje opasnih tekućih sirovina, te time i dizajn samog spremnika i njegova opremljenost sigurnosnim elementima. Skladištenje tekućih sirovina, osim samog spremnika, podrazumijeva i prihvat i distribuciju sirovina, kao i zaštitu sirovina od vanjskih utjecaja, te očuvanje sigurnosti opreme i ljudi tijekom samog skladištenja.

4.1. Podjela i uporaba spremnika za skladištenje tekućih sirovina

Podjela spremnika se može prikazati iz nekoliko gledišta, te su u nastavku prikazane podjele spremnika s obzirom na njihov oblik, materijal izrade i materijalu skladištenja.

4.1.1. Podjela s obzirom na oblik

Prema obliku spremnici se mogu podijeliti na:

- a) Cilindrični (okomiti)
- b) Cilindrični (vodoravni)
- c) Kuglasti
- d) Uglasti

a)



b)



c)



d)



Slika 20. Prikaz spremnika prema obliku
Izvor: [24] [25] [26] [27]

Prednosti cilindričnih (okomitih) spremnika su što zauzimaju manje prostora u odnosu na vodoravne, ne prijeti im naprezanje materijala, odnosno savijanje u toj mjeri kao kod horizontalnih, dok su prednosti cilindričnih (horizontalnih) spremnika to što su otporniji na naprezanja uzrokovana vjetrovima, te se zbog samog dizajna mogu koristiti u mnogo više situacija. [46] Kuglasti spremnici su vrsta mješavine cilindričnih horizontalnih i vertikalnih izvedbi spremnika, te se najčešće koriste u naftnoj industriji zbog velikih količina skladištenja jednake tekuće tvari, isto tako su zbog svoga oblika najbolji za drenažu, odnosno ispust sadržaja spremnika u cijelosti, često se koriste i kod skladištenja ukapljenih plinova zbog mogućnosti podnošenja vrlo visokih tlakova zbog ravnomjerne raspodjele naprezanja materijala. [47] Uglati spremnici se koriste za manje količine tekućina jer zbog svog oblika imaju karakteristiku loše drenaže, te potrebe za temeljitim čišćenjem nakon korištenja.

4.1.2. Podjela s obzirom na materijal izrade

Spremnici se, prema materijalu izrade, mogu podijeliti na:

- a) Metalne
- b) Metalne s emajliranom površinom
- c) Polimerne

Materijal izrade spremnika se bira na temelju materijala (tekućine) koji se skladišti, na temelju isplativosti, te na temelju mehaničkih svojstava materijala izrade spremnika kako bi se time povećala i sama sigurnost spremnika. Metalni spremnici su korišteni u većini slučajeva, odnosno, ekonomski su najisplativiji, te različitim metalima ili različitim legurama, vrlo se lako mogu prilagoditi potrebama korisnika. Osim navedenog, važno je napomenuti da metalni spremnici imaju i najbolja mehanička svojstva, odnosno otpornost na naprezanja, te mnogo veću čvrstoću u usporedbi s polimernim spremnicima kojima je navedeno i glavna

mana, te se ne koriste za skladištenje većih količina tekućih sirovina. Kao što je navedeno, pri izboru metala postoji široka paleta opcija, no najčešće se koriste različite vrste nehrđajućih čelika jer navedeni materijal odgovara većini potreba skladištenja zbog mogućnosti skladištenja različitih organskih otapala, lužina, vodenih otopina, ugljikovodika i ostalih neutralnih ili lužnatih otopina ili suspenzija. U slučaju kiselina (najčešće anorganskih) metalni spremnici se prevlače slojem stakla, odnosno emajla što je vrlo skup postupak, te se izabiru u slučaju skladištenja jakih kiselina ili kada nije određeno što će se točno skladištiti, odnosno spremnik je višenamjenski. Također, postoje legure koje mogu skladištiti sirovinu u izrazito kiselom području pH (npr. Hastelloy¹⁷) no tu se također uključuje procjena financijske isplativosti. Polimerni spremnici se mogu koristiti za gotovo sve vrste tekućina osim organskih otapala, koji ih nagriza, te razaraju polimere na monomere, no glavna mana su im mehanička svojstva koja se ne mogu uspoređivati s metalnim spremnicima, te se zbog toga koriste za skladištenje manjih količina tekućina. [28] [29]

4.1.3. Podjela s obzirom na materijal skladištenja

Podjela s obzirom na materijal skladištenja je:

- a) Spremnici bez miješalice
- b) Spremnici s miješalicom

Tekućine se dijele na jednofazne, odnosno tekućine koje u svakom svom dijelu imaju jednak sastav, dakle mogu biti sastavljene od jedne komponente (npr. voda) ili više potpuno miješanih komponenti pri temperaturi skladištenja (npr. etanol-voda). Za takve tekućine nije potreban spremnik s miješalicom jer tekućina zadržava svojstva bez miješanja, odnosno, navedeno uvelike pojednostavljuje konstrukciju spremnika, te je ekonomski isplativije. Nadalje, višefazne tekućine sastavljene od više slabo miješanih ili ne miješanih komponenti ili suspenzije zahtijevaju uporabu miješalice u spremniku kako bi se tijekom perioda skladištenja zadržala konzistentnost skladištene tekućine.

4.2. Sigurnosni elementi spremnika

Skladištenje opasnih tekućih tvari je vrlo zahtjevno iz samog sigurnosnog aspekta, stoga pri dizajnu spremnika, u obzir se moraju uzeti dodatni sigurnosni elementi koji će samo skladištenje učiniti sigurnijim prvenstveno za ljudsko zdravlje, te potom za okoliš i opremu. Kako bi se doskočilo navedenim izazovima prvenstveno se mora odrediti materijal

¹⁷ Hastelloy je kovana legura nikal-krom-molibden-volfram, koja pokazuje izrazitu otpornost na koroziju, mehaničko pucanje, pucanje pod korozijom i oksidirajuće atmosfere do 1040 °C.

skladištenja kako bi se mogli predvidjeti svi sigurnosni rizici, te sukladno tome odrediti potrebni sigurnosni elementi.

4.2.1. Mjerna osjetila

Jedan od najvažnijih elemenata spremnika su mjerna osjetila koja služe za određivanje različitih parametara unutar spremnika u realnom vremenu, te ih putem mjernih pretvornika šalju na centralni upravljački sustav kao informaciju ili na mjerni pokazivač smješten na samom spremniku.

Razlikuju se sljedeća mjerna osjetila važna za spremnike:

- a) Temperaturno osjetilo
- b) Osjetilo tlaka
- c) Osjetilo razine
- d) Mjerač protoka

Temperaturna osjetila na spremnicima su potrebna zbog same provjere temperature, odnosno ovisno o svojstvima tekućina, niske temperature mogu uzrokovati prijelaz u kruto agregatno stanje ili precipitaciju¹⁸ jedne od komponenti, ili u slučaju visokih temperatura mogu dovesti do nastanka zapaljivih para ili čak samozapaljenja. Postoji više vrsta temperaturnih osjetila, no najčešća su otpornička i termoparovi. Otpornička osjetila mjere temperaturu promjenom otpora proporcionalno promjeni temperature, jer je općepoznata činjenica da se otpor povećava povećanjem temperature. Taj odnos je linearan, te mjerni pretvornik pretvara izmjereni otpor u čitljivi podatak, odnosno temperaturu. Termoparovi su sastavljeni od dvije vrste metala od kojih svaki ima potencijal drugačiji od drugog, te se napon između tih metala mijenja proporcionalno promjeni temperature, tj. izmjereni potencijal, mjerni pretvornik pretvara u temperaturu. [30]

I napon u slučaju termopara, i otpor u slučaju otporničkog temperaturnog osjetila očitavaju mjerni pretvornici koji taj signal pretvaraju u čitljiv podatak, odnosno temperaturu.

¹⁸ Precipitacija je stvaranje taloga taložnom reakcijom u otopini ili kristalizacija neke od faza smjese.



Slika 21. Prikaz temperaturnog osjetila
Izvor: [31]

Osjetila tlaka služe za nadzor tlaka u spremniku. Vrlo je važno znati trenutni tlak iz sigurnosnih razloga. Tlak govori radi li dovod dušika kako je predviđeno, radi li pumpa kako je predviđeno i još mnogo drugih bitnih informacija. Spremnici su najčešće dimenzionirani na način da funkcioniraju u području od -1 barg¹⁹ do 6 barg, što znači da bi svaki tlak izvan tog područja mogao dovesti do oštećenja spremnika i opreme. Primjerice tlak veći od 6 barg prouzročio bi eksploziju spremnika zbog prevelikih strukturnih naprezanja samog materijala. Osjetilo tlaka posjeduje dijafragmu koja se savija proporcionalno s tlakom, te savijanjem daje proporcionalni naponski signal mjernom pretvorniku koji napon pretvara u čitljivu vrijednost tlaka na centralnom upravljačkom sustavu ili na displeju na samom osjetilu tlaka. [32]



Slika 22. Prikaz osjetila tlaka
Izvor: [33]

¹⁹ Barg („bar gauge“) – mjerna jedinica relativnog tlaka u odnosu na atmosferski tlak (pretpostavljen atmosferski tlak: 1 bar).

Osjetila razine primarno služe planiranju količine koja se može uliti u spremnik dajući informaciju o razini tekućine u spremniku u realnom vremenu. Iz sigurnosnog aspekta navedena informacija služi za sprječavanje prepunjavanja spremnika čime bi se ugrozila ljudska sigurnost, spriječio ekološki incident, te spriječio oštećenje opreme. Također, služi i za sprječavanje niske razine spremnika koja bi mogla uzrokovati oštećenje opreme (npr. Rad pumpe na suho). Postoji nekoliko vrsta osjetila razine kao što su radarsko osjetilo, ultrasonično osjetilo, te kapacitativno. Radarsko i ultrasonično osjetilo rade na istom principu, odnosno mjere vrijeme potrebno odaslanom signalu da se odbije od površine tekućine te vrati u mjerno osjetilo, te putem dobivenog vremena zadanom formulom izračunavaju razinu tekućine u odnosu na nultu točku (dno spremnika) na koju su baždareni prilikom postavljanja osjetila razine na sami spremnik. Razlika navedenih je spektar frekvencija koji odašilju. Kapacitativno osjetilo razine radi na način da se uronjenoj metalnoj sondi mijenja kapacitet proporcionalno s njenom potopljenosti tekućinom, odnosno, kada je sonda u zraku, na njoj je mjeren manji kapacitet, kad je uronjena, mjereni kapacitet se povećava razinom potopljenosti, te sukladno kapacitetu, mjerni pretvornik navedenu mjernu veličinu pretvara u razinu koja se prikazuje na licu mjesta ili na upravljačkom sustavu. [34]



Slika 23. Prikaz osjetila razine
Izvor: [35]

Mjerač protoka služi za određivanje protoka medija prilikom prijema u spremnik ili prilikom distribucije u druge spremnike ili prema potrošačima. Također sprječava prepunjavanje spremnika budući da se putem kontrolnog sustava može zadati zahtjev za ulaz točno određene količine medija nakon čega se zatvaraju dolazni ventili. Postoji nekoliko tipova mjerača protoka, no najčešći su mjerači koji se temelje na diferencijalnom tlaku

prolaza kroz dvije zone mjerača, te se putem Bernoullijeve jednadžbe $\left(\frac{1}{2} * \rho * v^2 + \rho * g * h + p = konstanta\right)^{20}$ izračunavaju protok kroz isti, također postoje turbinski mjerači koji mjere na temelju brzine prolaza tekućine kroz mjerač te putem mjernog pretvornika pretvaraju signal u maseni ili volumenski protok. [36] [37]



Slika 24. Prikaz mjerača protoka
Izvor: [38]

4.2.2. Prekotlačni ventil

Prekotlačni ventili su vrsta ventila koji djeluju na temelju otpuštanja viška tlaka nastalog prevelikim dovodom medija, te nastalog ekscesom. Najčešće se upotrebljava kao sigurnosni element na spremnicima kako bi kontrolirano rasteretio višak tlaka u sustavu prema za to predviđenom odvodu. Višak tlaka u spremnicima može prouzrokovati strukturalna popuštanja samog spremnika kao i elemenata vezanih na spremnik iz čega može nastati oštećenje opreme, a time i sigurnosni incident. Ventil djeluje na temelju protusile koju stvara opruga u samom ventilu, te kad je sila tlaka veće od sile opruge, ventil se otvara te kontrolirano rasterećuje sustav prema odvodu. [39] Prilikom dizajniranja spremnika određuju se potrebe za maksimalnim tlakom, te prema tome se dimenzionira prekotlačni ventil, odnosno određuje sila opruge ugrađena u spomenuti ventil.

²⁰ Bernoullijeva jednadžba, prema Danielu Bernoulliju, je osnovni zakon gibanja fluida. Proizlazi iz primjene zakona o očuvanju energije na strujanje fluida. Odatle se dobije da zbroj ima istu vrijednost posvuda u fluidu koji struji vodoravno, gdje je p tlak, ρ gustoća i v brzina fluida u nekoj točki, a h visina težišta poprečnog presjeka fluida u odnosu na neku vodoravnu ravninu.



Slika 25. Prikaz prekotlačnog ventila i presjek prekotlačnog ventila
Izvor: [39]

4.2.3. Rasprskavajući disk

Rasprskavajući diskovi su sigurnosni elementi koji posjeduju opnu u obliku diska s prethodno definiranom točkom pucanja, odnosno tlakom pucanja. Koriste se kao zaštita primarno od naglo narinutih visokih tlakova (najčešće uzrokovanih ekscesom) kako bi brzo rasteretili sustav te sačuvali opremu i sigurnost. U slučaju naglo narinutog visokog tlaka, prekotlačni ventil ne može rasteretiti sustav brzinom kojom to može rasprskavajući disk, odnosno prekotlačni ventil služi za održavanje stalnog predviđenog tlaka u spremniku, dok naglo narinuti tlakovi se rasterećuju putem rasprskavajućeg diska. [40] [41] Dakle, u slučaju tlaka višeg od definirane točke pucanja opne rasprskavajućeg diska, sama opna će popucati te kontrolirano rasteretiti sustav i time spriječiti oštećivanje opreme i ugrožavanje čovjekove sigurnosti. [41]



Slika 26. Prikaz rasprskavajućeg diska
Izvor: [41]

4.2.4. Odzračni sustav spremnika

Odzračni sustav spremnika je skup dizajniranih cijevi gdje se spremnik otpušta višak tlaka u kontroliranim uvjetima. Na navedeni sustav je spojen prekotlačni ventil, te zasun ili

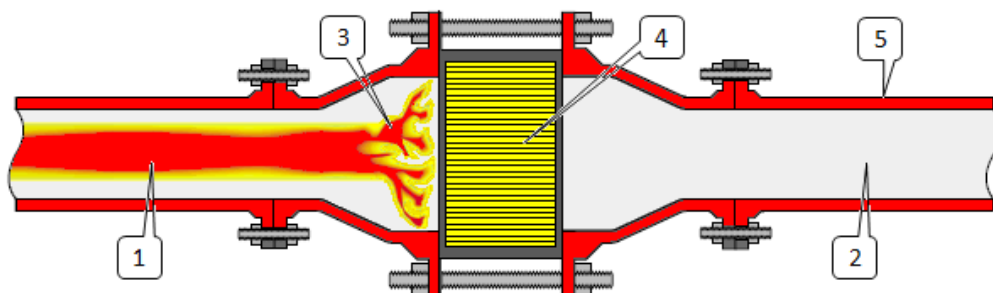
regulacijski ventil kojim se putem upravljačkog sustava kontrolirano ispuštaju plinovi prema predviđenom mjestu za obradu istih.

4.2.5. Ekscesni razvod spremnika

Ekscesni razvod spremnika je sustav cijevi koji kontrolirano rasterećuje sustav u slučaju ekscesa, odnosno nepoželjnog događaja. Dizajniran je na način da je iznad spremnika najčešće spojen na rasprskavajući disk koji pod tlakom većim od definiranog tlaka puca te u trenutku rasterećuje sustav prema ekscesnom razvodu na čijem se drugom kraju najčešće nalazi ekscesni spremnik, odnosno spremnik jednakog ili većeg volumena kako bi mogao prihvatiti cjelokupni sadržaj spremnika u slučaju nepoželjnog događaja. Na ekscesni spremnik može biti spojeno više ekscesnih razvoda različitih spremnika jer je vrlo mala vjerojatnost da će se incident u svim spremnicima dogoditi u istom trenutku.

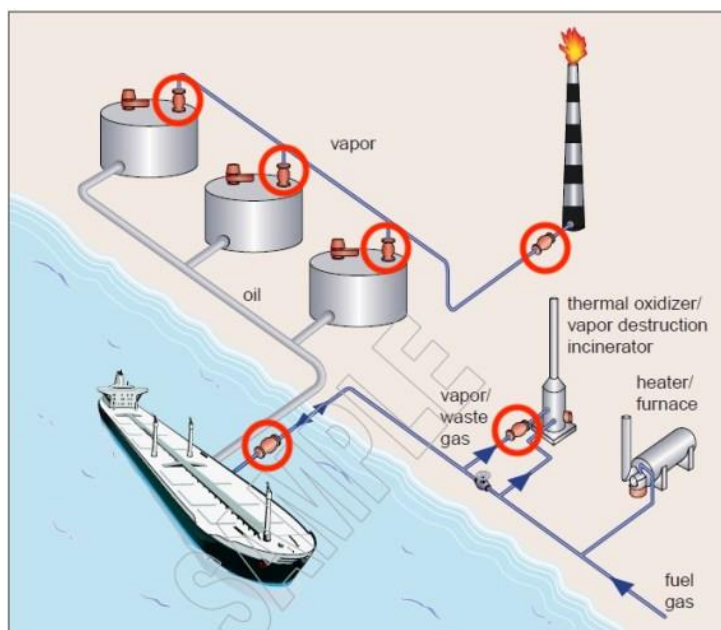
4.2.6. Hvatač plamena

Hvatači plamena su pasivni uređaji koji služe zaštiti jedne strane cjevovoda od širenja plamena druge strane cjevovoda na način da apsorbiraju toplinsku energiju plamena te ga time gase. Glavni element hvatača plamena je cilindar ispunjen cjevčicama koje su izrađene od materijala koji može apsorbirati veće količine topline. [42]



Slika 27. Prikaz hvatača plamena (1 – strana izložena plamenu; 2- šticeana strana; 3 – plamen stabiliziran na hvataču plamena; 4- hvatač plamena apsorbira toplinu i gasi plamen; 5 – cijev)
Izvor: [42]

Kao primjer može se navesti prihvat ili distribucija u/iz tankera (koji je također vrsta spremnika) u/iz spremnika na kopnu. U slučaju nekontroliranog širenja plamena iz obrađivača otpadnog plina na kopnu, plamen se kroz cijevi može proširiti prema tankeru, te time izazvati havariju. Hvatač plamena u tom slučaju sprječava širenje plamena, te time štiti tanker. Jednako tako se može štiti i razna oprema (npr. širenje plamena spremnik - spremnik). Na slici 28. hvatači plamena zaokruženi su crvenim kružnicama, te je prikazan njihov raspored u jednom sustavu skladištenja i distribucije opasnih tekućih sirovina.



Slika 28. Prikaz primjene hvatača plamena
Izvor: [43]

4.2.7. Sabirni prostor

Sabirni prostor je ograničeni građevinski prostor oko spremnika koji jamči prihvat određene količine razlišenih zapaljivih tekućina u slučaju akcidenta. [17] Sabirni prostor ili tankvane sprječavaju daljnje sigurnosne i ekološke incidente zadržavanjem izlivenog sadržaja do sanacije od strane stručnih službi.



Slika 29. prikaz početka izgradnje spremnika te sabirnog prostora oko spremnika
Izvor: [44]

4.2.8. Inertizacija spremnika

Inertizacija je jedna od mjera protueksplozijske zaštite, odnosno upuhivanjem inertnog plina u spremnik istiskuje se kisik iz prostora koji nije zauzet tekućinom, te se time isključuje

jedna od komponenata potrebnih za gorenje, odnosno kisik. Najčešće korišteni inertni plin je dušik zbog svoje dostupnosti i niske cijene u odnosu na ostale inertne plinove. Inertizacija se koristi u svim veličinama spremnika gdje je to tehnički izvedivo i u spremnicima u kojima je procijenjeno da je inertizacija potrebna. Nadtlak inertnog plina u spremnicima je reguliran već spomenutim prekotlačnim ventilom, koji u slučaju porasta tlaka većeg od predviđenog, otpušta višak plinova u odzračni cjevovod.

4.2.9. Protueksplozivna zaštita opreme

Pod protueksplozivnom zaštitom opreme se podrazumijeva oprema izrađena u skladu sa standardima za rad u eksplozivnim atmosferama koji su propisani direktivom Europske Unije 1999/92/EC, te sukladno tome i nacionalnim zakonodavstvom čime je zakonska obveza vlasnika opreme postupati u skladu s navedenom direktivom. [45] Protueksplozivna zaštita štiti doticaj eksplozivne atmosfere s elektroničkim komponentama korištenog uređaja kao i ostalim rizičnim komponentama, odnosno onima čije bi djelovanje moglo izazvati požar ili eksploziju.

Sukladno navedenome, oprema i zone eksplozivnosti su klasificirane od strane ovlaštenih agencija na sljedeći način:

a) Kategorije opreme:

- Kategorija 1 - čini ju oprema sposobna funkcionirati u skladu s radnim parametrima utvrđenim od proizvođača osiguravajući vrlo visoku razinu zaštite. Oprema kategorije 1 namijenjena je uporabi u prostorima u kojima je eksplozivna atmosfera trajno prisutna ili je češće prisutna dulje vrijeme.
- Kategorija 2 koju čini oprema sposobna funkcionirati prema radnim parametrima utvrđenim od proizvođača osiguravajući visoku razinu zaštite. Oprema kategorije 2 namijenjena je uporabi u prostorima u kojima je lako moguća pojava eksplozivne atmosfere u normalnom radu.
- Kategorija 3 koju čini oprema sposobna funkcionirati prema radnim parametrima utvrđenim od proizvođača osiguravajući normalnu razinu zaštite. Oprema kategorije 3 namijenjena je uporabi u prostorima u kojima se očekuje pojava eksplozivne atmosfere u slučaju kvara ili se može pojaviti rijetko, a kada se pojavi, kratko traje. [10]

b) Zone eksplozivnosti:

- Zona 0: prostori u kojima je eksplozivna atmosfera prisutna kontinuirano, u duljim razdobljima ili vrlo često.

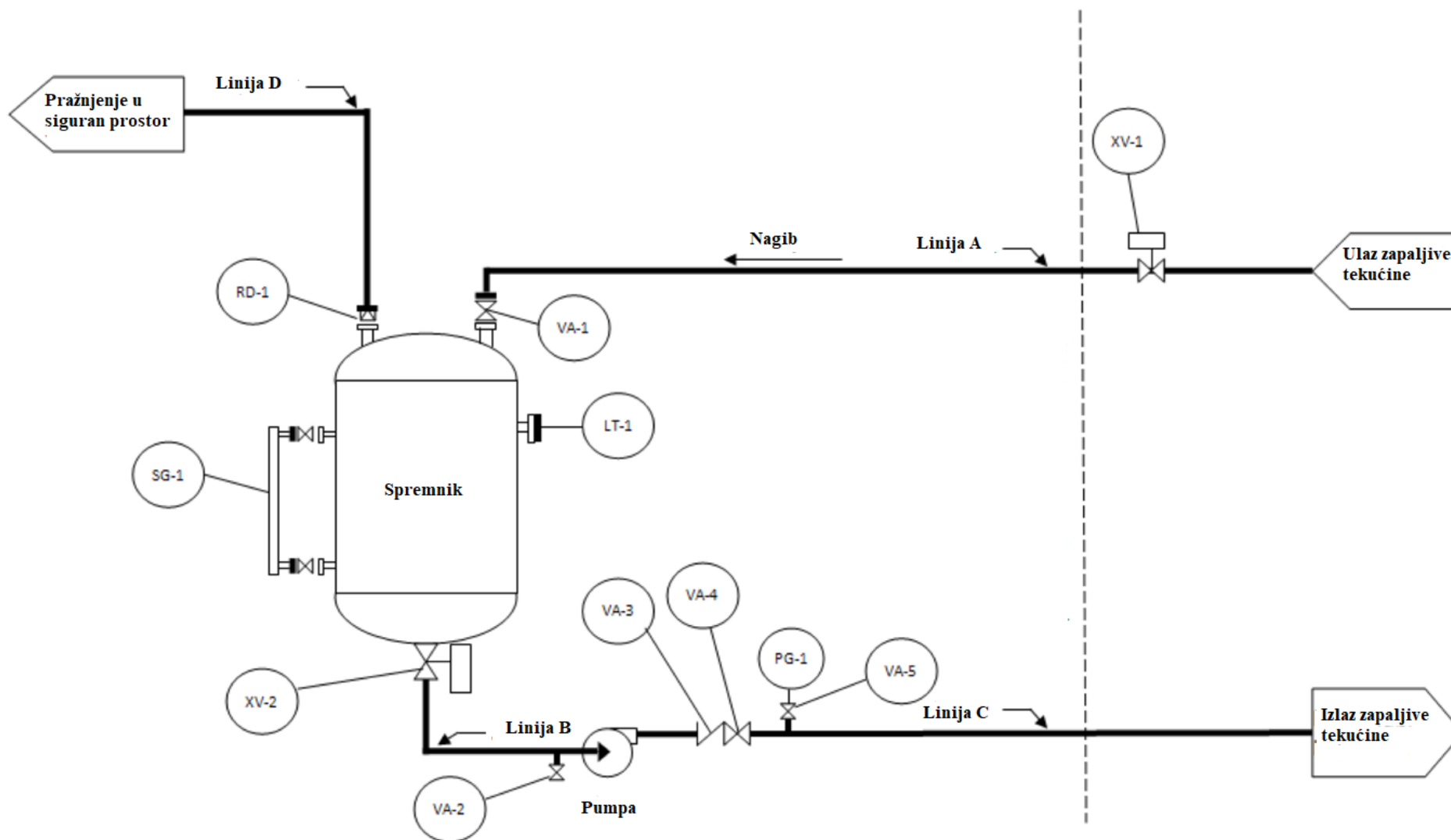
- Zona 1: prostori u kojima je pojava eksplozivne atmosfere vjerojatna povremeno, u normalnom radu postrojenja.
- Zona 2: prostori u kojima pojava eksplozivne atmosfere nije vjerojatna u normalnom radu, ali ako se i pojavi, trajat će samo kratko. [10]

5. Praktični primjer spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina u kemijskoj industriji

Postoje razni spremnici koji se koriste za skladištenje opasnih tekućih sirovina u kemijskoj industriji. Jedan od takvih spremnika prikazan je nadalje u diplomskom radu, te je prikazan i primjer spremnika s poboljšanim sigurnosnim elementima, koji se također može koristiti za skladištenje opasnih tekućih sirovina.

5.1. Primjer spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina

Na slici 30. prikazan je primjer spremnika koji se koristi za skladištenje opasnih tekućih sirovina. Spremnik je dizajniran za skladištenje opasnih tekućih sirovina, točnije, organskih otapala (acetona, metanola, etanola, itd.), te je kao takav predložen od strane časopisa kemijsko inženjerstvo.



Slika 30. Primjer spremnika korištenog za skladištenje opasnih (zapaljivih) tekućih sirovina
 Izvor: [11]

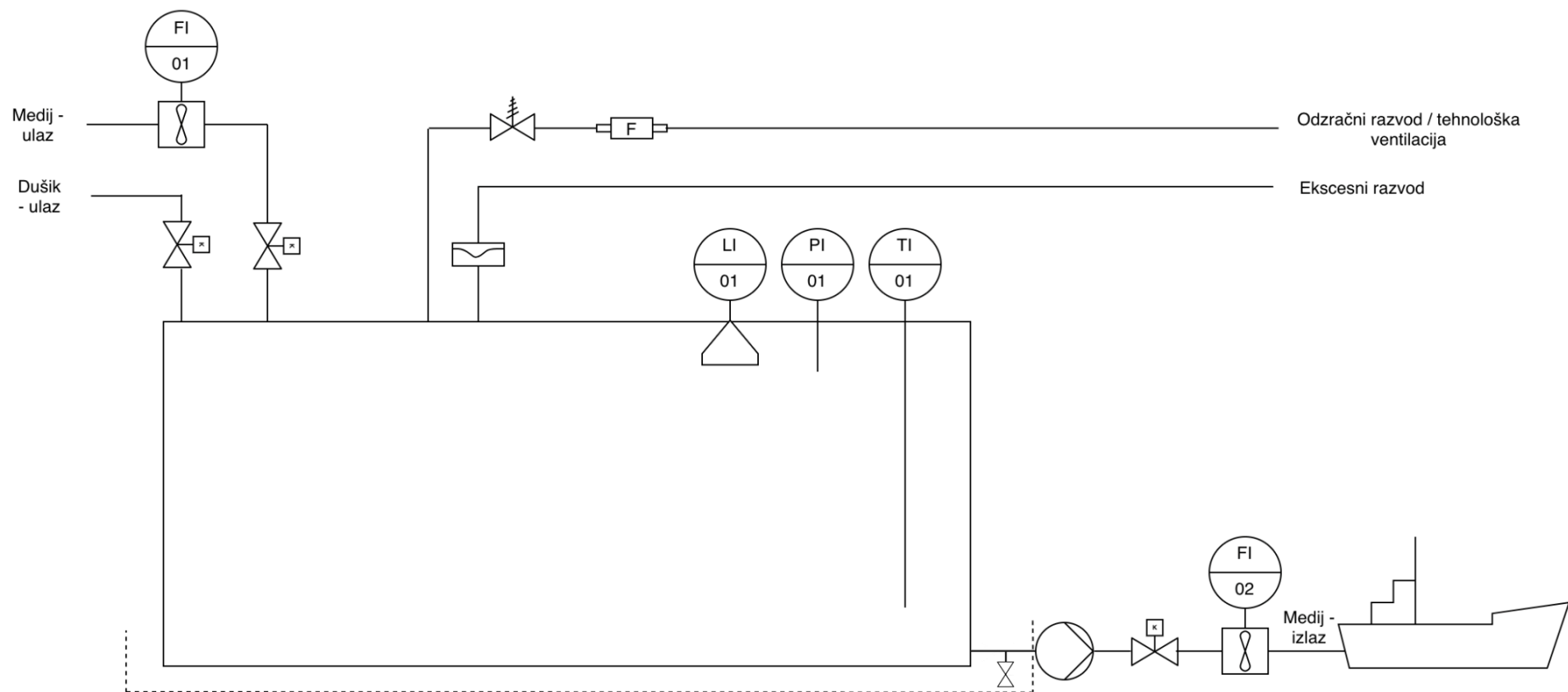
Namjena spremnika, prikazanog na slici 30., može se vidjeti iz postavljenog prekotlačnog ventila (RD-1), odnosno sigurnosnog elementa koji rasterećuje višak tlaka nastalog hlapljenjem zapaljivog medija. Odvod prekotlačnog ventila usmjeren je prema sigurnoj lokaciji, odnosno obradi otpadnih plinova. Na dolaznoj liniji (A) postavljen je automatski ventil (XV-1) koji zatvara dovod opasne zapaljive tekućine u slučaju incidenta, odnosno požara ili u slučaju prepunjavanja spremnika. Sustav koristi dva ručna ventila, jedan za doziranje opasne zapaljive tekućine u spremnik (VA-1), te drugi za drenažu spremnika (VA-2). Drugi automatski ventil (XV-2) služi za distribuciju opasnog zapaljivog otapala, te se također u slučaju incidenta automatski zatvara. Prikazani spremnik je opremljen mjeracom razine u spremniku pomoću cijevi, na slici označene kao SG-1 koja je prozirna i prikazuje razinu opasne tekućine unutar spremnika i može se smatrati kao sigurnosni element koji sprječava prepunjavanje, te izlivanje predloženog spremnika. Također, opremljen je pretvornikom razine (LT-1) koji prenosi podatak o razini opasne tekućine na upravljački sustav kako bi se razina mogla očitavati u realnom vremenu. Na ispustu nakon pumpe se još nalaze ručni ventili VA-3 i VA-4 koji služe za reguliranje protoka pumpe, otvaranjem i prigušivanjem ventila, te ručni ventil VA-5 koji otvaranjem propušta tekućinu prema manualnom pokazivaču tlaka (PG-1) kako bi se vidio tlak koji pumpa daje pri distribuciji opasne zapaljive tekućine. Otvaranjem ventila na mjeracu tlaka se može uočiti povećanje tlaka, a samim time povećanje protoka što znači da su tlak i protok u linearnoj korelaciji. Isto vrijedi i za prigušivanje ventila, odnosno smanjivanje protoka opasne tekućine kroz distribucijski cjevovod. [11]

5.2. Prijedlog spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina

Na slici 31. prikazana je shema predloženog spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina, a u tablici 5. nalaze se objašnjenje simbola sa slike 31. Kao prijedlog spremnika opremljenog sigurnosnim elementima odabran je spremnik izrađen od nehrđajućeg čelika, radnog volumena 20 m^3 , te radnog područja tlaka od -1 barg do 6 barg, te temperature od -60 do $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Spremnik i svi njegovi elementi su spojeni na centralni upravljački sustav koji automatizira rad komponenti spremnika te vrši konstantan nadzor parametara u spremniku i svim njegovim komponentama. U spremniku je dovod dušika, prethodno reduciranog na 80 mbarg, koji se konstantno upuhuje u spremnik (čak i ako je prazan) te održava inertnu atmosferu u spremniku, odnosno kao što je već spomenuto istiskuje kisik koji je jedna od komponenti potrebnih za gorenje. Drugi ulaz u spremnik je ulaz medija (kao medij primjera izabran je aceton kao vrlo zapaljiva tekućina) na kojemu je postavljen mjerac protoka koji

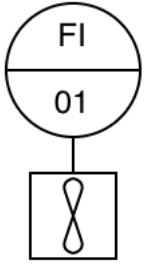
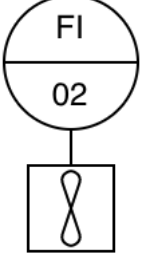


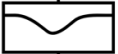
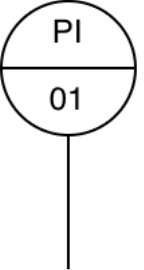
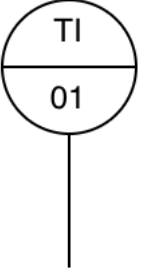
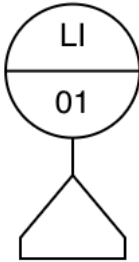
odmjerava količinu zadanu na centralnom upravljačkom sustavu iz drugog spremnika, broda ili cisterne, te po odmjerenoj količini zatvara ventil. Isti princip je i na distribucijskoj strani, osim što distribucijska strana ima još dodatno pumpu koja je dimenzionirana sukladno udaljenosti i razlici u visini od mjesta kojem se distribuira aceton. Spremnik je spojen na prekotlačni ventil koji je postavljen na 55 mbarg kako bi održavao inertnu atmosferu u spremniku. U slučaju tlaka većeg od 55 mbarga, na oprugu prekotlačnog ventila će djelovati sila tlaka, koja će u tom trenutku biti veća od sile opruge, te će višak tlaka otići dalje prema odzračnom sustavu. Na odzračnom sustavu nalazi se također i hvatač plamena koji sprječava širenje plamena kroz odzračni cjevovod u slučaju incidenta na nekom drugom spremniku ili u slučaju incidenta na predmetnom spremniku sprječava širenje plamena na druge spremnike. Također, spremnik je spojen na ekscetni razvod preko rasprskavajućeg diska kojem je točka pucanja postavljena na 5 barg, odnosno 1 barg niže od dizajna spremnika (do 6 barg), stoga rasprskavajući disk štiti spremnik od eksplozije pošto puca na nižem tlaku od maksimalnog tlaka za koji je dizajniran spremnik, te kontrolirano rasterećuje sustav u ekscetni razvod. On se koristi samo u slučaju ekscesa, odnosno puca kada se tlak naglo promijeni. Radarsko osjetilo razine (LI-01) konstantno nadzire razinu u spremniku, te podatke šalje na centralni upravljački sustav, te u slučaju prepunjavanja spremnika, šalje signal na centralni upravljački sustav, koji zatvara ventil na prihvatnoj strani spremnika, odnosno tim ventilom zatvara liniju kojom se spremnik puni acetonom. Osjetila tlaka (PI-01) i temperature (TI-01) su informativnog tipa pošto je spremnik vanjski i toplinski izoliran, te se ne očekuju velike promjene temperature u normalnim uvjetima, isto kao i pretlačivanje spremnika pošto ima prekotlačnu zaštitu. Na ispustu spremnika, nakon pumpe, nalazi se automatski ventil i mjerac protoka (FI-02) distribucijske cijevi. Jedini ručni ventil na spremnu nalazi se ispred pumpe i služi za ispuštanje opasne tekuće sirovine (acetona) u sabirni prostor ispod spremnika, a koristi se samo u slučaju ekscetnih situacija. Prilikom distribucije, pumpa se pali, a mjeraču protoka se postavlja određen volumen na centralnom upravljačkom sustavu koji se distribuira u tanker, te kada mjerac protoka postigne zadan volumen šalje naredbu automatskom ventilu za zatvaranje, te se on zatvara i pumpa se gasi, odnosno prestaje s radom. Spremnik je postavljen u sabirni prostor volumena 20 m³, odnosno volumena dovoljnog za prihvatanje cjelokupne količine spremnika u slučaju razlijevanja. Sve komponente spremnika su ATEX²¹ certificirane, odnosno posjeduju odgovarajuću zaštitu sukladno zoni u kojoj se nalaze.



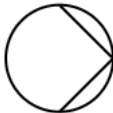
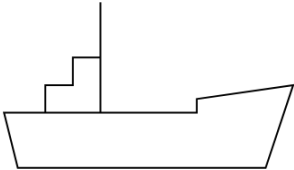
²¹ ATEX – Eksplozivne atmosfere, eng. Atmosphere Explosibles. ATEX direktive sastoje se od dviju EU direktiva koje opisuju minimalne sigurnosne zahtjeve radnog mjesta i opreme koja se koristi u eksplozivnoj atmosferi.



Slika 31. Shema predloženog spremnika za opasne tekuće sirovine
Izvor: autor

Tablica 5. Prikaz i značenje simbola sa slike 31.

Simbol	Značenje
	<p>Mjerač protoka (na strani prijvata u spremnik) (FI – „<i>flow indicator</i>“)</p>
	<p>Mjerač protoka (na strani distribucije iz spremnika) (FI – „<i>flow indicator</i>“)</p>
	<p>Prekotlačni ventil</p>
	<p>Hvatač plamena (F–, „<i>flame arrester</i>“)</p>
	<p>Rasprskavajući disk</p>
	<p>Osjetilo tlaka (PI – „<i>pressure indicator</i>“)</p>
	<p>Osjetilo temperature TI – („<i>temperature indicator</i>“)</p>
	<p>Osjetilo razine (radar) (LI – „<i>level indicator</i>“)</p>

	Automatski ventil
	Ručni ventil
	Pumpa
	Tanker

Izvor: autor

5.3. Usporedba sigurnosnih elemenata spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina

U ovom poglavlju izvršit će se usporedba trenutno korištenog spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina (spremnik A) i predloženog spremnika za skladištenje opasnih tekućih sirovina (spremnik B). Usporedba će se izvršiti na temelju sigurnosnih elemenata.

Tablica 6. Usporedba dvaju spremnika na temelju sigurnosnih elemenata

SIGURNOSNI ELEMENT	SPREMNIK A	SPREMNIK B
Inertizacija spremnika	NE	DA
Prekotlačni ventil	DA	DA
Mjerač protoka	NE	DA (ulaz i izlaz)
Hvatač plamena	NE	DA
Osjetilo razine	DA (cijevno)	DA (radarsko)
Osjetilo tlaka	NE	DA
Osjetilo temperature	NE	DA
Rasprskavajući disk	NE	DA
Ventili	DA (2 automatska i 5 ručnih)	DA (3 automatska i 1 ručni)

Izvor: autor

Primjer spremnika prikazanog na slici 30. (spremnik A) kao aktivni sigurnosni element koristi prekotlačni ventil (RD-1) koji je osnova za skladištenje i manipulaciju organskih otapala zbog njihovih lako hlapivih svojstava, te njihove lake zapaljivosti para. Od ostalih sigurnosnih elemenata, tu je cijevno osjetilo razine koje ima prikaz na računalnom sustavu, te upozorava putem upravljačkog sustava o previsokoj razini u spremniku, gdje se kao posljedica zatvara automatski ventil (XV-1) na dolaznoj strani zapaljivog medija u spremnik. Na shemi predloženog spremnika na slici 31. (spremnik B) možemo vidjeti radarsko osjetilo razine koje je također spojeno na upravljački sustav koji u slučaju opasnosti od prepunjavanja spremnika, automatskom ventilu na ulazu tekućeg medija daje naredbu za zatvaranje kako bi se spriječilo prepunjavanje spremnika. Oba spremnika posjeduju mjerače razine s time da kod spremnika A mjerač razine je cijevnog tipa, a kod spremnika B mjerač je radarskog tipa koji je precizniji i pouzdaniji, te nema opasnosti od začepjenja cijevi, kao u slučaju cijevnog mjerača razine. U spremniku B sustav očitavanja tlaka (PI) spojen je na upravljački sustav koji u slučaju naglog porasta tlaka zatvara putem sigurnosne matrice automatske ventile na dovodima tekućih sirovina i na liniji inertizacije, odnosno dovoda dušika u spremnik, dok spremnik A ne posjeduje mjerenje tlaka u samom spremniku, kao ni inertizaciju kojom se uklanja kisik, komponenta potrebna za gorenje. Također, osim prekotlačnog ventila, iza kojeg je smješten hvatač plamena koji sprječava širenje plamena iz drugih spremnika koji su spojeni na tu granu odzračnog sustava, predloženi spremnik B ima i sustav rasprskavajućeg diska koji u slučaju naglog porasta tlaka puca, te rasterećuje sustav u sigurnu zonu time štiteći sami spremnik od eksplozije pod utjecajem prevelikog tlaka. Spremnik A nema sustav rasterećivanja putem rasprskavajućeg diska, te ovisi isključivo o dinamici provjere tlaka na licu mjesta od strane operatera odnosno rada prekotlačnog ventila (RD-1), te operaterovim odlukama i brzini reakcije u slučaju incidenta. Također, spomenuti spremnik nema mjerače protoka na ulazu zapaljivog medija, kao ni na strani distribucije, te se jedino oslanja na očitane razine u spremniku kao zaštitu od prepunjavanja. Dvostruki sustav sigurnosti, što se tiče tlaka i što se tiče razine na predloženom spremniku B, također može reagirati preventivno u slučaju zakazivanja jednog od sigurnosnih elemenata, što znači u slučaju zakazivanja mjerača protoka količinu dozirane ili distribuirane opasne tvari možemo očitati putem mjerača razine i time spriječiti prepunjavanje spremnika, te u slučaju zakazivanja prekotlačnog ventila sustav se može sigurno rasteretiti putem rasprskavajućeg diska. Kao što se može vidjeti iz ove usporedbe, vrlo je važno, iz sigurnosnog aspekta, ukloniti ljudski faktor, odnosno što više upravljanja prepustiti automatici koja može trenutačno reagirati na očitane podatke u realnom vremenu. Važno je naglasiti kako se vidi, usporedbom dva prikazana spremnika, da vrlo

jednostavnim sigurnosnim elementima i spajanjem na upravljački sustav, sigurnost spremnika, a i okoline, možemo podići na vrlo visoku razinu.

6. Zaključak

Opasne tvari podijeljene su u 9 klasa kako bi se lakše raspoznavale i kako bi se što prije uočile njihove karakteristike i opasnosti koje mogu prouzročiti. Važno je obilježavanje opasnih tvari listicama opasnosti na ambalažama, te pločama opasnosti na prijevoznim sredstvima koje ih prevoze.

Prometne grane, svaka za sebe, uređuju prijevoz opasnih tvari različitim zakonskim regulativama, sporazumima, konvencijama i slično. U cestovnom prometu na snazi je Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari, ADR. U Republici Hrvatskoj na snazi je i Pravilnik o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu koji je sukladan ADR-u. Prijevoz na unutarnjim plovnim putovima uređuje Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim plovnim putovima, ADN. Međunarodna pomorska organizacija regulira prijevoz opasnih tvari u pomorskom prometu i to Međunarodnim pomorskim kodeksom opasnih tereta, te Međunarodnom konvencijom o zaštiti ljudskih života na moru, SOLAS konvencijom. U željezničkom prometu primjenjuje se Pravilnik o međunarodnom prijevozu opasnih tvari željeznicom, RID, dok se prijevoz opasnih tvari u zračnom prostoru regulira Konvencijom o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu i dokumentom Međunarodni standardi i preporučena praksa. U Republici Hrvatskoj donesen je Pravilnik o uvjetima i načinu prijevoza opasnih tvari zrakom koji je sukladan svim međunarodnim zakonima.

Prijevoz opasnih tereta obavljaju različita prijevozna sredstva koja moraju udovoljiti uvjetima predviđenim ADR-om i Zakonom o prijevozu opasnih tvari. Vozila za prijevoz opasnih tvari dijele se u šest skupina, a to su vozila namijenjena prijevozu eksplozivnih tvari i tvari klase 1, vozila namijenjena prijevozu klase 1, ali na koja se postavljaju stroži zahtjevi, vozila za prijevoz opasnih tekućina, vozila namijenjena prijevozu klase 5.1, vozila namijenjena prijevozu opasnih tvari u kontejnerskim i prenosivim spremnicima ili MEGC-jima, te sva ostala vozila koja ne spadaju ni u jedno od prethodno navedenih skupina, a služe za prijevoz opasnih tvari. U cestovnom prometu za prijevoz opasnih tekućina najčešće se upotrebljavaju cisterne, dok u vodnom prometu tankeri.

Svako vozilo koje prevozi opasnu tvar mora se obilježiti odgovarajućom pločom opasnosti, a ambalaža listicama opasnosti, kako bi svi sudionici u prometu mogli uočiti da se prevozi opasan teret. Na ploči opasnosti nalaze se podaci o klasi opasne tvari, broj koji ukazuje na karakterističnu opasnost opasne tvari, te UN broj koji označava vrstu opasne tvari prema propisu Ujedinjenih naroda. Listice opasnosti propisane su pojedinačno za svaku klasu

opasne tvari. Vozač koji prevozi opasnu tvar mora biti upoznat s opasnostima koje može prouzročiti određena opasna tvar kako bi mogao pravovremeno reagirati u slučaju incidentnih situacija.

Spremnici za skladištenje opasnih tekućih sirovina mogu se podijeliti s obzirom na oblik, materijal izrade, te s obzirom na materijal skladištenja. Najvažniji elementi spremnika su oni sigurnosni koji sprečavaju nastanak incidentnih situacija. Prvenstveno se odabire materijal skladištenja kako bi se mogli predvidjeti svi mogući rizici, te se sukladno tome određuju potrebni sigurnosni elementi spremnika, te materijal izrade spremnika.

Na primjeru spremnika koji se koristi za skladištenje organskih otapala, poput acetona, metanola i slično, može se vidjeti kako se mogu unijeti dodatna poboljšanja dodavanjem više automatiziranih sigurnosnih elemenata. Predloženi spremnik za skladištenje opasnih tekućih sirovina posjeduje sustav očitavanja tlaka koji je spojen na upravljački sustav, te ukoliko dođe do naglog porasta tlaka automatski zatvara ventile na dovodu medija i dušika u spremnik, te posjeduje rasprskavajući disk koji u slučaju naglog porasta puca i rasterećuje sustav u sigurnu zonu, te štiti spremnik od eksplozije, što kod spremnika koji se već koristi za skladištenje opasnih tvari nije slučaj. Postojeći spremnik, koji se koristi za skladištenje opasnih tvari, ne posjeduje hvatač plamena koji, ukoliko dođe do zapaljenja spremnika, može spriječiti širenje plamena na ostale spremnike koji su spojeni na istu granu odzračnog sustava, i obratno, ukoliko dođe do zapaljenja nekog drugog spremnika, hvatač plamena štiti od širenja plamena na predmetni spremnik, dok predloženi spremnik posjeduje hvatač plamena i samim time sprječava širenje plamena u slučaju incidentnih situacija. Mjerač razine u spremniku također je jako važan sigurnosni element koji je spojen na upravljački sustav i u slučaju prepunjavanja spremnika šalje naredbu, automatskom ventilu na ulazu tekućeg medija, za zatvaranje. Ovaj sigurnosni element također je poboljšanje u predloženom spremniku za opasne tekuće terete, jer njime se uvelike može smanjiti rizik od incidenata. Kao primjer mjerača razine, u predloženom spremniku, korišten je radarski mjerač koji je mnogo precizniji i pouzdaniji od cijevnog koji se koristi na primjeru spremnika za skladištenje opasnih tekućina. Potrebno je što više ukloniti ljudski faktor prilikom skladištenja opasnih tekućih tvari zbog toga što automatika može brže reagirati ukoliko dođe do incidentnih situacija, te se samim time može smanjiti rizik od istih.

Nove opasne tvari pojavljuju se iz dana u dan, te su zbog toga važna stalna istraživanja i donošenje unaprijeđenih i strožih zakona. Sigurnosni elementi jedni su od najvažnijih čimbenika prilikom skladištenja i distribucije opasnih tvari, te bi se tako stalno trebalo ulagati u nova istraživanja za bolje i sigurnije spremnike za njihovo skladištenje i distribuciju.

Literatura

Knjige:

- [1] Bukljaš Skočibušić, M., Bukljaš, Z. Zaštita u prometu, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2015.
- [2] Mekovec, I. Osnove prijevoza opasnih tvari cestom, Zagreb, vlast. nakl., 2003.

Znanstveni radovi i stručni članci:

- [3] Kovačić, T. Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu, diplomski rad, Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci, 2014.
- [4] Prelčec, I. Organizacija međunarodnog prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu, završni rad, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2018.
- [5] Đurašić, S. Prijevoz opasnih tvari zrakoplovom, završni rad, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2017.
- [6] Milošević-Pujo, B. Neki pravni aspekti prijevoza opasnih tvari morem, Naše more, 2002.;:212-216.
- [7] Batinić, A. Specifičnosti prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu, diplomski rad, Zagreb, Ekonomski fakultet, 2017.
- [8] Kaštelanić, D. Prijevoz kemikalija morem, diplomski rad, Rijeka, Pomorski fakultet u Rijeci, 2013.
- [9] Kalfić, E. Prijevoz opasnih tvari prema ADR sporazumu, završni rad, Karlovac, Veleučilište u Karlovcu, 2017.
- [10] Rumbak, S. Protueksplozijska zaštita - važan čimbenik sigurnosti postrojenja, Sigurnost, Zagreb, 2010;347 – 348.
- [11] Huitt, W. Designing facilities that use and store hazardous chemicals demands a more stringent set of requirements, Chemical engineering magazine, 2010;5-8.

Popis mrežnih stranica:

- [12] Narodne novine. Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/z/246/Zakon-o-prijevozu-opasnih-tvari> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [13] Ministarstvo prometa, mora i infrastrukture. Preuzeto sa: <https://mmpi.gov.hr/promet/cestovni-promet-124/prijevoz-opasnih-tvari-u-cestovnom-prometu-adr/12546> [Pristupljeno: srpanj 2020.].

- [14] Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu. Preuzeto sa: <http://hadela.hr/c95files/ADR%20SKRIPTA2015.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [15] Label Master. Preuzeto sa: <https://www.labelmaster.com/shop/placards/hazard-class-2-placards> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [16] European Commission. Preuzeto sa: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/HR/Safety/RadioactiveSubstances_HR.htm [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [17] Narodne novine. Preuzeto sa: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999_05_54_1028.html [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [18] UNECE. Preuzeto sa: https://www.unece.org/trans/danger/publi/adn/adn_e.html [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [19] Pravilnik o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu. Preuzeto sa: <http://www.propisi.hr/print.php?id=6340> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [20] Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim vodnim putovima. Preuzeto sa: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/medunarodni/full/2017_07_7_41.html [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [21] International maritime organization. Preuzeto sa: <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [22] Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail. Preuzeto sa: https://otif.org/en/?page_id=1105 [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [23] Material safety data sheet. Preuzeto sa: <https://www.lobachemie.com/lab-chemical-msds/MSDS-CALCIUM-CARBIDE-CASNO-75-20-2460F-EN.aspx> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [24] Direct industry. Preuzeto sa: <https://www.directindustry.com/prod/enduramaxx-water-storage-tanks/product-80945-1322011.html> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [25] Plastic mart. Preuzeto sa: <https://www.plastic-mart.com/product/9189/275-gallon-rebottled-ibc-tote-ce-275tote> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].

- [26] Dreams time. Preuzeto sa: <https://www.dreamstime.com/spherical-storage-tank-isolated-spherical-storage-tank-isolated-white-background-d-render-image143126972> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [27] Schneider industries. Preuzeto sa: <https://schneider-industries.de/products/stainless-steel-tanks/liquid-storage-tanks/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [28] GSC tanks. Preuzeto sa: <https://www.gsctanks.com/construction-of-industrial-storage-tanks/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [29] Buckeye fabricating. Preuzeto sa: https://www.buckeyefabricating.com/documents/Tank_Materials_Guide_-_2015_Dec_9.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [30] Ametherm. Preuzeto sa: <https://www.ametherm.com/blog/thermistors/temperature-sensor-types> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [31] ABB. Preuzeto sa: <https://new.abb.com/products/measurement-products/temperature/process-industry-head-thermometers/sensytemp-tsp100-temperature-sensor> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [32] Omega. Preuzeto sa: <https://www.omega.co.uk/technical-learning/sensor-theory-of-operation.html> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [33] India mart. Preuzeto sa: <https://www.indiamart.com/proddetail/industrial-pressure-sensor-16117879091.html> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [34] Process industry forum. Preuzeto sa: <https://www.processindustryforum.com/article/different-types-level-measurement-devices-work> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [35] Siemens. Preuzeto sa: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/level-measurement/continuous/radar/sitrans-lr200.html> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [36] Proteusind. Preuzeto sa: <https://proteusind.com/types-of-flow-meters/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [37] Plant automation technology. Preuzeto sa: <https://www.plantautomation-technology.com/articles/types-of-fluid-flow-meters-used-industrially-and-their-applications> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].

- [38] Tflow meter. Preuzeto sa: <http://www.tflowmeter.com/flow-meter/turbine-flow-meter/liquid-turbine-flow-meter-senosr-measures.html> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [39] Wermac. Preuzeto sa: http://www.wermac.org/valves/valves_pressure_relief.html [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [40] Rembe. Preuzeto sa: <https://www.rembe.com/products/process-safety/rupture-discs-an-introduction/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [41] Review online. Preuzeto sa: <https://www.reviewonline.uk.com/rupture-discs-your-most-important-safety-device/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [42] Wermac. Preuzeto sa: http://www.wermac.org/equipment/flame_arrester.html [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [43] Arab oil naturalgas. Preuzeto sa: <https://www.arab-oil-naturalgas.com/flame-arrestor-function-and-uses/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [44] BPA. Preuzeto sa: <https://www.bpa.co.uk/portfolio-view/new-aviation-fuel-bulk-storage-tank-construction/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [45] Fiditas. Preuzeto sa: <https://fiditas.com/procjena-rizika-eksplozije/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [46] Totetank. Preuzeto sa: <http://m.totetank-en.com/news/technical-difference-between-vertical-storage-23559607.html> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].
- [47] Ishii-iiw. Preuzeto sa: <https://www.ishii-iiw.co.jp/en/business/steel/?ca=3> [Pristupljeno: kolovoz 2020.].

Popis slika

Slika 1. Označavanje Klase 2	4
Slika 2. Listice opasnosti klase 3 opasnih tvari	5
Slika 3. Listica opasnosti klase 4.1. opasnih tvari	6
Slika 4. Listica opasnosti klase 4.2 opasnih tvari	6
Slika 5. Listice opasnosti za klasu 4.3 opasnih tvari	7
Slika 6. Listica opasnosti za klasu 5.1 opasnih tvari	7
Slika 7. Listica opasnosti klase 5.2 opasnih tvari	8
Slika 8. Listica opasnosti za klasu 6.1 opasnih tvari	9
Slika 9. Listica opasnosti za klasu 6.2 opasnih tvari	9
Slika 10. Listica opasnosti za klasu 8 opasnih tvari	11
Slika 11. Listica opasnosti za klasu 9 opasnih tvari	12
Slika 12. EX/II vozila	17
Slika 13. FL vozila	18
Slika 14. OX vozila	18
Slika 15. AT vozila	18
Slika 16. Različiti oblici cisterne (okrugli, eliptični i cisterna kutijastog oblika)	19
Slika 17. Skice tankova 3 tipa broda	20
Slika 18. Primjer ploče opasnosti za acetal	22
Slika 19. Primjer ploče opasnosti za kalcijev karbid	22
Slika 20. Prikaz spremnika prema obliku	25
Slika 21. Prikaz temperaturnog osjetila	28
Slika 22. Prikaz osjetila tlaka	28
Slika 23. Prikaz osjetila razine	29
Slika 24. Prikaz mjerača protoka	30
Slika 25. Prikaz prekotlačnog ventila i presjek prekotlačnog ventila	31
Slika 26. Prikaz rasprskavajućeg diska	31
Slika 27. Prikaz hvatača plamena (1 – strana izložena plamenu; 2- štíčena strana; 3 – plamen stabiliziran na hvataču plamena; 4- hvatač plamena apsorbira toplinu i gasi plamen; 5 – cijev)	32
Slika 28. Prikaz primjene hvatača plamena	33
Slika 29. prikaz početka izgradnje spremnika te sabirnog prostora oko spremnika	33
Slika 30. Primjer spremnika korištenog za skladištenje opasnih (zapaljivih) tekućih sirovina	37

Slika 31. Shema predloženog spremnika za opasne tekuće sirovine 40

Popis tablica

Tablica 1. Klasifikacija opasnih tvari.....	2
Tablica 2. Podjela opasnih tvari klase 1 s pripadajućim listicama.....	2
Tablica 3. Upotreba listica opasnosti za klasu 7 opasnih tvari.....	10
Tablica 4. Odnos širina/dubina kod brodova za prijevoz opasnog tekućeg tereta	20
Tablica 5. Prikaz i značenje simbola sa slike 31.	41
Tablica 6. Usporedba dvaju spremnika na temelju sigurnosnih elemenata	42

Popis kratica

ADN – Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutrašnjim vodnim putovima, eng. European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by inland Waterways.

ADR – Europski sporazumom o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari, eng. European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.

ATEX – Eksplozivne atmosfere, eng. Atmosphere Explosibles.

B – oznaka za širinu broda.

COTIF - Konvencija o međunarodnom željezničkom prijevozu, eng. Convention concerning International Carriage by Rail.

HNS - Konvencija o odgovornosti i naknadi štete u svezi s prijevozom opasnih i štetnih tvari morem, eng. The international convention on liability and compensation for damage in connection with the carriage of hazardous and noxious substances by sea.

ICAO – Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva, eng. International Civil Aviation Organisation.

IMO – Međunarodna pomorska organizacija, eng. International Maritime Organization.

LBP – duljina broda između okomica.

MEGC – Posuda za plin s više elemenata, eng. Multiple-Element Gas Container.

RID – Međunarodni željeznički prijevoz opasne robe, eng. International Carriage of Dangerous Goods by Rail.

SOLAS - Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru, eng. Safety of Life at Sea.

T – oznaka za gaz broda.