

# Protupožarna zaštita kod LNG terminala

## Firefighting protection for LNG terminals

Vanja Klobas, struč. spec. ing. sec.  
Dario Bognolo, dipl. ing.  
dr. sc. Kršulja Marko, dipl. ing.

---

### SAŽETAK

U ovom radu prikazana je protupožarna zaštita kod LNG terminala. Za uspostavljanje takve zaštite prvenstveno je ključno poznavanje svojstava LNG-a, koja mogu varirati u ovisnosti o njegovom porijeklu. Zbog boljeg i lakšeg razumijevanja problematike, daje se i kratki opis lanca opskrbe LNG-em, a navodi se i razlog njegovog ukapljivanja s naglaskom na njegove izvanredne ekološke, ekonomske i energetske prednosti. Opisuju se i opasni fenomeni koji uključuju bukteći požar, požar lokve, požar mlaza, eksplozije, gušenje, ali opasnosti koje su povezane sa samom kriogenom temperaturom LNG-a. Tu je važno naglasiti da sve ove opasnosti neće predstavljati visok rizik ukoliko se smanje posljedice ili vjerojatnost njihove pojave. Opisuje se i zaštita od požara na ovakvim terminalima koja uključuje sigurnosne sustave kao što je ESD sustav, detekcija požara, ispuštanja i izlijevanja, sustavi za zaštitu od požara i gašenje vodom, druga oprema za gašenje i kontrolu požara, te mjere i oprema za zaštitu osoba.

Ključne riječi: ukapljeni prirodni plin, protupožarna zaštita, terminal

### Summary

*This paper presents aspects of firefighting protection for LNG terminals. For establishing such protection it is primarily important to know the characteristics of the LNG, which can vary depending on its origin. For easier and better understanding of the relevant problem area, a short description of the LNG supply chain is also given, accompanied by giving the reasons for its liquefying, with emphasis on its extraordinary ecological, economic, and energy advantages.*

*Certain dangerous occurrences are described such as flash fires, pool fires, jet fires, explosions, and suffocation, as well as some dangers connected with the cryogen LNG temperature.*

---

Vanja Klobas, struč. spec. ing. sec., Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, Rijeka, Hrvatska e-mail: vanja.klobas@gmail.com  
Dario Bognolo, dipl. ing., predavač, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, Rijeka, Hrvatska. E-mail: dbognolo@veleri.hr  
dr. sc. Kršulja Marko, dipl. ing., asistent, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, Rijeka, Hrvatska. E-mail: mkršulja@veleri.hr

*It is important to emphasize that all of these dangers will not pose a high risk if the consequences or the probability of their occurrence are reduced. The paper also describes the firefighting protection at this kind of terminal, which includes safety systems such as ESD systems, fire detection, discharge and outflow, firefighting systems and water extinguishment, other equipment for firefighting and fire control, as well as personal safety measures and personal protective equipment.*

*Keywords: liquefied natural gas, firefighting protection, terminal*

## UVOD

### Introduction

Zbog povećanja populacije i životnog standarda, svjetski energetske zahtjevi rastu svake godine. Međunarodna agencija za energiju (IEA) očekuje da će taj porast između 2016. i 2040. iznositi oko 30 %. U današnje vrijeme, te se potrebe uglavnom pokrivaju fosilnim gorivima čija uporaba nažalost dovodi do klimatskih promjena. To znači da postoji potreba za čistim i ekološki prihvatljivijim rješenjima. Jedno od tih rješenja je i LNG kojim se mogu zadovoljiti rastuće energetske potrebe uz značajno manji utjecaj na klimatske promjene i zagađenje zraka. Korištenje LNG-a zahtijeva izgradnju terminala koji su sastavni dio tzv. lanaca opskrbe LNG-em. Zbog svojih svojstava, a ponajviše zapaljivosti, na takvim je terminalima posebnu pažnju potrebno posvetiti protupožarnoj zaštiti, koja mora spriječiti požar ili minimizirati posljedice u slučaju požara. Više informacija o nesrećama može se dobiti na web portalu LNGNEWS.com pod sekcijom požari. Tu se spominju požari u *Plymouth LNG facility* 2014. godine (5 ozljeđenih radnika), *Yemen LNG* 2012. godine, *Wyoming Gas facility* 2014. godine itd., s manjim gubicima i ozljedama na radu (*LNGworld news* 2017.). Međutim, u nekim zemljama događaju se i veći gubici ljudskih života. Tako je 27. lipnja 2014. u Indiji poginulo 14 ljudi, a 20 je ozlijeđeno u požaru LNG cjevovoda (*LNGworld news India*, 2017.). U Gani je 7. listopada 2017. eksplodirala stanica za prijenos plina prilikom čega je poginulo 7 osoba, a njih 100 je ozlijeđeno (*Nytimes news* 2017.).

## UKAPLJENI PRIRODNI PLIN - *Liquefied natural gas*

Prirodni plin je smjesa plinova koja se na temperaturi i tlaku okoline nalazi u plinovitom agregatnom stanju. Najveći udio u toj smjesi imaju ugljikovodici, i to prvenstveno metan, a zatim i ostali plinovi kao što su etan, pro-

pan, butan i dr. (tablica 1). Međutim, smjesu čine i plinovi koji nisu ugljikovodici, a to su ugljični dioksid, dušik, helij i vodik. Postotak metana u prirodnom plinu ovisi o njegovom porijeklu. Primjerice, prirodni plin iz Alžira ima 86,3 % metana (grafikon 1.), dok onaj iz Libije ima 68,8 %.

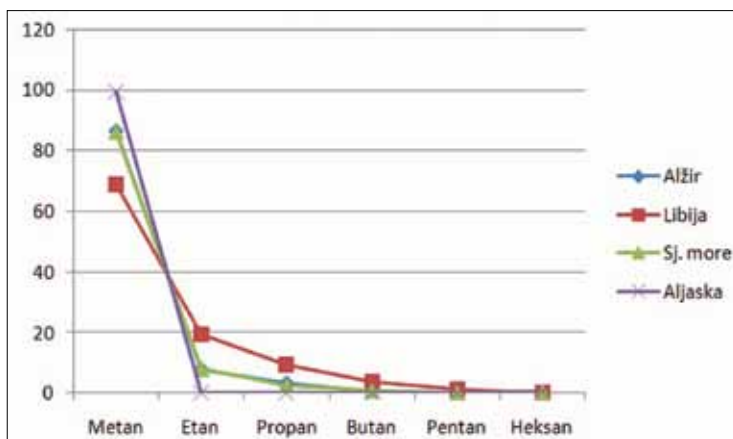
Tablica 1. Sastav prirodnog plina iz različitih izvora u postocima

Table 1. The components of natural gas from different sources in percentages

Plin	Alžir	Libija	Sj. more	Aljaska
Metan	86,3	68,8	85,9	99,5
Etan	7,8	19,4	8,1	0,1
Propan	3,2	9,1	2,7	0,0
Butan	0,6	3,5	0,9	0,0
Pentan	0,1	1,2	0,3	0,0
Heksan	0,0	0,0	0,5	0,4

Grafikon 1. Usporedba sastava prirodnog plina iz više izvora

Graph 1. The comparison of natural gas components from different sources



Metan je plin bez boje, mirisa i okusa, a prilikom njegovog izgaranja, za razliku od ostalih fosilnih goriva, nastaje zanemarivo malo štetnih produkata. Posebice se to odnosi na najveće zagađivače atmosfere kao što su dušični i sumporni oksidi. Prednost korištenja prirodnog plina prvenst-

veno je vezana za činjenicu da je savršen kao gorivo velike ogrjevne moći pri čemu znatno manje onečišćuje okoliš od ostalih fosilnih goriva. Uz strateško-političke prednosti, važno je i to da postoji mnogo manji otpor javnosti prema ukapljenom prirodnom plinu nego prema nuklearnoj energiji. Dok se ostali oblici primarne energije moraju pretvarati u druge oblike, on se može izravno koristiti čime se smanjuju troškovi i energetske gubici. Koristi se kao energent u kućanstvima, ali i industriji, za proizvodnju električne energije, te u javnom prijevozu (autobusi). U petrokemijskoj industriji se osim kao energent koristi i kao sirovina. U Japanu i nekim europskim zemljama razmatra se njegovo uvođenje kao pogonsko gorivo za dužobalni pomorski prijevoz (trajekti, ribarice, tegljači, itd.).

LNG (engl. *Liquefied natural gas*) odnosno ukapljeni prirodni plin je tekućina bez boje i mirisa koja se održava malo ispod temperature vrenja na relativnom pretlaku od 60 do 100 mbar. „Ukapljeni plin je tekućina koja ima tlak pare iznad 2,8 bar na temperaturi od 37,8 °C“ (*International Maritime Organization, za IMO Gas Carrier Code*). Jedan od osnovnih razloga za ukapljivanje prirodnog plina je to da mu se ukapljivanjem pri temperaturi od -161,5 °C i tlaku okoline (atmosferskom) volumen smanji oko 600 puta, što otvara mogućnosti prijevoza i skladištenja velikih količina, tablica 2. Svakako je važno da se pritom pripazi na procedure transportiranja kako se čelik broda ne bi oštetio (Bognolo et al, 2015.). Također je važno da su radnici zaštićeni pri radu te da koriste potrebnu zaštitnu opremu i propise zaštite na radu (Bognolo & Kršulja et al, 2015.).

Tablica 2. Svojstva metana

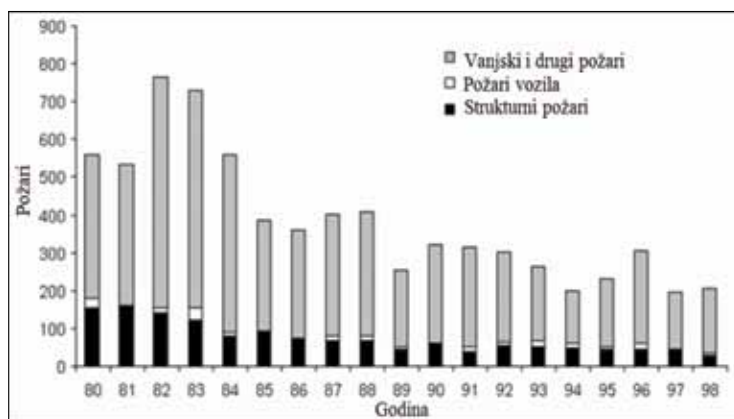
Table 2. The properties of methane

Temperatura samozapaljenja	585 °C
Vrelište	-161,5 °C
Gustoća ukapljenog metana	425 kg/m <sup>3</sup>
Kritična temperatura	-82 °C
Kritični tlak	46 bar
Donja granica eksplozivnosti	5,24 %, 33 g/m <sup>3</sup>
Gornja granica eksplozivnosti	14,02 %, 400 g/m <sup>3</sup>

Prema podacima američkog nacionalnog udruženja za zaštitu od požara, NFPA (*National Fire Protection Association* 2017) na naftnim rafinerijama i LNG terminalima godišnje izbije do 228 požara. Preciznije, u petogodišnjem razdoblju, od 1994. do 1998., prijavljeno je 228 požara ili eksplozija na godinu. Jedna četvrtina tih požara bili su vanjski požari. Iako strukturni požari čine jednu petinu ukupnog broja požara, uzrokovali su više od polovice financijskih gubitaka, (NFPA, 2017).

Grafikon 2. Požari u rafinerijama nafte ili LNG terminalima po godinama

Graph 2. Fires in petroleum refineries or LNG terminals per year

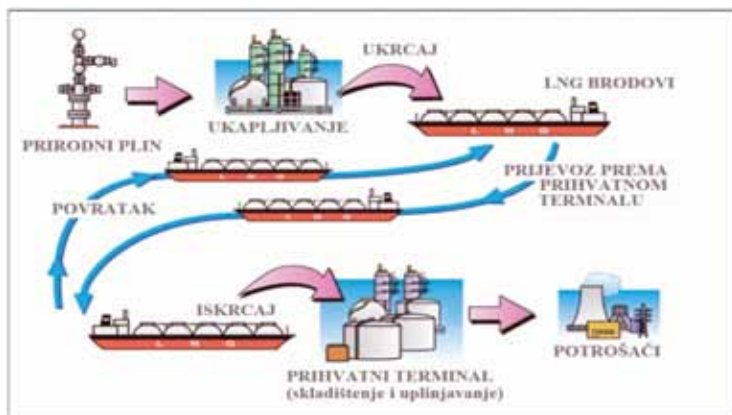


## LNG - LANAC OPSKRBE - LNG supply chain

Ovaj lanac opskrbe podrazumijeva:

1. ukapljivanje i skladištenje kod proizvođača (terminali za ukapljivanje, ukrajni ili izvozni terminali)
2. brodski prijevoz
3. prihvat s broda, ponovno skladištenje, isparivanje te isporuka potrošačima (uvozni ili prihvatni terminali).

Transportiranje ovog plina s plinskih polja prema terminalima za ukapljivanje vrši se uz određene pripreme. Po izlasku iz bušotine, radi se primarna separacija odnosno odvajanje kapljeviti ugljikovodika i vode. Potom plin ide u plinsku stanicu. Ta se stanica za transport prema terminalu za ukapljivanje sastoji od nekoliko postrojenja: kompresorske stanice, postrojenja za dehidraciju i postrojenja za odvajanje težih ugljikovodika. Samo ukapljivanje



Slika 1. LNG - lanac opskrbe

Figure 1. LNG supply chain

se vrši na vrlo složenim terminalima koji su smješteni uz morsku obalu, a sastoje se od: postrojenja za pripremu i ukapljivanje prirodnog plina, skladišta LNG-a, postrojenja za ukrcaj na brodove, te postrojenja opće namjene. Tu se LNG, ohlađen na  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$  i ukapljen, ukrcava na tankere nakon čega slijedi njegov prijevoz prema prihvatnim terminalima. Prihvatni terminali su treći najvažniji segment u lancu opskrbe. Na ovim se terminalima vrši prihvat ukapljenog plina s tankera, njegovo skladištenje u tekućem stanju, te naposljetku isparivanje i isporuka potrošačima.

### OPIS OPASNIH FENOMENA - *Description of dangerous phenomena*

Bukteći požar nastaje kada oblak plina gori bez pojave značajnijeg pretlaka. Oblak metana može se zapaliti samo ako je koncentracija iznad donje granice zapaljivosti (5 %) te ispod gornje granice zapaljivosti (15 %). Smjesa ispod 5 % (metan/zrak) je presiromašna da bi se zapalila, a preko 15 % prebogata da bi se zapalila. Oblaci plina mogu se zapaliti na svom rubu, kada prilikom širenja kroz prostor naiđu na izvor paljenja (otvoreni plamen, motor s unutarnjim sagorijevanjem, iskre i sl.). Tada nastaje vatrena fronta koja prolazi kroz zapaljivi oblak prema izvoru isparavanja. Ta vatrena fronta može doći do lokve LNG-a što rezultira požarom lokve. Trajanje ovakvih požara je relativno kratko. Važno je znati da je donja granica zapaljivosti za prirodni plin niža od donje granice zapaljivosti za metan. To

je zato jer donje granice zapaljivosti za ostale plinove koji se nalaze u smjesi prirodnog plina iznose: 3,22 % za etan, 2,37 % za propan te 1,86 % za butan. Gornja granica zapaljivosti pada s porastom udjela dušika, a donja granica zapaljivosti u principu ne ovisi o udjelu dušika. Na donju granicu zapaljivosti u osnovi ne utječe ni promjena tlaka u području od 1 do 24 bar. Međutim, gornja granica zapaljivosti s porastom tlaka naglo raste. Pri tlaku od 12 bar gornja granica zapaljivosti iznosi 39 %, a pri 50 bar iznosi 52 %.

Kako bi se izbjegao požar i smanjila požarna opasnost, moraju se poduzeti sljedeće sigurnosne mjere:

- strogo su zabranjeni svi izvori zapaljenja u sigurnosnim zonama, te na onim udaljenostima koje su kao takve definirane konceptualnom analizom rizika
- organizacija i obuka zaposlenika za gašenje požara
- izbjegavanje pušenja i otvorenog plamena
- sigurnosne barijere za požare i izlivanje plina
- procedure i upute za gašenje požara.

**Požar lokve** - Kod velikih izlivanja, zrak ne može prenijeti dovoljno topline kako bi došlo do brzog isparavanja LNG-a. To znači da će dio izlivenog LNG-a formirati lokvu. Kada se u blizini lokve LNG-a nađe izvor zapaljenja (ukoliko je koncentracija para LNG-a između donje i gornje granice zapaljivosti u zraku) tada može doći do zapaljenja tih para nakon čega slijedi požar lokve. Prema tome, do požara lokve može doći i nakon buktećeg požara. Toplinsko zračenje kod požara lokve može iznositi oko  $200 \text{ kW/m}^2$ , a poznato je da osoba u zaštitnoj odjeći može podnijeti  $12 \text{ kW/m}^2$  kratko vrijeme.

Požar mlaza definira se kao zapaljen mlaz plina ili raspršene tekućine čiji oblik je ponajviše određen uvjetima ispuštanja. Požari mlaza su karakteristični za ispuštanja plinova ili kondenzata iz visokotlačne opreme kao što su visokotlačne pumpe, cjevovodi i sl. Požar mlaza može nastati i kod ispuštanja tekućine pod tlakom koja sadrži otopljeni plin. Tipični uvjeti za ovu pojavu su tlakovi preko 2 bara.

Eksplodije se mogu dogoditi samo pod određenim uvjetima koji podrazumijevaju zatvorene i skućene prostore, ventilacijske kanale te područja s mnogo prepreka kao što su razni objekti, procesna oprema i sl. Na otvorenom prostoru LNG će izgarati relativno sporo.

**Gušenje** - LNG nije toksičan. Međutim, pare LNG-a mogu biti opasne jer je unutar oblaka para smanjen udio kisika. To može rezultirati anoksijom i smrtnim slučajevima. (DNV GL, 2014.)



Slika 2. Požar lokve LNG-a

Figure 2. LNG pool fire

**Kriogena temperatura LNG-a** - Temperatura LNG-a je vrlo niska ( $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) pa njegovo izlivanje može rezultirati oštećenjima objekata i opreme te ozljedama osoba. U kontaktu s tako izlivenim ukapljenim prirodnim plinom, materijali koji nisu namijenjeni za niske temperature postaju lomljivi. Može doći i do ozljeda ljudske kože koja slični termičkoj opekotini, tj. do tzv. hladne opekotine. Moguće su ozljede osjetljivih tkiva, očiju, ali i opekotine, ozeblina i oštećenja pluća. U kontaktu s tako ohlađenim metalima, ljudska se koža za njih može zalijepiti te otkinuti prilikom povlačenja.

### **ZAŠTITA OD POŽARA I SIGURNOST – *Protection from fire and safety***

Kad LNG tanker pristane uz terminal zbog transfera kriogenog tereta, sustav detekcije i ESD (engl. *Emergency Shut Down*) sustav broda, kao i ti sustavi na terminalu, povezuju se kako bi djelovali kao integrirani sustav. Ako dođe do opasnosti na brodu ili terminalu, oglasit će se alarmni sustavi, a operacija ukrcaja ili iskrcaja automatski će se zaustaviti. LNG brodovi i terminali imaju senzore za detekciju prirodnog plina, kao i nedostatak kisika, a ostali senzori detektiraju promjene temperature. Toplinski senzori mogu aktivirati alarm u slučaju požara, dok će senzori niskih temperatura upućivati na ispuštanja LNG-a te uključiti alarm i ESD. Pretakačke ruke za ukrcaj ili iskrcaj ukapljenog prirodnog plina s terminala na brod i



obrnuto, opremljene su napravama za brzo odspajanje u slučaju opasnosti, tzv. PERC (engl. *Powered Emergency Release Couplers*). Zadaća PERC-a je zatvaranje kugličnih ventila i odspajanje cjevovoda kako ne bi došlo do većih oštećenja na terminalu i brodu. Sensorima se nadgleda i teret, što znači da bilo koje povećanje ili smanjenje razine plina u spremnicima broda ili terminala, a da pumpe nisu u pogonu, znači ispuštanje pa će se aktivirati alarm. Osim ovakve automatske aktivacije ESD sustava, moguća je i ručna aktivacija sa strane broda ili terminala, (GCaptain, 2017.<http://gcaptain.com/fire-safety-ships-terminals/>).

Ukoliko dođe do ispuštanja LNG-a i požara, voda ga neće ugasiti. Kod ovakvih požara voda ima primjenu da održava zapaljivi oblak plina dalje od izvora zapaljenja. Sredstva za gašenje ovakvih požara su suha kemijska sredstva. Unutar terminala koriste se generatori pjene visoke ekspanzije kako bi se retencijski prostori prekrili slojem pjene. Pjena može smanjiti intenzitet požara ili količinu isparavanja, ali gašenje se postiže suhim kemijskim sredstvima.

Ukoliko se radi o zapaljenju manjih izlivanja LNG-a, u ovisnosti o okolnostima, postoji mogućnost da se dopusti nadzirano potpuno izgaranje. Protupožarnim sustavima moraju biti opremljeni i tegljači, a na terminalima i brodovima mora se provoditi opsežna obuka. Terminali moraju imati opsežni plan u slučaju opasnosti, te periodičke i godišnje vježbe kako bi se provjerila učinkovitost obuke.

Na svim LNG terminalima mora se osigurati zaštita od požara. Opseg te zaštite određuje se na temelju procjene koja se bazira na načelima zaštite od požara, analizi



Slika 3. Istakačke ruke na Adriatic LNG terminalu (Rovigo, Italija)

Figure 3. Unloading arms at the Adriatic LNG terminal (Rovigo, Italy)

lokalnih uvjeta i samih opasnosti na terminalu. U tu je procjenu vrlo važno uključiti vanjske utjecaje na terminal, ali i utjecaje terminala na svoje okruženje.

Takvom procjenom moraju se odrediti:

- 1) vrsta, količina i lokacija opreme za detekciju i kontrolu požara, ispuštanja i izlivanje LNG-a, te zapaljivih rashladnih sredstava ili drugih zapaljivih plinova
- 2) vrsta, količina i lokacija opreme potrebne za detekciju i kontrolu potencijalnih požara koji nisu uzrokovani samim procesom na terminalu ili su uzrokovani električnom energijom
- 3) metode potrebne za zaštitu opreme i objekata izloženih požarima
- 4) sustavi za zaštitu od požara koji uključuju vodu
- 5) sustavi za gašenje i druga oprema za kontrolu požara
- 6) sva oprema i procesi koji će se povezati s ESD sustavom, uključujući analizu podsustava te utvrđivanje potrebe za ispuštanjem tlaka iz određenih tlačnih posuda ili druge opreme za vrijeme požara
- 7) vrsta i lokacija senzora za automatsku aktivaciju ESD sustava ili njegovih podsustava.
- 8) dostupnost i dužnosti pojedinih zaposlenika terminala te dostupnost vanjskih službi u slučaju izvanrednih stanja
- 9) osobna zaštitna oprema, posebna obuka i kvalifikacije za pojedine zaposlenike terminala.

**ESD sustav** - Svi LNG terminali moraju biti opremljeni ESD sustavom koji, kada je aktiviran, izolira ili isključuje izvore LNG-a, zapaljivih tekućina ili plinova te zapaljivih rashladnih sredstava. Zadaća tog sustava je isključiti svu onu opremu čiji bi daljnji rad mogao dodatno ugroziti terminal u slučaju opasnosti. ESD sustav mora biti *fail-safe* ili tako postavljen, lociran, odnosno zaštićen kako bi se smanjila mogućnost njegovog otkazivanja u slučaju opasnosti. ESD sustavi koji nisu projektirani kao *fail-safe*, trebaju imati sve komponente koje su locirane unutar 15 m od opreme koju kontroliraju, izvedene na jedan od sljedećih načina:

- postavljene ili locirane tako da ne mogu biti izložene vatri

- zaštićene od otkazivanja uzrokovanog požarom u trajanju od najmanje 10 min.

Na terminalu moraju biti postavljene upute koje sadrže podatke o lokaciji i načinu uporabe ESD sustava. Aktivacija tog sustava može biti ručna, automatska ili kombinirana (ručna/automatska), što ovisi o prethodno spomenutoj procjeni. Ručni uređaji za aktivaciju moraju biti postavljeni tako da su dostupni u slučaju opasnosti, a moraju biti udaljeni najmanje 15 m od opreme koju isključuju. Isto tako, moraju biti jasno obilježeni i to u skladu s njihovom funkcijom.

**Kontrola požara i ispuštanja** - Sva područja terminala, uključujući zgrade, kod kojih postoji mogućnost požara, pojave zapaljivih koncentracija plinova ili izlivanja zapaljivih tekućina, moraju biti nadzirana adekvatnim sustavima detekcije, sukladno prethodno spomenutoj procjeni. Postrojenje se mora neprekidno nadzirati sustavima detekcije zapaljivih plinova i nisko-temperaturnim senzorima s audio signalizacijom. Takva signalizacija mora biti na mjestima na kojima se stalno nalaze zaposlenici. Sustavi detekcije zapaljivih plinova moraju imati audio i video signalizaciju na najmanje 25% donje granice zapaljivosti. Detektori požara moraju aktivirati alarm na terminalu ili lokaciji na kojoj su stalno prisutni zaposlenici. Isto tako, detektori požara mogu, ako je tako utvrđeno procjenom, aktivirati pojedine dijelove ESD sustava.

**Sustavi zaštite od požara i gašenje vodom** - Opskrba vodom, sustav distribucije i korištenja vode primjenjuje se za zaštitu od izloženosti; za hlađenje spremnika, opreme, cjevovoda te za kontrolu neupaljenih ispuštanja i izlivanja. Projektiranjem ovog sustava, uključujući njegov distribucijski dio, mora se osigurati neprekidna opskrba vodom za stabilne sustave sukladno njihovom projektiranom protoku i tlaku.

**Gašenje požara i druga oprema za kontrolu požara** - Prijenosni ili prijevozni vatrogasni aparati koje za su gašenje pojedinih požara namijenili njihovi proizvođači, moraju biti dostupni na svim onim lokacijama koje su utvrđene procjenom. Osiguranje, izbor i održavanje takvih aparata vrši se prema važećoj zakonskoj regulativi odnosno pravilniku. Aparati na prikolicama ne smiju se koristiti za druge svrhe, a vatrogasna vozila moraju ispunjavati sve uvjete propisane pravilnikom. Sva motorna vozila terminala moraju imati najmanje jedan aparat za gašenje požara prahom. Zaposlenici moraju pripremiti i implementirati

program održavanja za svu opremu za gašenje požara na terminalu.

**Osobna sigurnost** - Osobna zaštitna odjeća koja pruža zaštitu od učinaka LNG-a, mora biti dostupna i spremna za uporabu na terminalu. Svi zaposlenici koji su uključeni u aktivnosti vezane za izvanredna stanja moraju biti opremljeni odgovarajućom osobnom zaštitnom opremom za vatrogasce. Isto tako, moraju se pripremiti pisane procedure namijenjene za zaštitu zaposlenika od svih opasnosti koje mogu nastati u skućenim ili posebno opasnim prostorima. Stalno moraju biti dostupna najmanje tri prenosiva detektora zapaljivih plinova, a mora se osigurati i sigurnosni sustav koji onemogućava ulazak neautoriziranih osoba.

Na svim LNG terminalima mora postojati zaštitno ograđivanje koje uključuje periferne ograde, zidove ili prirodne barijere, koje okružuju određene dijelove terminala kao što su:

- spremnici LNG-a
- spremnici zapaljivih rashladnih sredstava
- spremnici zapaljivih tekućina
- spremišta ili skladišta ostalih zapaljivih tvari
- procesnu opremu na vanjskom prostoru
- procesne objekte i kontrolnu opremu
- obalna postrojenja za ukrcaj i iskrcaj.

Na mjestima gdje ograđeno područje prelazi 116 m<sup>2</sup> moraju se osigurati najmanje dvojna izlazna vrata koja omogućavaju brzi izlazak zaposlenika u slučaju opasnosti. Zbog povećanja sigurnosti, terminali moraju biti osvijetljeni u blizini svih ograđenih mjesta ili drugih područja gdje je to potrebno.

**Ostale operacije** - Iz sigurnosnih razloga može se primijeniti i ručno ispuštanje tlaka u slučaju opasnosti koje mora biti izvedeno tako da se smanji utjecaj na zaposlenike, ali i opremu, (NFPA 59A, 2000.)

## ZAKLJUČAK

### Conclusion

U ovom radu prikazana su svojstva LNG-a, opasni fenomeni do kojih može doći prilikom realizacije određenih scenarija, vrste požara i druge opasnosti te protupožarna zaštita na terminalu. Autori smatraju da je važno uspostaviti vezu LNG-a s područnom vatrogasnom zajednicom na način da se dostavlja informacija odgovarajućim alarmom koja će u slučaju nesreće dati podatak o situaciji

na terenu i sukladno tome unaprijed pripremljen protokol zaštite od požara. Općenito, prilikom projektiranja samog terminala treba razmatrati mnoge faktore koji utječu na sigurnost kao što su: sigurna pozicija terminala s obzirom na pomorski promet i druge industrijske grane, izvori zapaljenja, veličina brodova i njihov privez, sigurna dubina mora, sigurnosni i alarmni sustavi, istakačke ruke i njihova sigurnost, komunikacija s brodom, povrat para, sustav dušika, sustav detekcije, sigurnosni ventili, informacijski sustavi, meteorologija, seizmička aktivnost, sustavi *check-lista* i procedura, otpuštanja u slučaju nužde i drugo. Isto tako, vrlo je važno osmisliti optimalni, ali i ekonomski najprihvatljiviji smještaj objekata, procesne opreme, strojeva i uređaja, te zaposlenika terminala i drugih osoba. Svi ti sustavi, procedure i oprema, uključujući i projektiranje, usko su povezani s protupožarnom zaštitom. Za provedbu protupožarne zaštite ključno je poznavanje karakteristika LNG-a, opasnih scenarija do kojih može doći prilikom njegovog skladištenja, promjene agregatnog stanja, uporabe, izlivanja, ispuštanja te naposljetku zapaljenja. Svi su požari, a naročito oni koji uključuju LNG, izrazito opasni. Međutim, svim se takvim incidentima može upravljati, odnosno svi se mogu riješiti samo ukoliko su osnovna svojstva dobro shvaćena. Kao što je u radu navedeno, protupožarna zaštita ovakvih terminala obuhvaća procjenu rizika, projektiranje, korištenje adekvatnih komponenata i opreme, sigurnosnih sustava, njihovu propisnu ugradnju, osobnu sigurnost, procedure i mjere, a tokom eksploatacije servisiranje te održavanje. Pritom su preventivne mjere izrazito važne. Svrha i cilj nije samo sigurnost i zaštita osoba te materijalnih dobara unutar terminala već i njegovog okruženja. Kvalitetno osmišljena i implementirana protupožarna zaštita, garancija je sigurnog i uspješnog rada, ali i dugoročnog napretka LNG terminala.

## LITERATURA

### *Bibliography*

1. Bognolo, D., Kršulja, A., Kršulja, M. (2015): *Considerations on Ship Steel Grade Selection and Safety Issues For Cargo Transport*, ITE-SAFETY 2015, ISBN: 978-953-56789-8-4, Rijeka
2. Bognolo, D., Matacin, M., Kršulja, A., Kršulja, M. (2015): *Procjena stanja temperature na mjestu rada u pekari*, ITE-SAFETY 2015, ISBN: 978-953-56789-8-4, Rijeka
3. Bronzan B. (1999): *LNG, Energetika marketing*, Zagreb
4. Captain, G. (2017): <http://gcaptain.com/fire-safety-ships-terminals/>

5. DNV GL (2014): *LNG Operations Manual, Safety, Security Assessment & Operational Planning for LNG Fueled Ferries*, Report No.: PP061307-3, Rev. 3 Document No.: 167NWYK-12.
6. DOE pulse (2017): <http://web.ornl.gov/info/news/pulse/no285/feature.shtml>
7. IHI-EC adriatic (2017): <http://ihi-ec.com/project/adriatic-lng-terminal-offshore-lng-receiving-storage-and-regasification/>
8. IHI-EC (2017): <http://ihi-ec.com/project/adriatic-lng-terminal-offshore-lng-receiving-storage-and-regasification/>
9. Klobas V. (2017): *Konceptualna analiza rizika privatnog terminala za ukapljeni prirodni plin, specijalistički završni rad, Veleučilište u Rijeci*
10. LNGworld news, 18.12.2017. <https://www.lngworldnews.com/tag/explosion/>.
11. LNGworld news India, 18.12.2017., <https://www.lngworldnews.com/india-gas-pipeline-explosion-kills-14-people/>
12. NFPA (2017): <http://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Fire-statistics/Fires-by-property-type/Industrial-and-manufacturing-facilities/Petroleum-refineries-and-natural-gas-plants>
13. NFPA 59A (2000): *Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*, 2001 Edition, Technical Committee on Liquefied Natural Gas, Orlando, FL.
14. NY Times news, 8.12.2017.,; <https://www.nytimes.com/2017/10/07/world/africa/ghana-explosion-gas.html>