

PROBLEMATIKA I MJERE SIGURNOSTI PRILIKOM TRANSPOTRA NAFTE I PLINA

Duspara, Antun

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:963899>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

Antun Duspara

**PROBLEMATIKA I MJERE SIGURNOSTI
PRILIKOM TRANSPORTA NAFTE I
PLINA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2023.

Karlovac University of Applied Sciences Safety and
Protection Department
Professional ungraduated study of Safety and Protection

Antun Duspara

**Problems and safety measures during the
transportation of oil and gas**

Final paper

Karlovac, 2023.

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

Antun Duspara

**PROBLEMATIKA I MJERE SIGURNOSTI
PRILIKOM TRANSPORTA NAFTE I
PLINA**

Mentor: Dr. sc. Sebastijan Orlić

Završni rad

Karlovac, 2023.

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija te dostupnu relevantnu literaturu.

Zahvaljujem mentoru dr. sc. Sebastijanu Orlicu koji je pratio proces izrade završnog rada i svojim savjetima olakšao izradu istoga. Zahvaljujem i ostalim profesorima na prenesenom znanju u polju zaštite od požara, kao i svim djelatnicima Veleučilišta, koji su svojim radom olakšali studiranje u Karlovcu.

Također, zahvaljujem svojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci i motivaciji tijekom studija.

SAŽETAK

U ovom radu opisana je zakonska regulativa prilikom transporta opasnih tvari, kao i mjere sigurnosti i zaštite sa stajališta vatrogasca, opisana je i specijalizirana oprema koja se koristi prilikom rada sa zapaljivim plinovima i tekućinama. Opisana su i fizikalna svojstva zapaljivih tekućina i plinova kao i postupci u slučaju nesreće. U ovom radu analizirani su i načini obilježavanja opasnog tereta kao i specifičnosti svakog pojedinog načina transporta.

Ključne riječi: nafta, plin, prijevoz, opasnost

ABSTRACT

This paper describes the legal regulations when transporting dangerous substances, as well as safety and protection measures from the firefighter's point of view, and describes the specialized equipment used when working with flammable gases and liquids. The physical properties of flammable liquids and gases are also described, as well as procedures in the event of an accident. In this paper, the ways of marking dangerous goods as well as the specifics of each individual mode of transport are analyzed.

Keywords: oil, gas, transportation, hazard, danger

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK	II
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	6
1.1. Predmet istraživanja	6
1.2. Svrha i cilj istraživanja	6
1.3. Struktura rada	7
2. ENERGENTI I NJIHOVA SVOJSTVA	8
2.1. Nafta	9
2.2. Prirodni plin.....	10
2.3 Svojstva zapaljivih tekućina	12
2.4. Svojstva zapaljivih plinova	13
2.5. Djelovanje energenata na čovjeka i okoliš	14
2.6. Požari b razreda	15
2.7. Požari c razreda.....	18
2.7.1. Područje zapaljivosti plinova	18
2.7.2. Temperature i načini pripaljivanja gorivih tvari	19
2.7.3. Pripaljivanje plinova.....	20
2.7.4 Brzina gorenja plinova.....	21
3. Transport	22
3.1.Označavanje opasnih tvari.....	23
3.1.1. Oznake prema RID-u	26
3.1.2. Oznake prema ADN-u	26
3.1.3. Oznake prema IMDG kodeksu	27

3.2.1. Romb opasnosti	27
3.3. Specifičnosti prijevoza nafte	28
3.3.1. Specifičnosti transporta prirodnog plina.....	29
3.3.2. Transport plinovodima.....	29
3.3.3. Prekomorski transport prirodnog plina.....	29
4. Postupci u slučaju nesreće ili neželjenog događaja	32
4.1. Oprema za rad s opasnim tvarima	34
4.1.1. Zaštita dišnih organa	34
4.1.2. Zaštitna odjeća	35
4.2.3. Dekontaminacija.....	36
4.2.4. Otkrivanje plinova i para.....	36
4.2.5. Zaustavljanje istjecanja tekućina	37
4.2.6. Crpke za pretakanje opasnih tekućina	38
5. PROTUEKSPLOZIJSKA ZAŠTITA	39
5.1. Mjere sigurnosti pri cestovnom transportu	40
6. ZAKLJUČAK.....	41
7. LITERATURA	42
8. POPIS SLIKA	43
9. POPIS TABLICA.....	43

1. UVOD

1.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja u ovom završnom radu je transport nafte i prirodnog plina, odnosno načini transporta i mjere sigurnosti prilikom rukovanja opasnim tvarima te glavni problemi koji se pojavljuju u prijevozu naftnih derivata i prirodnog plina i metode za rješavanje istih. U ovom radu stavljen je fokus na sigurnost sa stajališta vatrogasca ili osobe odgovorne za zaštitu od požara, postupke zaštite od požara i eksplozije te zaštite okoliša, preventivne postupke kao i metode djelovanja u slučaju nezgode kod pojedinih metoda transporta. Navedene su i zakonske regulative vezane za transport opasnih tvari te pozitivni primjeri primjene mjera zaštite od požara iz prakse.

1.2. Svrha i cilj istraživanja

Ovaj rad ima za cilj upozoriti na važnost edukacije i preventivnog djelovanja prilikom transporta opasnih tvari kao i metode i postupke prilikom rukovanja istim te važnost edukacije pri minimaliziranju štete u slučaju nezgode. Cilj je upozoriti i na nesretne slučajeve prilikom transporta energenata te moguće štetne utjecaje na zdravlje ljudi u okruženju kao i štetnost na sam okoliš te mogućnosti smanjenja rizika i štetnih posljedica.

1.3. Struktura rada

U radu je opisana zakonska regulativa kojom se propisuju uvjeti i način prijevoza opasnih tvari, potrebna dokumentacija kod skladištenja, otpreme i prijevoza. Definirane su i klasificirane opasne tvari prema ADR-u. Navedene su posebne mjere sigurnosti koje se provode kod prijevoza određenih vrsta opasnih tvari. Važno je označavanje i obilježavanje vozila za prijevoz opasnih tvari (ploče i listice opasnosti), pakiranje i označavanje ambalaže. Opisane su i sigurnosne mjere koje se provode na punilištima zapaljivih tekućina, kao i mjesta posebno uređena za punjenje, zabrane i ograničenja te potrebna dokumentacija za prijevoz.

2. ENERGENTI I NJIHOVA SVOJSTVA

Nafta i naftni derivati, kao i prirodni plin, bitne su stavke modernog društva kakvo danas poznajemo i ključni su za razvoj društva. Zajedničkim imenom nazivaju se energentima, a koji se koriste u razne svrhe u industriji, transportu te u svakodnevnom kućanstvu. Sigurna doprema do krajnjeg potrošača iznimno je važna. U ovom radu bit će proučena problematika transporta i mjere osiguranja prilikom transporta energenata cestovnim, željezničkim putem i transporta pomoću brodova, ali i putem naftovoda i plinovoda. U radu su analizirane preventivne mjere, kao i postupci prilikom nesreće i mjere zaštite ljudskih života i zaštite okoliša.

Osnovna podjele energenata jest na obnovljive i neobnovljive izvore energije, a u ovom radu je fokus stavljen na neobnovljive izvore, u koje spadaju fosilna goriva ugljen, nafta i prirodni plin. Njihova široka primjena i potreba zahtijeva dopremu odnosno transport na različita mjesta i u različitim količinama, pa stoga postoji potreba za raznim načinima transporta istih, a zbog svojih fizikalnih i kemijskih svojstava koje predstavljaju sigurnosni rizik kako za ljude tako i za okoliš.

Ugljen, nafta i prirodni plin nazivaju se dakle fosilnim gorivima. Prije mnogo milijuna godina ostaci biljaka i životinja počeli su se taložiti na dno oceana ili na tlo. S vremenom je te ostatke prekrilo sloj blata, mulja i pijeska. U tim uvjetima razvijale su se ogromne temperature i veliki pritisci, a to su idealni uvjeti za pretvorbu ostataka biljaka i životinja u fosilna goriva. Glavni izvor energije fosilnih goriva je ugljik, pa njihovim sagorijevanjem u atmosferu se ispuštaju velike količine ugljikovog dioksida. To je glavni problem iskorištavanja fosilnih goriva gledano s ekološkog aspekta. [1]

Gledano sa stajališta vatrogasca promatrana skupina tvari spada u klasu 2 (plinovi: stlačeni, ukapljeni i otopljeni pod tlakom) i klasu 3 (zapaljive tekućine) opasnih tvari, odnosno B i C razrede požara.

2.1. Nafta

Nafta je prirodna tvar akumulirana u Zemljinoj kori, tekućina svijetložute do tamnosmeđe boje i posebna mirisa. Po kemijskom sastavu to je smjesa tekućih ugljikovodika, a u malim su udjelima zastupljene i ne-ugljikovodične komponente. Pod izrazom sirova nafta podrazumijeva se nafta dobivena iz bušotine, a prije bilo kakvog čišćenja, separacije i preradbe. Kemijski sastav sirove nafte može prilično varirati jer ovisi o vrsti nafte, tj. o izvornom tipu i zrelosti organskih tvari i njezinu očuvanju u ležišnim stijenama te o uvjetima u sedimentacijskom okolišu. Prosječni je elementarni sastav nafte (maseni udjeli kemijskih elemenata): 84% do 87% ugljika, 11% do 14% vodika, 0,1% do 3% sumpora (najviše 7%), 0,1% do 0,6% dušika (najviše 3%), 0,1% do 1,5% kisika (najviše 2%), 0,01% do 0,03% teških metala (oko 40 metala). Sirova nafta pretežno se sastoji od velikoga broja različitih ugljikovodika. To su: zasićeni ugljikovodici, i to alkani (parafini) od metana do asfaltena i cikloalkani (cikloparafini ili nafteni), u prvom redu derivati ciklopentana i cikloheksana, zatim aromatski ugljikovodici (benzen, alkilbenzeni, naftalen, alkilnaftaleni), smole i asfalteni. Alkani su prisutni u visokim koncentracijama, a manja je zastupljenost naftena, aromata i dr.

Naftni derivati tj. proizvodi rafinerijske preradbe nafte, ponajprije su proizvodi atmosferske i vakuumske frakcijske destilacije koji se mogu izravno upotrijebiti kao gorivo ili kao sirovine za dobivanje niza organskih spojeva. Najvažnije su skupine naftnih derivata naftni plin, petroleter (ligroin), motorni benzin, dizelsko gorivo, mlazno gorivo, odnosno kerozin i petrolej, loživo ulje (lako i teško ili mazut), bazno mazivo ulje (maziva), bitumen i naftni koks, parafin (vosak) te olefinski i aromatski ugljikovodici kao petrokemijske sirovine, posebice etilen, propilen, benzen, toluen i ksileni. (petrokemijski proizvodi).

Naftni derivati predstavljaju proizvode ili među-proizvode dobivene preradom sirove nafte u rafinerijama nafte, kao kompleksnim tehnologijskim postrojenjima koja se sastoje od većeg broja procesnih jedinica. Primarni krajnji proizvodi dobiveni rafinacijom nafte su:

- laki destilati- ukapljeni naftni plin (UNP), benzin, kerozin, mlazno gorivo i druga zrakoplovna goriva
- srednji destilati- dizelsko gorivo (dizel), loživo ulje za kućanstva i druga laka loživa ulja
- teški destilati- teška loživa ulja
- ostali destilati- specijalni benzini i otapala, elementarni sumpor (ponekad i sulfatna kiselina), petrokemijske sirovine (primarni benzin za proizvodnju olefina parnim krekiranjem ili pirolizom ugljikovodika, reformat-benzin za proizvodnju aromatskih ugljikovodika na osnovi benzena, toluena i ksilena, olefini dobiveni postupcima krekiranja i dr.), bitumeni i katran, naftni koks, maziva ulja, voskovi (parafini) i masti, transformatorska i specijalna ulja (omekšivači), čađa. [2]

2.2. Prirodni plin

Prirodni plin smjesa je nižih alifatskih ugljikovodika, pretežito metana, koja se u prirodnim podzemnim ležištima nalazi u plinovitom stanju (slobodni plin), otopljena u sirovoj nafti ili je s njom u kontaktu (vezani ili naftni plin). Naziva se i zemnim plinom. Rabi se prvenstveno kao gorivo u kućanstvima i gospodarstvu te u petrokemijskoj industriji za proizvodnju amonijaka, metanola, formaldehida, vodika, ugljikova monoksida i mnogih drugih kemijskih proizvoda. Prirodni plin smjesa je metana (molni udjel >90%) s manjim udjelima etana, propana i viših ugljikovodika, a može sadržavati i nešto ugljikova dioksida, sumporovodika (takav se plin naziva kiselim), dušika, a katkad i helija i žive. S obzirom na udio težih ugljikovodika razlikuju se: suhi plin, s neznatnim udjelom, i vlažni (mokri) plin, s povećanim i znatnim udjelom težih ugljikovodika iz plinskih i plinsko-kondenzatnih ležišta.

Prirodni plin, kao i nafta, nalazi se u prirodnim zamkama, izoliranim pokrovnim naslagama iz kojih plin ne može migrirati prema površini. To su ležišta prirodnoga plina, koja se nalaze uglavnom u sedimentnim stijenama (pješčenicima, karbonatima i dolomitima), na dubinama od nekoliko stotina do nekoliko tisuća metara. S povećanjem dubine povećava se, u odnosu na naftu, i količina prirodnoga plina. Ležišta se razvrstavaju prema fizikalnim i termodinamičkim značajkama na nekoliko tipova: ležišta suhog plina, iz kojih se dobiva samo plin; ležišta vlažnoga plina, iz kojih se uz plin dobiva i manja količina kondenzata (kondenziranih težih ugljikovodika), koji se stvara tek pri tlaku i temperaturi koji vladaju na površini; plinsko-kondenzatna ležišta, iz kojih se, uz plin, dobivaju i velike količine kondenzata.

Prirodni plin koristi se prvenstveno kao ekološki najprihvatljivije gorivo te u petrokemijskoj industriji za proizvodnju umjetnih gnojiva i drugih prirodnih plinova. Upotreba prirodnog plina je raznovrsna. Plin se upotrebljava u kućanstvu, koristi se kao sredstvo za grijanje, u industriji i drugdje, ali se u zadnje vrijeme sve više javlja kao i alternativno gorivo nafti za pogon motornih vozila, gdje se upotrebljava u jednom od naziva CNG (engl. compressed natural gas) ili ukapljen na temperaturi od -162°C LNG (engl. liquefied natural gas). Prednosti upotrebe prirodnog plina za pogon je u tome što motori pogonjeni prirodnim plinom ispuštaju upola manje štetnih plinova od odgovarajućih dizel motora. Osim toga, prednost se očituje i u činjenici nepostojanja krutih čestica u ispušnoj cijevi, buka je neusporedivo manja kao i niža cijena u odnosu na dizel ili benzin. Prirodni je plin značajan i u pogledu da su autonomija kretanja i nosivost bitno veći nego kod ostalih alternativnih goriva..

Zemni ili prirodni plin fosilno je gorivo koje se najvećim dijelom (85% do 95%) sastoji od metana (CH_4), koji je najjednostavniji ugljikovodik bez mirisa i okusa. Zapaljiv je i eksplozivan. Kao fosilno gorivo, prirodni plin ima ograničene zalihe. Procjene su da bi zalihe prirodnog plina, uz današnju razinu iskorištavanja, mogle potrajati još stotinjak godina. [3]

2.3. Svojstva zapaljivih tekućina

Zapaljive tekućine su one tekućine i njihove smjese koje sadrže otopljene ili raspršene krutine čije je plamište $< 60,5^{\circ}\text{C}$ (kod testa sa zatvorenim posudom), odnosno $< 65,6^{\circ}\text{C}$ (kod testa s otvorenim posudom). Neke zapaljive tekućine, odnosno njihove pare, mogu se zapaliti na sobnoj temperaturi pri čemu je potreban samo izvor paljenja. Druge zapaljive tekućine potrebno je zagrijati kako bi se iznad njihove površine nakupilo dovoljno para koje će se uz izvor paljenja zapaliti. Mogućnost zapaljenja tekućine procjenjuje se iz temperature plamišta.

Tekućinu čija je temperatura plamišta jednaka ili manja od sobne temperature moguće je zapaliti, dok je tekućine čija je temperatura plamišta veća od sobne potrebno zagrijati da bi se zapalile. Tekućine u raspršenom obliku moguće je zapaliti i na temperaturama nešto nižim od temperature plamišta. Uz takvo odstupanje treba napomenuti i da je temperatura u spremnicima i cisternama, zbog sunčevog zagrijavanja ili gibanja tekućine tijekom prijevoza, često veća od temperature okoliša.

Prema ADR-u zapaljive tekućine spadaju u 3. klasu opasnih tvari. Ovaj razred uključuje: zapaljive tekućine, tekuće eksplozive smanjene osjetljivosti, dizelska goriva, plinska ulja te loživa ulja kojima je plamište veće od 61°C , sve do 100°C . Vrelište je temperatura na kojoj istodobno u cijelom obujmu (volumenu) tvar prelazi iz tekućega u plinovito agregatno stanje, to jest najviša temperatura na koju se pri određenom tlaku može zagrijati tekućina. S povećanjem tlaka vrelište se povisuje, a sa smanjenjem smanjuje; obično se navodi vrijednost pri standardnom atmosferskom tlaku ($101\ 325\ \text{Pa}$). Vrelište je karakteristično svojstvo pojedine tvari. Brzina isparavanja je odnos vremena potrebnog za isparavanje jednog volumena tekućine u odnosu na vrijeme potrebno za isparavanje istog volumena etilnog etera. Što je brzina isparavanja manja, to je tekućina opasnija jer će se brže nakupljati pare iznad površine tekućine, a time i brže nastati opasne koncentracije. Plamište je najniža temperatura pri kojoj se iznad površine zapaljive tekućine stvori najmanja potrebna količina para da se one mogu zapaliti, ako se tekućini prinese neki izvor paljenja uz dovoljnu količinu

topline. Što je plamište neke tekućine niže, opasnost od nastajanja eksplozivnih smjesa je veća. [4]

2.4. Svojstva zapaljivih plinova

Pod pojmom plina podrazumijeva se agregatno stanje tvari u kojemu se atomi ili molekule gibaju cijelim raspoloživim prostorom. Kao takvo, plinsko agregatno stanje nema ni oblik ni obujam. Plin je tvar koja: pri 50°C ima tlak para veći od 300kPa (3bar), i koja je pri 20°C i standardnom tlaku od 101,3 kPa u potpunosti u plinovitom stanju. Plinovi se, prema fizikalnom stanju, dijele na: stlačeni plin, ukapljeni plin, pothlađeni ukapljeni plin, otopljeni plin.

Stlačivanjem se plinu smanjuje obujam. On se pritom zagrijava, dakle uz tlak povećava mu se i temperatura. Takvo zagrijavanje može dovesti do zapaljenja eksplozivne plinske smjese ili do drugih kemijskih reakcija kod reaktivnih i nestabilnih plinova. Nastale reakcije mogu stvoriti dodatnu toplinu što ih može značajno ubrzati i u konačnici rezultirati eksplozijom.

Ukapljivanje: postizanjem određenog tlaka plin se ukapljuje, dakle prelazi u tekuće agregatno stanje. Širenjem se plinu povećava obujam, ali se on pri tome hladi, dakle smanjuje mu se i temperatura. Svaki plin obilježava njegova kritična temperatura ukapljivanja. Ako je temperatura plina niža od kritične, on se pri određenom tlaku može ukapljiti. Tlak ukapljivanja ovisi o prirodi plina i kod svakog plina je drugačiji. Ako je temperatura plina veća od kritične, ukapljivanje nije moguće bez obzira na primjenjeni tlak. Drugim riječima, iznad kritične temperature plin se ne može ukapljiti.

Toplinskim učincima pri promjenama stanja, kao što je prethodno spomenuto, plin se stlačivanjem zagrijava, a širenjem hladi. To je posebno izraženo kod ukapljivanja i isparavanja ukapljenog plina. Dođe li, primjerice, do polijevanja tijela ukapljenim plinom, zbog njegovog isparavanja, na koži će nastati vrlo teške smrzotine, ozljede poznate kao hladne opekline.

Prema stanju u spremniku razlikuju se: stlačeni (komprimirani) plinovi, ukapljeni (tekući) plinovi, plinovi otopljeni pod tlakom, pothlađeni (kriogeni) plinovi.

Zapaljivim plinom smatra se onaj plin koji se može zapaliti na sobnim uvjetima na zraku. Za zapaljenje je nužno da je koncentracija plina iz njegovog područja eksplozivnosti te da postoji izvor paljenja ili da je plinska smjesa na dovoljno visokoj temperaturi pri kojoj je moguće samo-paljenje.

Prema opasnom svojstvu razlikuju se: zapaljivi plinovi (skupina 2.1.), nezapaljivi i neotrovni plinovi (skupina 2.2), te otrovni plinovi (skupina 2.3). [4]

Pojmom klase 2. obuhvaćeni su čisti plinovi, smjese plinova, smjese jednoga ili više plinova s jednom ili više drugih tvari te predmeti koji sadrže te tvari. Plin je tvar koja: (a) na 50°C postiže tlak para iznad 300 kPa (3 bar); ili (b) koja je u potpuno plinovitom stanju na 20°C pri standardnom tlaku od 101,3 kPa.

Zapaljivi plinovi su stlačeni, tekući ili pod tlakom otopljeni plinovi koji imaju kritičnu temperaturu nižu od 323,15 K (50°C) ili na istoj temperaturi tlak pare više od 300 kPa (3 bara), a koji se u smjesi sa zrakom mogu zapaliti i/ili eksplodirati. [5]

2.5. Djelovanje energenata na čovjeka i okoliš

Postoje dva načina djelovanja opasnih tvari na čovjeka i okoliš: izravno i neizravno.

Prijevoz naftnih derivata pripada prijevozu opasnih tvari. Prema Ministarstvu mora, prometa i infrastrukture, opasne tvari se definiraju kao tvari koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, izazvati zagađenje okoliša ili nanijeti materijalnu štetu. Dakle, prezentiraju opasna svojstva za ljudsko zdravlje i okoliš, koja su kao takva definirana Zakonima, drugim propisima, te međunarodnim ugovorima. One na temelju njihove prirode ili svojstava i stanja, a u vezi s prijevozom, mogu biti opasne za javnu sigurnost i red ili pak imaju dokazane toksične, nagrizajuće, nadražujuće, zapaljive, eksplozivne ili radioaktivne učinke. Generalno, opasnim

tvarima smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne robe i otpadi ako imaju svojstva opasnih tvari. [6]

Onečišćenja okoliša u petrokemijskoj industriji se mogu podijeliti prema vremenu i mjestu nastajanja tijekom:

- pridobivanja i transporta sirove nafte i plina
- daljnjih procesa prerade

Transport nafte i naftnih derivata uzrokuje rizike za moguća zagađenja vodenih površina nekontroliranim istjecanjem uslijed tankerskih nezgoda. Međutim, vodene površine onečišćuju se i kontroliranim ispuštanjem u vodne sustave. Onečišćenje tla događa se na dva načina: nekontroliranim istjecanjem uslijed nezgoda te indirektnim onečišćenjem (primjerice, kroz kisele kiše). [7]

2.6. Požari B razreda



Slika 1. Požari zapaljivih tekućina

Gorenje je proces oksidacije pri kojem se goriva tvar burno spaja s kisikom iz zraka uz oslobađanje topline, svjetlosti i produkata gorenja. Radi se o kemijskom procesu pretvorbe jedne tvari u drugu. Kod svih tvari koje gore uz pojavu plamena, ne gore direktno one same već plinovi ili pare koje se iz njih oslobađaju. Četiri su osnovna uvjeta gorenja: prisustvo gorive tvari, prisustvo kisika iz zraka ili nekog drugog oksidansa te dovoljna količina topline dovedena zapaljivoj tvari da se postigne temperatura paljenja. Ako je proces gorenja u toku, tada količina oslobođene energije mora biti dovoljna da podržava proces gorenja i nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija gorenja.

Tim mehanizmom se odvija proces gorenja tvari koje gore uz pojavu plamena. Uklanjanjem bilo kojeg spomenutog uvjeta gorenja zaustavljamo proces gorenja.

Gorenje plamenom je način gorenja kojim nastaju plinoviti produkti kao nosioci plamena, bez krutog ostatka. Tim načinom gore plinovi ili pare zapaljivih tekućina, što predstavlja požare razreda B i C. Plamenom mogu gorjeti i neke krutine koje se pri povišenoj temperaturi rastalile u tekuće agregatno stanje koje izgore bez krutog ostatka, npr. parafin ili neke vrste plastičnih masa. Oksidacija kod ove vrste gorenja je burna, uz prisustvo lančanih reakcija gorenja.

Svaka zapaljiva tvar, pa tako i zapaljiva tekućina, može se zapaliti na temperaturi plamišta ili samo-paljenja. Daljnje gorenje nastavlja se određenom brzinom koja se može izraziti kao linearna ili masena. Pare svih tekućina, pa tako i zapaljivih, teže su od zraka i ukoliko ne postoji kovitlanje zraka zadržavaju se na dnu prostora. Gorenje tekućine u otvorenom rezervoaru je difuznog oblika. Dio oslobođene topline troši se na isparavanje tekućine čime se podržava gorenje. U prosjeku za to je potrebno oko 1% od ukupno oslobođene topline. Ostatak se gubi u okolinu zračenjem ili plinovima izgaranja. Plamen ne doseže razinu tekućine jer se iznad nje nalazi koncentracijom prebogata smjesa. Najviša temperatura na koju se površina tekućine može zagrijati jest temperatura vrelišta. Ukoliko je vrelište zapaljene tvari preko 100°C, gašenje s pjenom može postati opasno i neučinkovito, jer se uslijed povišene temperature pjena raspada.

Temperatura plamišta tekućine je najniža temperatura na koju treba zagrijati zapaljivu tekućinu da bi se iznad njene površine stvorila takva koncentracija para pri kojoj one mogu zapaliti vanjskim izvorom pripaljivanja, u smjesi sa zrakom. Ta koncentracija odgovara donjoj granici zapaljivosti. Zapaljene pare ne nastavljaju gorjeti. Daljnjim povišenjem temperature koncentracija para prelazi donju granicu zapaljivosti, ulazi u područje zapaljivosti i proces gorenja se kontinuirano nastavlja. Ta temperatura naziva se temperatura paljenja i ona je malo viša od temperature plamišta. Temperatura samo-paljenja tekućine je najniža temperatura na koju treba zagrijati smjesu para tekućine da bi se one zapalile u kontaktu sa zrakom bez vanjskog izvora pripaljivanja. Ona je znatno viša od temperature plamišta. [8]

Tablica 1. Vrijednosti plamišta i samopaljenja za neke zapaljive tekućine

Vrsta tekućine	Plamište (*C)	Samopaljenje (*C)
Eter	-45	180
Benzin	30	530
Lož ulje i diesel gorivo	100	430
Ulje suncokreta	200	370

Slučajevi pripaljivanja tekućine na temperaturi nižim od plamišta, uspješnost pripaljivanja tekućine ovisi, pored temperature, i o obliku u kojem se ona nalazi. Debeo sloj tekućine (rezervoari, tankovi) zapalit će se otvorenim plamenom samo ako se ona nalazi na temperaturi paljenja. Međutim, ako se tekućina nalazi u vrlo tankom sloju (npr. rastopljeni parafin na fitilju svijeće) ili je raspršena u obliku spreja (izlazi pod pritiskom iz napuknute cijevi), može se zapaliti i na temperaturi znatno nižoj od temperature paljenja. To je moguće zato što se sitne kapljice ili vrlo tanki sloj tekućine lako zagriju i ispare prisilnim pripaljivanjem, a nastale pare se odmah zatim zapale.

Brzina gorenja tekućine u nekom otvorenom spremniku može se izraziti kao linearna brzina gorenja koja predstavlja smanjenje razine tekućine uslijed gorenja u jedinici vremena. Obično se izražava u mm/min. Masena brzina gorenja koja predstavlja masu tekućine koja izgori u jedinici vremena po jedinici površine, obično se izražava u kg/(min x m²) ili g/(sm²).

Tablica 2. Brzine gorenja nekih tekućina

Brzina gorenja za velike tankove	Linearna brzina (mm/min)	Masena brzina (g/sm ²)
Benzin	4	50
Aceton	3,3	47
Mazut	1,4	22
Ugljikov disulfid	1,8	37
Etanol	2,6	27

2.7. Požari C razreda



Slika 2. Požar plina

Kao što je ranije navedeno, prilikom gorenja tvari kod kojeg se pojavljuje plamen, zapravo gore termički oslobođeni zapaljivi plinovi ili pare dotične tvari. Iz toga proizlazi da se požari razreda A, B i C svode na gorenje plinova. Radi boljeg razumijevanja potrebno je navesti osnovne uvjete da bi se plinovi ili pare mogli zapaliti.

2.7.1. Područje zapaljivosti plinova

Zapaljivi plinovi i pare tekućina u smjesi sa zrakom mogu gorjeti ili eksplodirati samo u određenom području koncentracije. To područje naziva se područje zapaljivosti. Koncentracija se izražava volumnim postotkom plina ili para u smjesi sa zrakom. Najniža koncentracija plina ili para u smjesi sa zrakom koja može gorjeti naziva se donja granica zapaljivosti, a najveća koncentracija gornja granica zapaljivosti. Da li će smjesa gorjeti ili eksplodirati ovisi o ambijentu u kojem se nalazi. Ako se smjesa nalazi u otvorenom prostoru, kao što je na primjer prilikom izlaska iz plamenika, odvija se gorenje. Ako se smjesa nalazi u zatvorenom prostoru ili djelomično otvorenom prostoru, doći će do eksplozije. Znači gorenje zapaljivih plinova ili para tekućina odvija se u području zapaljivosti, koje je između gorenje i donje granice zapaljivosti. [8]

Tablica 3. Granice zapaljivosti nekih plinova i para na 25°C

Goriva tvar	Donja granica zapaljivosti	Gornja granica zapaljivosti
Acetilen	2,5	82
Vodik	4,0	75
Metan	5,0	15
Propan	2,1	9,5
Benzin	1,1	7

2.7.2. Temperature i načini pripaljivanja gorivih tvari

Razlikujemo dvije temperature kod kojih se neka goriva tvar može zapaliti. To su temperatura plamišta i temperatura samo-paljenja. Temperatura plamišta je najniža temperatura na koju treba zagrijati neku tvar, a da se iznad njene površine stvori takva koncentracija zapaljivih para ili plinova u smjesi sa zrakom, kako bi se mogla zapaliti vanjskim izvorom paljenja. Prilikom navedene situacije ne nastavlja se kontinuirani proces gorenja, jer se plamen odmah po pripaljivanju gasi.

Koncentracija smjese je u području donje granice zapaljivosti. Daljnjim zagrijavanjem iznad površine tvari stvori se koncentracija zapaljive smjese u području zapaljivosti, a proces gorenja počinje se kontinuirano odvijati. Ta temperatura naziva se temperatura paljenja. Takav oblik paljenja naziva se prisilnim paljenjem. U praksi se najčešće koristi vrijednost plamišta. Temperatura samo-paljenja je najniža temperatura na koju treba zagrijati neku tvar u prisustvu zraka, a da se ona zapali bez vanjskog izvora pripaljivanja. Temperatura samo-paljenja uvijek su više od temperature plamišta. Kod tekućina ta temperatura odnosi se na pare tekućine u smjesi sa zrakom, jer su temperature samo-paljenja u većini slučajeva više od vrelišta tekućine. Takav oblik paljenja naziva se termičkim paljenjem.

Tablica 4. Temperature plamišta i samo-paljenja za neke gorive tvari

Tvar	Plamište (*C)	Samopaljenje (*C)
Vodik	-	510
Metan	-188	537
Propan	-104	465
Metanol	8	455
Etanol	12	425
Aceton	-20	538
Benzin	-30	530

2.7.3. Pripaljivanje plinova

Prilikom izlaza plina iz plamenika ili neke cijevi razlikuju se dva osnovna oblika gorenja:

- gorenje s predmiješanjem, kada iz plamenika izlazi smjesa plina i zraka unutar područja zapaljivosti
- gorenje bez predmješanja ili difuzno gorenje, kada iz plamenika izlazi čisti plin koji se miješa sa zrakom tek nakon napuštanja plamenika ili cijevi

Pripaljivanje plinova u smjesi sa zrakom ili kisikom može se provesti na dva načina:

- prisilno
- termički

2.7.4. Brzina gorenja plinova

Pripaljivanjem plina formira se zona u kojoj se odvijaju vrlo brze kemijske reakcije gorenja. Ta zona naziva se plamena fronta. Ona se nakon formiranja širi kao plamen kroz plinsku smjesu određenom brzinom koja se naziva linearna brzina gorenja plina, a odnosi se na brzinu plamene fronte u odnosu na plinsku smjesu.

Ako se radi o gorenju plinova slobodno na zraku, na primjer u plamenicima, ta brzina naziva se normalna linearna brzina gorenja plinova. Širenjem plamene fronte kroz plinsku smjesu izgara određena masa plina, a brzina kojom se to odvija naziva se masenom brzinom gorenja. Ona predstavlja masu plina koji izgori u jedinici vremena po jedinici površine. Površina predstavlja površinu plamene fronte. Linearna brzina gorenja ovisi o nizu čimbenika, od kojih će biti spomenute samo najvažnije: koncentracija smjese, tlak smjese, temperatura smjese i okruženje u kojemu se proces gorenja odvija.

Porastom koncentracije plinova od donje granice zapaljivosti na više, brzina gorenja raste do neke maksimalne vrijednosti, a zatim opada od gornje granice zapaljivosti. Od plinova koji se u praksi najčešće koriste vodik ima najveću normalnu linearnu brzinu gorenja sa 2,7 m/s, slijedi acetilen sa 1,35, zatim etin sa 0,63 m/s, a metan i ostali plinoviti ugljikovodici su između 0,37 i 0,4 m/s. Smjesama sa čistim kisikom brzine gorenja su u prosjeku veće za desetak puta, za metan ona iznosi 3,25 m/s, a za vodik 9 m/s. [8]

3. TRANSPORT

Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu reguliran je Zakonom o prijevozu opasnih tvari. U cestovnom prometu koristimo razne cisterne za prijevoz naftnih derivata kao i za prijevoz plina, a ovisno o sredstvu koje se prevozi primjenjuju se i određena pravila.

Sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari (ADR) sastavljen je u Ženevi 30. rujna 1957. godine pod okriljem Gospodarske komisije Ujedinjenih naroda za Europu te je stupio na snagu 29. siječnja 1968. godine. Prilozi A i B kao sastavni dio Sporazuma naknadno su usvojeni i pripojeni Sporazumu 1969. godine. Detaljno propisuje uvjete prijevoza kao i obveze svih čimbenika uključenih u ovu vrstu prijevoza. Izmjene i dopune utječu na nacionalne propise i ponašanje s opasnim tvarima te ih je potrebno neprekidno pratiti i usvajati.

Promet zapaljivih tekućina i plinova uključuje njihovo pretakanje, utovar ili istovar u prometna sredstva ili iz njih, rukovanje prilikom dopreme, otpreme i smještaja u skladištu i druge prostore, dopremu i otpremu pomoću naftovoda, plinovoda i produktovoda, prodaju, uporabu i druge radnje sa zapaljivim tekućinama i plinovima. [9]

Zbog velike potrebe i široke primjene potrebni su i razni načini dobave i mogućnosti transporta raznih količina naftnih derivata i prirodnog plina stoga su potrebne i različite i sveobuhvatne mjere zaštite od požara, počevši od preventivnih mjera zaštite od požara i eksplozije do mjera i postupaka u slučaju nezgode. U daljnjem tekstu obrađene su neke od tih načina transporta energenata kao i mjere zaštite prilikom transporta.

Naftu i plin moguće je prevoziti na više načina, a ovisno o količini koju prevozimo kao i odnosu uloženog i dobivenog, sugerirane su najpovoljnije metode transporta moguće za uvjete koji se moraju ispuniti. Najčešća korištena metoda jest cestovni promet te uz njega željeznički promet cisternama, koji koriste već postojeću infrastrukturu te omogućuju veliku autonomiju dobave do krajnjeg korisnika. Za razliku od ostalih metoda, ovdje su u pitanju relativno male količine

bez obzira na metodu prijevoza, iz razloga što su u pitanju opasne tvari. Svi sudionici u transportu moraju biti upoznati s opasnostima i mjerama sigurnosti, sukladno pripisanom zakonu za određenu vrstu prijevoza.



Slika 3. Simboli opasnosti

3.1. Označavanje opasnih tvari

Svaki spremnik, cisterna, kontejner i drugi oblik ambalaže moraju imati posebne oznake koje ukazuju na prirodu sadržaja. Time se nastoji istaknuti prisutnost opasnih tvari, vrsta i stupanj opasnosti kako bi se izbjegle nesreće i olakšalo postupanje u intervencijama. Na svakoj pakovini s opasnim tvarima ističe se pravilno prijevozno ime tvari i pripadajući UN broj ispred kojeg stoji UN oznaka. Na pakovine s opasnim tvarima ističu se i etikete opasnosti. One ukazuju na glavnu i moguću dodatnu opasnost ili opasnosti. Glavna opasnost odgovara razredu ili skupini u koji opasna tvar pripada, a dodatne opasnosti drugim razredima ili skupinama u koje određena tvar ne pripada, ali prikazuje za njih znakovita svojstva. Listice i oznake na prijevoznim sredstvima se ističu i pokazuju glavnu opasnost tereta u prijevoznom sredstvu, kao i dodatne opasnosti tereta. Na prijevoznom sredstvu ističu se najmanje dvije listice na suprotnim stranama. Ako je prijevozno sredstvo podijeljeno u više zasebnih dijelova u kojima se nalaze različite opasne tvari, tada pojedini odjeljci moraju imati svoje listice. Ispražnjena prijevozna sredstva koja nisu propisno očišćena vrednuju se kao neispražnjena. Listice su veličine ne manje od 25 x 25cm, boja i simbol moraju odgovarati etiketi opasnosti, moraju imati istaknut broj razreda ili skupine opasne tvari.

Prema ADR-u listice se ističu na kontejnere, višestruke plinske boce, tank kontejnere, prijenosne cisterne i vozila i to s bočne i sa stražnje strane.

Osim za tvari iz razreda 1. na prijevozna sredstva ističe se i UN-broj, koji se ističe na bijeloj pozadini na donjoj polovici listice ili na narančastom pravokutniku koji se nalazi neposredno uz listicu. ADR propisuje obvezu postavljanja dviju pravokutnih reflektirajućih ploča narančaste boje s crnim rubom, dužine 40 cm i širine 30 cm. Jedna se ploča postavlja s prednje, a druga sa stražnje strane vozila. Ako je propisano stavlja se i broj za raspoznavanje opasnosti na bočnim stranicama svakog spremnika ili njihovog odjeljka, ploče s brojem za raspoznavanje opasnosti i UN- broj tvari.

Za autocisterne i druga prijevozna sredstva s jednom cisternom ili više cisterni u kojima se prevoze različita tekuća goriva bočne tablice nisu potrebne ako se s prednje i stražnje strane vozila postave ploče za tvar koja ima najniže plamište (kao tvar s najvećom opasnosti).



Slika 4. Pozicioniranje listice opasnosti i ploče s UN-brojem

Brojevi za raspoznavanje opasnosti:

- 2 – ispuštanje plina uslijed tlaka ili kemijske reakcije
- 3 – zapaljenje tekućina (para) i plinova ili samo-zagrijavajuća tekućina
- 4 – zapaljiva krutina ili samo-zagrijavajuća krutina
- 5 – oksidacijsko djelovanje
- 6 – otrovanje ili opasnost zaraze
- 7 – radioaktivnost
- 8 – nagrizajuća djelovanja
- 9 – opasnost od spontane žestoke reakcije

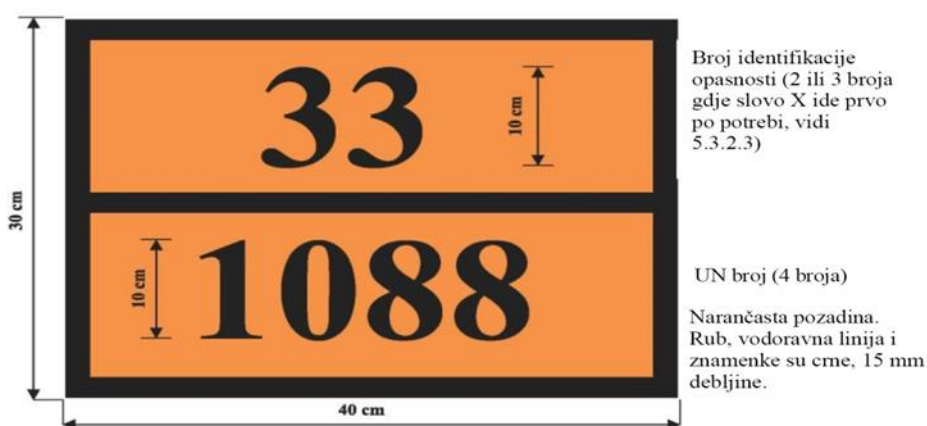
Ponavljanjem znamenaka ukazuje se na izrazitu opasnost, kada se opasnost može izraziti samo jednom znamenkom, druga znamenka je nula. Slovo X ispred broja za raspoznavanje opasnosti ukazuje kako određena tvar opasno reagira s vodom, koja se u tom slučaju može upotrijebiti samo uz odobrenje stručnjaka. [4]

Tablica 5. Brojevi za raspoznavanje opasnosti i njihovo značenje

Broj	Značenje
20	Zagušujući plin ili plin bez dodatnih opasnosti
22	Pothlađeni ukapljeni plin, zagušujući
223	Pothlađeni ukapljeni plin, zapaljiv
23	Zapaljivi plin
238	Zapaljivi plin, nagrizajući
263	Otrovni plin, zapaljiv
30	Zapaljiva tekućina
323	Zapaljiva tekućina koja reagira s vodom stvarajući zapaljive pare
33	Izrazito zapaljiva tekućina
333	Piroformna tekućina
X333	Piroformna tekućina koja opasno reagira s vodom
339	Izrazito zapaljiva tekućina koja može spontano dovesti do burne reakcije

3.1.1. Oznake prema RID-u

Pravilnik o međunarodnom željezničkom prijevozu opasnih tvari (RID) također nalaže isticanje narančaste ploče s brojem za raspoznavanje opasnosti i UN-brojem s obje bočne strane vagonskih cisterna, baterijskih vagona, vagona s prenosivim cisternama, cisternama, višestrukih plinskih boca, prijenosnih cisterna, vagona i malih ili velikih kontejnera za prijevoz u rasutom ili razlivenom stanju. Kad se u pojedinom prijevoznom sredstvu prevoze različite tvari tada se za svaku od njih na bočnim stranama postavljaju zasebne oznake. Na vagonskim cisternama koje prevoze ukapljene, pothlađene ukapljene ili otopljene plinove ističe se narančasta traka širine 30 cm. Ona je ne-reflektirajuća, neprekinuta te postavljena po sredini vagonске cisterne.



Slika 5. Ploča s brojem za raspoznavanje opasnosti(gore), i UN- brojem tvari (dolje)

3.1.2. Oznake prema ADN-u

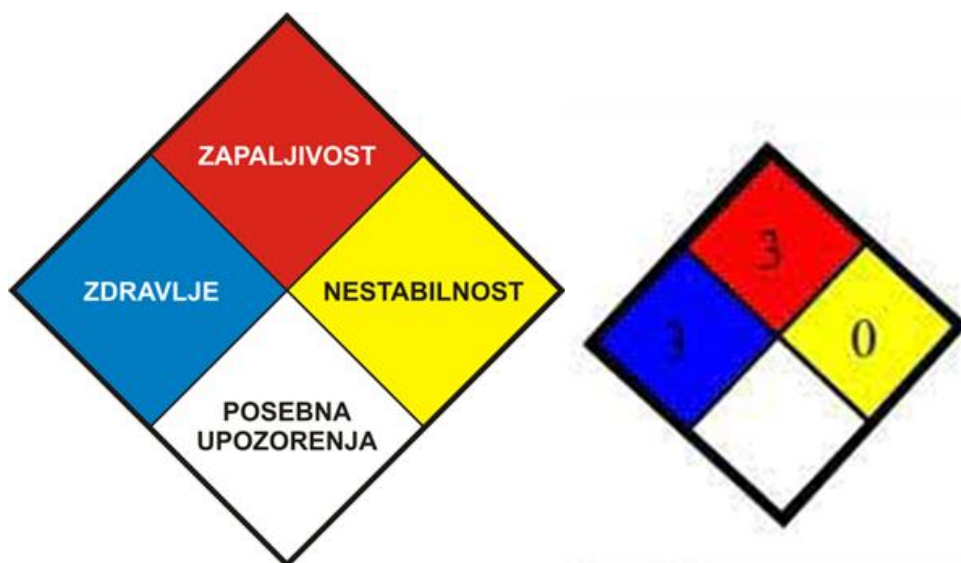
Brodovi koji prevoze opasne tvari prema europskome sporazumu o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim plovnim putovima (ADN), moraju kao znak upozorenja istaknuti određeni broj plavih čunjeva okrenutih prema dolje (danju) ili plavih svjetala (noću), a isto se zahtjeva i za brodove koji ne plove.

3.1.3. Oznake prema IMDG kodeksu

Prema međunarodnom pomorskom kodeksu opasnog tereta na pakovine i prijevozna sredstva u kojima se nalaze zagađivači mora ističe se i natpis MARINE POLLUTANT. Kod prijevoza zapaljivih tekućina, čije je plamište manje od 61°C, ističe se plamište ili raspon plamišta kao i oznaka tipa tvari, te UN- broj.

3.1.4. Romb opasnosti

Američka norma NFPA za opasne tvari propisuje posebne oznake u obliku romba koje su osmišljene za primjenu u industrijskim postrojenjima i skladištima opasnih tvari. Ne primjenjuju se za potrebe prijevoza. Rombom opasnosti ukazuje se na opasnosti za zdravlje, opasnosti od zapaljenja i opasnosti od nestabilnosti te njima srodne opasnosti koje se javljaju uslijed kratkotrajnog izlaganja materijalu u uvjetima požara, istjecanja i drugih nesreća.



Slika 6. Dijamant opasnosti za općenito (lijevo), dijamant opasnosti za benzin (desno)

Romb opasnosti čine četiri polja na kojima se ističu različite vrste opasnosti.

3.3. Specifičnosti prijevoza nafte

Prijevoz naftnih derivata pripada prijevozu opasnih tvari. Prema Ministarstvu mora, prometa i infrastrukture opasne tvari se definiraju kao tvari koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, izazvati zagađenje okoliša ili nanijeti materijalnu štetu, koje imaju opasna svojstva za ljudsko zdravlje i okoliš. Tvari su kao takve definirane Zakonima, drugim propisima, te međunarodnim ugovorima, koje na temelju njihove prirode ili svojstava i stanja, a u vezi s prijevozom, mogu biti opasne za javnu sigurnost ili red ili koje imaju dokazane toksične, nagrizajuće, nadražujuće, zapaljive, eksplozivne ili radioaktivne učinke. Dakle, opasnim tvarima smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne robe i otpadi ako imaju svojstva opasnih tvari. [6]

Prijevoz naftnih derivata spada u prijevoz tvari iz klase 3 te se one i najčešće prevoze. Naftni derivati su zapaljive tekućine koje na temperaturi od 50°C imaju tlak pare niži od 300 kPa i nisu potpuno plinovite pri 20°C i normalnom tlaku od 101,3 kPa i plamište niže od 61°C.



Slika 7. Listice opasnosti za zapaljive tekućine

3.3.1. Specifičnosti transporta prirodnog plina

Prirodni se plin transportira u plinovitom stanju kopnom i po morskom dnu plinovodima, dok se u udaljene prekomorske zemlje transportira specijalnim brodovima u ukapljenom stanju.

3.3.2. Transport plinovodima

Prema transportnoj udaljenosti plinovodi se mogu razvrstati u tri kategorije: u tranzitne, magistralne i distribucijske plinovode.

Tranzitnim plinovodima transportiraju se velike količine prirodnog plina iz jedne zemlje u drugu prelazeći i preko teritorija jedne ili više zemalja. Takvi plinovodi najčešće prenose plin pod tlakom od 7 do 10 MPa, a grade se od čeličnih cijevi promjera do 1500 mm, te su dugi i više tisuća kilometara.

Magistralni plinovodi služe za transport plina unutar granica zemlje ili užeg područja, najčešće od mjesta proizvodnje ili od mjesta uvoza do potrošačkih središta, odnosno velikih industrijskih potrošača. Rade s tlakom manjim od 7 MPa, a promjer im najčešće nije veći od 1000 mm.

Distribucijskim se plinovodima dovodi plin od mjesta preuzimanja na magistralnom plinovodu do mjesta predaje potrošačima. Glavni dijelovi distribucijske mreže rade s tlakom manjim od 0,8 MPa, a razdjelna distribucijska mreža za dovod do stambenih zgrada s tlakom manjim od 3 kPa. Promjeri distribucijskih plinovoda iznose od 50 do 600 mm.

3.3.3. Prekomorski transport prirodnog plina

Prvi prekomorski transport prirodnog plina ostvaren je 1959. godine specijalnim brodom nosivosti 2000t iz SAD-a u Veliku Britaniju. Godine 1964. započinje

transport ukapljenog plina iz Alžira u Veliku Britaniju. Danas postoji 50-ak brodova nosivosti 15 000t do 56 000t ukapljenog plina.

Udio metana u ukapljenom prirodnom plinu iznosi gotovo 99%. Gustoća je ukapljenog plina 430 kg/m^3 , a ogrjevna moć $49,1 \text{ MJ/kg}$. Kubični metar ukapljenog plina sadrži $599,72 \text{ m}^3$ prirodnog plina u standardnim uvjetima.

Da bi bio moguć prekomorski transport, potrebno je ukapljiti prirodni plin i raspolagati posebno građenim brodovljem za prijevoz ukapljenog prirodnog plina. Budući da se prirodni plin ukapljuje pri vrlo niskim temperaturama (nižim od $-161,15^\circ\text{C}$), potrebno je iz plina ukloniti sve nepoželjne sastojke. Ukapljeni plin odvodi se u toplinske izolirane rezervoare. Budući da rezervoari nisu potpuno izolirani, plinovi neprestano isparavaju. Taj se plin iskorištava za hlađenje i za pogon strojeva potrebnih pri ukapljivanju.

Brodovi za transport ukapljenog plina znatno se razlikuju od konvencionalnih brodova za prijevoz kapljevitih tereta (vrlo niske temperature, mala gustoća, mala viskoznost te zapaljivost i eksplozivnost tereta). Poseban su problem rezervoari za ukapljeni plin, jer obični čelik već pri temperaturi od -50°C postaje krhak pa je potrebno dodati upotrijebiti druge materijale (aluminij, neke slitine aluminija, čelik sa 7% nikla). Zbog velikih dilatacija rezervoara i svih metalnih dijelova koji dolaze u dodir s ukapljenim plinom, rezervoari se izvode odvojeno od konstrukcije broda pa se njihove deformacije ne prenose na brod. Budući da su rezervoari dobro toplinski izolirani, oni su praktički zaštićeni i od udaraca i oštećenja.

Terminali za prihvat ukapljenog prirodnog plina sastoje se od broskog veza s priključnim cjevovodom za istovar ukapljenog plina, rezervoara za njegovo skladištenje, pumpa za povišenje tlaka prije uplinjavanja, izmjenjivača topline za zagrijavanje ukapljenog plina prije uplinjavanja, pumpa za cirkulaciju medija za grijanje i kotlovnice za zagrijavanje toga medija.

Ukapljeni plin crpi se pumpama koje ga tlače u isparivače gdje se zagrijava i prelazi u pregrijano plinovito stanje pri temperaturi od 0°C do 15°C . Pritom tlak poraste na oko 3 MPa pa se plin može dalje transportirati plinovodom. Za

isplinjavanje ukapljenog prirodnog plina potrebna je energija. Da bi se, naime, dobio m³ plina iz kapljevitog stanja, pri 15°C i 7,0 MPa, potrebna je energija od 1,015 MJ.



Slika 8. Listice opasnosti za plin

4. POSTUPCI U SLUČAJU NESREĆE ILI NEŽELJENOG DOGAĐAJA

U nesrećama s opasnim tvarima potrebno je što prije intervenirati. Ranijim dolaskom na mjesto nesreće može se spasiti nečiji život, spriječiti ozljeđivanje ili kontaminacija opasnim tvarima te ranijim zaustavljanjem istjecanja olakšava se naknadno sakupljanje i dekontaminacija, odnosno možda se sprječava eksplozija ili neka druga opasnost. Dobro osmišljen i uređen sustav planiranja, dobra organizacija i odgovarajuća opremljenost interventnih postrojbi i timova, polazna su osnova za brzo i djelotvorno postupanje u nesrećama s opasnim tvarima. U određenim slučajevima primjenjuju se postojeći Planovi intervencija u zaštiti određeni Zakonom o zaštiti okoliša. Planom intervencije u slučaju nesreće potrebno je odrediti pitanje sigurnosti na intervenciji odabir osobne zaštitne opreme, provedbu dekontaminacije itd. Za interventne djelatnike ključno je pitanje pravilnog postupanja na intervenciji. Nestručni rad, ne samo da neće pomoći smanjivanju opasnosti, već je može i povećati. U gotovo svakoj ozbiljnijoj nesreći s opasnim tvarima zapovjedniku intervencije potrebne su pisane upute za postupke s opasnim tvarima, a najprihvatljivije su one koje su pisane za svaku pojedinu tvar. U nesrećama cestovnog i željezničkog prijevoza preporučuje se koristiti Kartice za intervenciju u nesrećama koje je razvilo tzv. Europsko vijeće kemijske industrije (ERICards – emergency response intervention cards). Slično ovim uputama, postoje i upute međunarodne pomorske organizacije koja se zovu „Emergency procedures for fire and spillage.“

S obzirom na vrstu postupaka poduzetih u nesrećama s opasnim tvarima, razlikuju se dva osnovna taktička djelovanja: navalno i obrambeno. Navalno taktičko djelovanje uključuje postupke u kojima se očekuje izravan doticaj opasnih tvari i djelatnika. Interventni se djelatnici, iz tog razloga, moraju odgovarajuće zaštititi. Ovo taktičko djelovanje uključuje različite postupke za zaustavljanje istjecanja i zadržavanje materijala u njegovim spremnicima i pakovanje, pretakanje i prebacivanje materijala u druge spremnike, čišćenje podloge na koju su dospjele opasne tvari i slično. Za takva djelovanja potreban

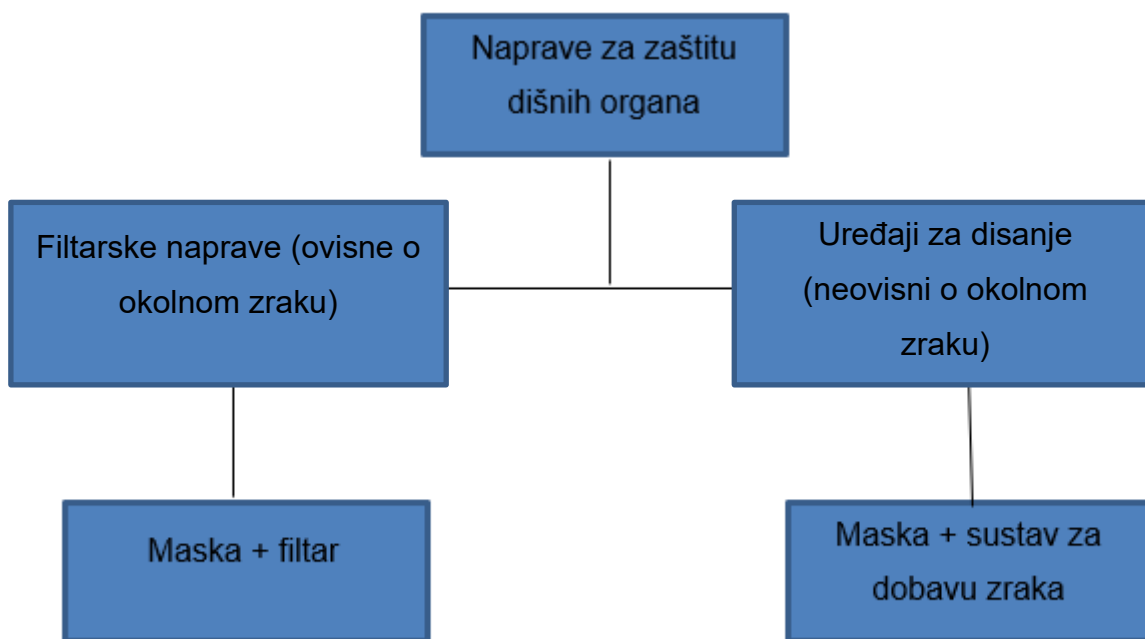
je specijalizacijski stupanj osposobljenosti za intervencije s opasnim tvarima. Obrambeno taktičko djelovanje uključuje postupke koji ne predviđaju izravni dodir interventnih djelatnika s opasnim tvarima.

Ovdje se, uglavnom, radi o uklanjanju izvora paljenja, onemogućivanju razvoja i širenja para tekućina, ograđivanju materijala kako bi se spriječilo širenje, obavještavanju javnosti, evakuaciji i slično. Potreban je niži stupanj zaštite, a mogu je provoditi i djelatnici s osnovnim stupnjem osposobljenosti za intervencije s opasnim tvarima. Osnovna taktička jedinica obuhvaća vozilo za opasne tvari (akcidentno vozilo), vozilo za gašenje požara i tehničko vozilo. Akcidentno vozilo sadrži zaštitnu opremu, opremu za zaustavljanje istjecanja, pretakanje, prikupljanje i smještaj tvari te raznu drugu opremu. Vozilo za gašenje može se koristiti za gašenje i hlađenje, prijevoz dodatne opreme i djelatnika, a tehničko vozilo za dobivanje električne energije, prijevoz rasvjetnih tijela i druge tehničke opreme. Interventni djelatnici na terenu raspoređuju se u grupe od najmanje dvije osobe, broj grupa i djelatnika određuje se prema potrebama i mogućnostima a s obzirom na zadatke dijele se u 7 grupa: izviđačka grupa, mjerna grupa, radna grupa, prijevozna grupa, sigurnosna grupa, vatrogasna grupa, dekontaminacijska grupa. U pojedinim prilikama rad s nedovoljnim brojem djelatnika može ugroziti njihovu sigurnost, a prostor oko mjesta nesreće potrebno je podijeliti na nadzorna područja i označiti čunjevima, stupovima, zastavicama, trakama i slično. Tri su bitna područja: opasno, pripremno i sigurno. Uređaji i oprema koja se koristi u zonama opasnosti mora biti protueksplozijski zaštićena. [4]

4.1. Oprema za rad s opasnim tvarima

4.1.1. Zaštita dišnih organa

Za rad s opasnim tvarima potrebno je koristiti osobnu zaštitnu opremu, tako i zaštitu dišnih organa zbog štetnih tvari ali i manjka kisika uslijed uvjeta požara ili isparavanja zapaljivih tekućina. Naprave za zaštitu dišnih organa vrlo su raznolike, počevši od vrlo jednostavnih filtarskih maski za pročišćivanje zraka, pa do vrlo složenih nad-tlačnih samostalnih uređaja za disanje. Podijeljene su u dvije osnovne skupine: filtarske naprave (pročišćuju zrak preko filtra) i uređaji za disanje (zrak za disanje osiguravaju iz nezagađenog izvora).



Slika 9. Podjela naprava za zaštitu dišnih organa

4.1.2. Zaštitna odjeća

Za zaštitu tijela od utjecaja opasnih tvari koristimo različitu zaštitnu odjeću:

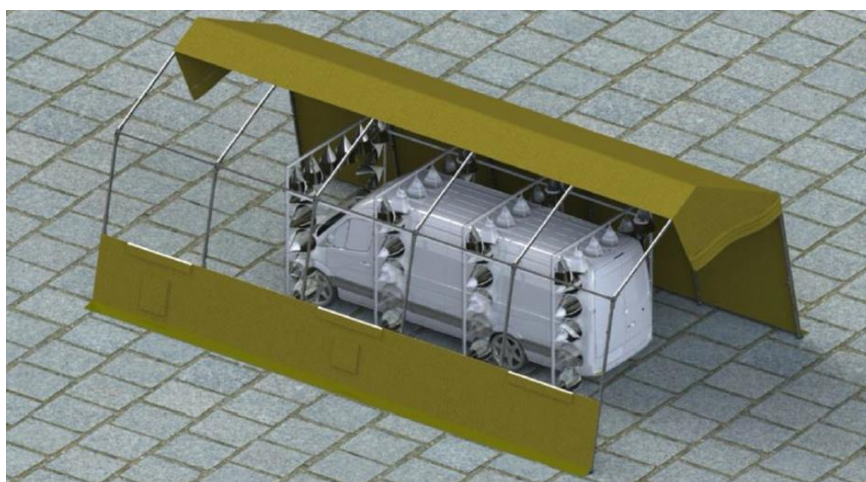
- plino-propusna odijela
- odijela za zaštitu od tekućina i čvrstih čestica



Slika 10. Zaštitna odijela za rad s opasnim tvarima

4.2.3. Dekontaminacija

Kod intervencija u nesrećama s opasnim tvarima za potrebe dekontaminacije koriste se posebni tuševi, kabine i šatori. Na njima se nalaze mlaznice za ispiranje odijela i opreme raspršenim mlazom vode. U vodu je moguće primiješati i sredstva za dekontaminaciju. Neka oprema ima i mogućnost zadržavanja zagađene vode koja se naknadno može zbrinuti na odgovarajući način.



Slika 11. Šator za dekontaminaciju

4.2.4. Otkrivanje plinova i para

Kod intervencija u kojima postoji opasnost od plinova i para, trovanja ili eksplozije i zapaljenja ili zbog nedostatka kisika u zraku, potrebno je koristiti uređaje i naprave za otkrivanje i mjerenje koncentracije opasnih plinova i para u zraku. Za mjerenje koncentracije zapaljivih plinova i para koristimo eksplozometre. Potrebno je obratiti pozornost koju vrstu zapaljive tvari uređaj detektira, a porastom koncentracije uređaj daje svjetlosna i zvučna upozorenja. Koncentraciju otrovnih plinova i para mjerimo uređajima koji se nazivaju toksimetri, rade na drugačijem principu od eksplozimetra i osjetljiviji su na niske koncentracije opasnih tvari, imaju kratak vijek trajanja i reagiraju samo na jednu određenu tvar.

Za mjerenje koncentracije kisika u zraku koristimo oksimetar, radi na sličnom principu kao toksimetar, ali je koncentracija izražena u %vol. (standardna vrijednost 21%vol.). Koncentracija kisika može se u uvjetima požara, istjecanja nekog plina u zatvorenom prostoru ili isparavanja tekućine u spremniku toliko smanjiti da disanje postaje ugroženo, dok s druge strane povećana koncentracija kisika u prostoru pogoduje nastanku požara i eksplozije.



Slika 12. Eksplozimetar i toksimetar/oksimetar

4.2.5. Zaustavljanje istjecanja tekućina

U prometnim i drugim nesrećama moguća su oštećenja cisterni, spremnika, cjevovoda uslijed kojih dolazi do istjecanja opasnog sadržaja. U takvim prilikama od ključnog je značaja zaustaviti istjecanje. Tada se koristi posebna oprema za zaustavljanje istjecanja a nju čine: jastuci za zaustavljanje istjecanja, drenažni tlačni jastuci, vakuumski jastuci, koplja za zaustavljanje istjecanja, bandaže za zaustavljanje istjecanja, jastuci za zatvaranje kanalizacijskih otvora te ostala oprema za zaustavljanje istjecanja.

Istjecanje opasnih tvari na površine mora, jezera, rijeka i drugih vodotoka izaziva velike poremećaje kod flore i faune, ugrožava izvorišta pitke vode i zagađuje obalu. Zbog manje gustoće od vode uglavnom se ne miješaju već nakon

istjecanja se zadržavaju na površini do isparavanja, potonuća, raspršivanja ili hvatanja na obali. Nakon zaustavljanja istjecanja i sprječavanja širenja, potrebno je sakupiti i ukloniti s vodene površine, a u tom procesu koriste se: brane za sprječavanje širenja ulja, skimeri za sakupljanje ulja, upijajuća sredstva i raspršivači za emulgaciju zaostalog ulja.

4.2.6. Crpke za pretakanje opasnih tekućina

Pretakanjem se glavnina tekućina može premjestiti u posebne spremnike ili cisterne te tako ukloniti s tla ili iz oštećenog spremnika. Za to se uglavnom koriste posebne crpke otporne na nagrizajuća djelovanja opasnih tvari. Pretakanje može biti tlačno ili vakuumsko. Postoji centrifugalna crpka za mineralna ulja, centrifugalna crpka za opasne tekućine, peristaltička crpka za opasne tekućine, potopna crpka, crpka za bačve, membranska crpka na stlačeni zrak, turbinska crpka, ručna membranska crpka...

Cijevi za pretakanje opasnih tekućina moraju biti izrađene od materijala otpornih na djelovanje opasnih tekućina, također kod pretakanja zapaljivih tekućina važno je da cijevi budu električki vodljive kako bi se otklonio statički elektricitet koji nastaje protjecanjem tekućine.

5. PROTUEKSPLOZIJSKA ZAŠTITA

Protueksplozijska zaštita u radu sa zapaljivim plinovima, parama i prašinama osniva se na trima mjerama:

- onemogućivanje nakupljanja eksplozivne smjese, gdje god je to moguće
- sprječavanje zapaljenja nakupljene smjese
- svođenje eksplozijskih učinaka na najmanju moguću mjeru

Električni uređaji koji se koriste u prostorima ugroženim od eksplozije ne smiju biti izvor paljenja. Mnoge tekućine, plinovi i prašine su zapaljivi te se na uređajima za rad s takvim tvarima zahtijeva iznimno velika opreznost. Njihova izvedba ovisi o mjestu korištenja, vrsti zapaljivog sadržaja u zraku i slično a podijeljeni su u 6 zona opasnosti u kojima mogu raditi. [4]

U slučaju nesreće ili neželjenog događaja koji mogu nastati ili proizaći tijekom prijevoza, članovi posade vozila moraju sigurno i učinkovito obaviti sljedeće:

- aktivirati kočni sustav, zaustaviti motor i isključiti akumulator preko glavne strujne sklopke,
- spriječiti izvor zapaljenja, osobito tinjanje ili zagrijavanje spojeva električne opreme,
- obavijestiti o neželjenom događaju nadležne službe, davanjem što je moguće više podataka o incidentu ili nesreći i tvarima koje su uključene,
- koristiti obuću upozoravajući prsluk i postaviti samostojeće signalne oznake prema potrebi,
- predati prijevozne dokumente odgovornim osobama,
- ne dirati ili šetati po rasutim tvarima i spriječiti udisanje dima, prašine i para stajanjem od smjera vjetra,
- kada je učinkovito i sigurno koristiti vatrogasne aparate u slučaju požara na gumama, kočnicama i motornom dijelu,
- požare u teretnim prostorima ne smiju gasiti članovi posade vozila,

- kada je učinkovito i sigurno, koristiti sigurnosnu opremu za sprječavanje propuštanja i otjecanja tekućina u okoliš ili kanalizacijski sustav i spriječiti razlijevanje,
- udaljiti se od mjesta nesreće ili neželjenog događaja, savjetovati i pomoći drugim osobama da se udalje od nesreće i slijediti upute nadležnih službi o neželjenom događaju, ukloniti svu kontaminiranu odjeću i korištenu zaštitnu opremu na sigurno

5.1. Mjere sigurnosti pri cestovnom transportu

Uz preventivne mjere i pravilnu edukaciju samih vozača ali i svih drugih sudionika u transportu ove vrste opasnih tvari kao i hitnih službi, važne su kartice opasnosti te ERIC-broj opasnosti tvari. Kod djelovanja pri intervenciji u slučaju nezgode izrazito je važno odmah znati o kojoj tvari se radi i koji su postupci pri rukovanju s istom.

CEFIC-ova uputstva za intervencije u slučaju nesreća i akcidenata s opasnim tvarima (u daljnjem tekstu ERI-kartice) osiguravaju informacije za početne postupke za pripadnike vatrogasnih postrojbi, koji prvi dođu na mjesto intervencije kod prometne nesreće s opasnom tvari, a da još ne raspolažu za proizvod specifičnim, prikladnim i pouzdanim informacijama. ERI-kartice su namijenjene pripadnicima vatrogasnih postrojbi, obučenim za intervencije s opasnim tvarima, a sadrže informacije i procedure koje mogu zahtijevati specijaliziranu opremu. ERI-kartice namijenjene su za korištenje u slučaju kemijskih nesreća samo u okviru kopnenog prometa, u koje su uključene ograničene količine proizvoda, dok za druge okolnosti mogu biti neprikladne. ERI-kartice se mogu primijeniti za samo određene grupe proizvoda, stoga ne mogu biti zamjena za detaljna, proizvodu specifična uputstva, koje izdaju odgovarajuće ustanove (npr. podaci iz zavoda, baza podataka ili industrijskih stručnjaka). Stoga, korištenje ERI-kartica zahtijeva promišljeno prosuđivanje, uzimajući u obzir posebne okolnosti svake nesreće. Izbor odgovarajuće ERI-kartice vrši se temeljem UN-broja ili naziva tvari iz ADR-a.

6. ZAKLJUČAK

Prilikom rada s naftnim derivatima i prirodnim plinom od iznimne je važnosti da svi sudionici budu odgovarajuće opremljeni za rad s opasnim tvarima kao i da budu educirani u radu s istima. Prilikom transporta treba se pridržavati svih propisa vezanih za pojedinu opasnu tvar te pravilno obilježiti teret, kako bi u slučaju nesreće vatrogasci pravovremeno uočili i identificirali opasnu tvar i odredili ispravan način postupanja.

Nafta i prirodni plin neizostavan su dio današnjeg društva i život kakav poznajemo ne bi bio moguć bez njih. Stoga, u kontaktu s navedenim tvarima iznimno je važno pravilno rukovanje, edukacija i preventivne mjere zaštite od nesreće, kako bi se smanjila mogućnost nesreće, ugrožavanje ljudskog zdravlja i života te prirodne flore i faune.

7. LITERATURA

[1.] HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA- <https://www.enciklopedija.hr>, pristupljeno 25.05.2023.

[2.] Hrvatska tehnička enciklopedija, Naftni derivati, <https://tehnika.lzmk.hr/naftniderivati/> pristupljeno 25.05.2023.

[3.] Prirodni plin. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 19. 4. 2023.

[4.] Intervencije u nesrećama pri prijevozu opasnih tvari, Damir Knežević, Zagreb 2004.

[5.] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima NN (108/95, 56/10, 114/22)

[6.] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 2017.

[7.] Vidović, E.: „Vrste onečišćenja karakteristične za rafinerijsku proizvodnju“, Radni materijali. Ekoinženjerstvo. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. Sveučilište u Zagrebu, (2023)

[8.] Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Vatrogasna zajednica, 2006.

[9.] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima NN (108/95, 56/10, 114/22)

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Požari zapaljivih tekućina	15
Slika 2. Požar plina.....	18
Slika 3. Simboli opasnosti	23
Slika 4. Pozicioniranje listice opasnosti i ploče s UN-brojem.....	24
Slika 5. Ploča s brojem za raspoznavanje opasnosti(gore), i UN- brojem tvari (dolje)	26
Slika 6. Dijamant opasnosti za općenito i dijamant opasnosti za benzin.....	27
Slika 8. Listice opasnosti za zapaljive tekućine	28
Slika 9. Listice opasnosti za plin.....	31
Slika 10. Podjela naprava za zaštitu dišnih organa	34
Slika 11. Zaštitna odijela za rad s opasnim tvarima	35
Slika 12. Šator za dekontaminaciju	36
Slika 13. Eksplozinometar i toksimetar/oksimetar	37

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Vrijednosti plamišta i samopaljenja za neke zapaljive tekućine.....	16
Tablica 2. Brzine gorenja nekih tekućina	17
Tablica 3. Granice zapaljivosti nekih plinova i para na 25°C	19
Tablica 4. Temperature plamišta i samopaljenja za neke gorive tvari	20
Tablica 5. Brojevi za raspoznavanje opasnosti i njihovo značenje.....	25