

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij naftnog rudarstva

PROJEKT IZGRADNJE ALTERNATIVNOG TERMINALA ZA UKAPLJENI PRIRODNI  
PLIN U REPUBLICI HRVATSKOJ

Diplomski rad

Zvonimir Jerolimov  
N-19

Zagreb, 2011.

PROJEKT IZGRADNJE ALTERNATIVNOG TERMINALA ZA UKAPLJENI  
PRIRODNI PLIN U REPUBLICI HRVATSKOJ  
ZVONIMIR JEROLIMOV

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za naftno rudarstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Predmet razmatranja diplomskog rada su novi koncepti i tehnologije terminala za ukapljeni prirodni plin u Republici Hrvatskoj. U radu su opisani različiti odobalni terminali. U nastavku se govori o mogućnostima primjene metanijera sa sustavom za uplinjavanje (engl. Liquefied Natural Gas Regasification Vessel) na području Republike Hrvatske. Također su opisane moguće lokacije i vrste priključaka te njihove mane i prednosti.

Ključne riječi: odobalni terminali, brodovi za transport ukapljenog prirodnog plina sa sustavom za uplinjavanje

Diplomski rad sadrži: 54 stranice, 5 tablica, 33 slike, 22 reference

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6,  
10 000 Zagreb

Mentor: Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, docentica

Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, docentica RGNF

2. Dr. sc. Katarina Simon, redovita profesorica RGNF

3. Dr. sc. Igor Dekanić, redoviti profesor RGNF

Datum obrane: 14 srpanj 2011.

University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology  
and Petroleum Engineering

Graduate Thesis

ALTERNATIVE TERMINAL FOR LIQUIFIED NATURAL GAS IN REPUBLIC OF  
CROATIA

ZVONIMIR JEROLIMOV

Thesis completed in: University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Department of Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

LNG offshore terminals analysis was done. Different LNG offshore terminal was described. Also there was analyzed a possible implementation of LNGRV technology in Republic of Croatia. A possible locations were described and their advantages and disadvantages.

Key words: Offshore Terminals, Liquefied Natural Gas regasification vessel

Thesis consist of: 54 pages, 5 tables, 33 pictures, 22 references

Language: Croatian

Thesis deposited in: Library Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Supervisor: PhD Daria Karasalihović Sedlar, Assistant Professor

Reviewers: 1. PhD Daria Karasalihović Sedlar, Assistant Professor

2. PhD Katarina Simon, Full Professor

3. PhD Igor Dekanić, Full Professor

Date of defense: June 14, 2011.

Diplomski rad izrađen je na Zavodu za naftno rudarstvo Rudarsko-geološko naftnog fakulteta u Zagrebu iz kolegija Gospodarenje plinovima II.

Zahvaljujem mentorici Dr. Sc. Darii Karasalihović Sedlar, docentici, na suradnji i pomoći.

Veliko hvala tvrtki Plinacro, posebno dipl. ing. Goranu Frančiću i dipl. ing. Dubravku Prošteniku, na potpori te što su mi omogućili prikupljanje i korištenje materijala.

# SADRŽAJ

1	UVOD .....	1
2	NOVI KONCEPTI I TEHNOLOGIJE TERMINALA ZA UPP.....	2
3	ODOBALNI TERMINALI ZA UPP .....	4
3.1	Brodovi za prijevoz UPP-a sa sustavom za uplinjavanje .....	4
3.1.1	Sustav za uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina.....	7
3.1.2	Konstrukcija oklopno-cijevnih izmjenjivača topline.....	10
3.1.3	Načini prihvata brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje .....	12
3.1.3.1.	Podmorski priključak putem uronjive bove.....	12
3.1.3.2.	Obalni priključak na gatu.....	16
3.1.4	Prednosti i mane brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje .....	17
3.1.5	Primjena broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje u svijetu.....	19
3.2	Plutajuća postrojenja (brod) za skladištenje i uplinjavanje UPP-a.....	20
3.2.1	Serijski prihvati broda za transport UPP-a na prihvatni terminal.....	23
3.2.2	Bočni prihvat broda za transport UPP-a na prihvatni terminal .....	23
3.3	Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje UPP-a .....	25
3.4	Gatovi za prihvat brodova s UPP-om .....	28
4	MOGUĆNOST PRIMJENE LNG RV TEHNOLOGIJE NA PODRUČJU RH....	30
4.1	Tehnički aspekti analiza pojedinih potencijalnih lokacija.....	33
4.1.1	Prihvati na bovu .....	41
4.1.2	Obalni priključak na gatu .....	43
4.2	Organizacijski aspekt projekta.....	44
4.3	Komercijalni aspekt projekta .....	45
5	SUSTAV PRIJENOSA UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA ZA UVJETE OTVORENOG MORA .....	48
5.1	Fleksibilna cijev .....	48
5.2	Istakačke ruke .....	49
5.2.1	Postupak istakanja .....	50
6	ZAKLJUČAK.....	51
7	POPIS LITERATURE.....	52

## POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Terminali pušteni u rad (Proštenik; Frančić 2011).....	19
Tablica 4-1. Izlazni kapacitet UPP-a (studija Plinacro - Exmar 2010). ....	40
Tablica 4-2. Tlak na priključku (studija Plinacro - Exmar 2010).....	40
Tablica 4-3. Troškovi opreme i materijala za izradu podmorskog priključka (studija Plinacro - Exmar 2010). ....	46
Tablica 4-4. Troškovi izgradnje (studija Plinacro - Exmar 2010).....	47

## POPIS SLIKA

Slika 3-1. Brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje (Proštenik; Frančić 2011). .....	7
Slika 3-2. Sustav za uplinjavanje na gornjoj palubi (Exmar 2010). .....	8
Slika 3-3. Proces uplinjavanja ukapljenog prirodnog plina (Proštenik; Frančić 2011). .....	9
Slika 3-4. Izmjenjivač topline (Thome 2004). .....	11
Slika 3-5. Cijev proširene površine (Thome 2004). .....	12
Slika 3-6. Podmorski priključak putem uronjive bove (Exmar 2010). .....	13
Slika 3-7. Bova i sustav za prihvat bove na brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavane (Excelerate energy 2004). .....	14
Slika 3-8. Dvostruki podmorski priključak putem dvije bove (Perry 2003). .....	15
Slika 3-9. Obalni priključak za UPP brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje (Proštenik; Frančić 2011). .....	16
Slika 3-10. Istakačke ruke na obalnom priključku (Proštenik; Frančić 2011). .....	17
Slika 3-11. Iskrcaj UPP-a s broda na plutajuće postrojenje za skladištenje i ukapljivanje (Mossmaritime 2005). .....	20
Slika 3-12. Osnovni dijelovi plutajućeg prihvatnog terminala sa sustavom za uplinjavanje (Mossmaritime 2005). .....	22
Slika 3-13. Serijski prihvat broda za transport UPP-a na prihvatni terminal (Mauries 2008). .....	23
Slika 3-14. Bočni prihvat brod za transport UPP-a na prihvatni terminal (Golar 2011). ....	24
Slika 3-15. Gravitacijska prihvatna platforma za UPP (Michot Foss 2006). .....	25
Slika 3-16. Konstrukcija gravitacijske prihvatne platforme (Michot Foss 2006). .....	26
Slika 3-17. Adriatic LNG Terminal, (Porto Levante) pristajanje broda s UPP-om (Lopac 2009). .....	27
Slika 3-18. Gat za prihvat brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje u gradu Middlesbrough (Parkman 2008). .....	28
Slika 3-19. Visokotlačni razvodnik za priključak istakačke ruke (Exmar 2010). .....	29
Slika 3-20. Prenamjenjeni gat sa istakačkom rukom (Parkman 2008). .....	29
Slika 4-1. Mogući novi dobavni pravci plina (Proštenik; Frančić 2011). .....	31
Slika 4-2. Transportni plinski sustav RH (Proštenik; Frančić 2011). .....	32
Slika 4-3. Potencijalne lokacije priključka u Riječkom zaljevu (studija Plinacro-Exmar 2010). .....	35
Slika 4-4. Gat uz terminal JANAF (studija Plinacro - Exmar 2010). .....	36
Slika 4-5. Podmorski priključak u Riječkom zaljevu (Studija Plinacro - Exmar 2010). .....	37
Slika 4-6. Gat na Urinju (studija Plinacro - Exmar 2010). .....	37
Slika 4-7. Proces uplinjavanja-otvoreni krug (studija Plinacro - Exmar 2010). .....	39
Slika 4-8. Shema uronjenog priključka pomoću bove (studija Plinacro - Exmar 2010). ....	41
Slika 4-9. Cijevna armatura i slavine (studija Plinacro - Exmar 2010). .....	42
Slika 4-10. Shema obalnog priključka na gatu (studija Plinacro - Exmar 2010). .....	43
Slika 5-1. Sustav za prijenos UPP-a (Le Devehat 2007). .....	48
Slika 5-2. Sustav fleksibilne cijevi (Larsen B., Q. 2005). .....	49

Slika 5-3. Istakačka ruka (Le Devehat 2007) ..... 50



## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA:

D [m] – unutarnji promjer cijevi

Kn- kuna

L [m]- duljina

P [Pa]- tlak

T [°C] – temperatura

V [m<sup>3</sup>] – volumen

Q [m<sup>3</sup>/h] - protok

## 1. UVOD

Porastom potražnje i potrošnje prirodnog plina javila se potreba za novim načinom transporta plina. Zahtjevi su sve veći, traže se brži, povoljniji, sigurniji načini transporta sve većih količina prirodnog plina na sve veće udaljenosti. Prirodni plin postaje strateški energenta, tu ulogu do sada imala je nafta. Prema nekim projekcijama prirodni plin bi trebao imati udio od 50% u globalnoj potrošnji energije do 2050. godine (Karasalihović Sedlar 2011). Prirodni plin od izvora do potrošača najčešće se transportira visokotlačnim plinovodima, kada je udaljenost između mjesta proizvodnje i potrošnje do 4000 km (Simon; Malnar; Vrzić 2009). Ako je udaljenost veća od 4000 km primjenjuje se ukapljivanje prirodnog plina te njegov transport brodovima. Ukapljeni plin transportira se brodovima specijalno konstruiranim za transport ukapljenog prirodnog plina. Razvoj brodova za transport ukapljenog prirodnog plina iziskuje velika financijska sredstva. Uz brodove za transport prirodnog plina potrebna su kapitalna ulaganja u terminale za ukapljivanje prirodnog plina. Ukapljeni prirodni plin UPP (engl. liquefied natural gas LNG) dobiva se ukapljivanjem prirodnog plina na temperaturi  $-162,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  pri atmosferskom tlaku. Prije toga prirodni plin treba očistiti od nečistoća. Uklanjanje nečistoća iz prirodnog plina je neophodno kako bi se plin mogao nesmetano ukapljivati. Plin se ukapljuje zbog transporta što većih količina plina. Poznato je da jedan  $\text{m}^3$  ukapljenog plina odgovara približno 600 standardnih  $\text{m}^3$  prirodnog plina. Zemlje uvoznice prirodnog plina grade terminale za prihvatanje i uplinjavanje prirodnog plina dok zemlje koje izvoze prirodni plin grade terminale za ukapljivanje prirodnog plina. Sve u cilju što bržeg transporta što većih količina na veće udaljenosti.

## 2. NOVI KONCEPTI I TEHNOLOGIJE TERMINALA ZA UPP

Ukapljivanje prirodnog plina i njegov transport morem pojavio se kao alternativa transportu plina kopnom dugačkim plinovodima. Zbog geopolitičkih nestabilnosti na pojedinim područjima transport plina plinovodima može biti vrlo skup i rizičan projekt. Interes za ukapljenim prirodnim plinom izuzetno je velik zbog pada cijene transporta ukapljenog prirodnog plina morem, ali i pada cijena izgradnje samih terminala, dok cijene prirodnog plina rastu (Keenan 2002).

Postoji više oblika terminala kada se govori o novim konceptima i tehnologijama za ukapljeni prirodni plin.

Podjela prihvatnih terminala za uplinjavanje (Maoec 2006):

- odobalni terminala za UPP:
  - Brodovi za ukapljeni prirodni plin sa sustavom za uplinjavanje- engl. LNG RV su preuređeni brodovi opremljeni sa postrojenjem za uplinjavanje na palubi broda. Brod transportira UPP do prihvatnih terminala odnosno priključaka bilo da je riječ o podmorskom priključku ili priključku na gat. Više o načinu prijvata bit će riječi u poglavlju 3. Po završetku iskrcaja plina unutar 5 do 7 dana LNG RV odlazi s priključka i čeka se slijedeći LNG RV (Rong-Tai, Moffat, Nichol 2008.),
  - Plutajuća prihvatna skladišta ukapljenog prirodnog plina sa sustavom za uplinjavanje- engl. FSRU su brodovi trajno usidreni na nekoj lokaciji kao plutajuća skladišta sa sustavom za uplinjavanje(Rong-Tai, Moffat, Nichol 2008.) ,
  - Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje UPP-a.
- Prenamjenjeni gatovi za obalni prihvat brodova za transport UPP-a

Ukapljeni prirodni plin i njegov transport morem nastao je kao alternativa transportu plina kopnom dugačkim plinovodima, ako se tome dodaju i geopolitičke nestabilnosti na pojedinim područjima onda transport plina plinovodima postaje vrlo skup i rizičan projekt. Interes za ukapljenim prirodnim plinom izuzetno je velik zbog pada cijene

transporta ukapljenog prirodnog plina morem, ali i pada cijena izgradnje samih terminala, dok cijene prirodnog plina rastu. (Keenan 2002).

Razvoj odobalnih terminala za ukapljeni prirodni plin započeo je unatrag 10 godina. Za razvoj tih terminala mnogo je razloga, a neki od njih bit će navedeni u nastavku. Ove izvedbe terminala omogućuju znatno bržu realizaciju od samog projekta do izgradnje samih terminala. Vremenski rok je znatno kraći, a investicije u takve projekte su znatno manje od klasičnih kopnenih terminala za ukapljeni prirodni plin. Kraće je vrijeme realizacije iz samog razloga što se može koristiti i prilagoditi već postojeća infrastruktura ili u ovom slučaju brodovi za prijevoz ukapljenog prirodnog plina.

Vrlo važnu ulogu u ovakvim projektima ima lokalna zajednica. Poznato je da ljudima općenito nisu prihvatljivi novi projekti. Odobalnim terminalima izbjegava se problematika kao što je NIMBY (engl. Not In My Back Yard)-ne u mom dvorištu i BANANA (engl. Build Absolutely Nothing Near Anything)-graditi apsolutno ništa u blizini ničega. Ova dva pitanja posebno se ističu u Republici Hrvatskoj gdje je naročito veliki otpor prema energetske projektima.

Odobalni terminali imaju 6 bitnih prednosti (Mossmaritime 2005).

Prednosti su:

1. troškovi, koji su znatno prihvatljiviji u odnosu na terminale na kopnu,
2. pitanje okoliša gdje se razni lobiji i društvene zajednice protive izgradnji terminala na kopnu,
3. odobalni terminali ne narušavaju izgled obale i krajolik za razliku od kopnenih postrojenja,
4. u slučaju manje nezgode ili havarije nemaju utjecaja na lokalno stanovništvo, a samim time ograničene su moguće posljedice po investitore kao što su tužbe, nadoknada štete itd,
5. kada je u pitanju sigurnost znatno manje su mogućnosti terorističkih prijetnji,
6. zadnja, ali ne i manje važna prednost je su regulatorne obveze. Primjerice, u Sjedinjenim Američkim Državama ishoda dozvola znatno manje traje za odobalne objekte u odnosu na objekte na kopnu. Za izdavanje dozvola u SAD zadužena je obalna straža, koja odluku donosi unutar godine dana, njihova dozvola dostatna je za početak izgradnje odobalnog terminala (Mossmaritime 2005).

### 3. ODOBALNI TERMINALI ZA UPP

U ovom poglavlju bit će dan pregled nekih novih koncepata i tehnologija prihvatnih terminala za ukapljeni prirodni plin.

Svaki terminal za uplinjavanje ima četiri osnovne funkcije:

- prihvat brodova za transport UPP-a,
- pretakanje i skladištenje UPP-a,
- uplinjavanje UPP-a s mogućnošću podešavanja njegova sastava,
- isporuka ugovorenih količina plina u plinsku mrežu.

Osnovni elementi terminala za uplinjavanje su:

- pomorski objekti uključujući sustav za iskrcaj,
- spremnici ukapljenog plina,
- elementi sustava za uplinjavanje,
- pomoćna oprema i druga prateća infrastruktura.

#### 3.1. Brodovi za prijevoz UPP-a sa sustavom za uplinjavanje

Prvi komercijalni transport UPP-a se dogodio u veljači 1959. godine. Brod Methane Pioneer (kapaciteta 5000 m<sup>3</sup>) prevezio je LNG od Lakes Charles-a u SAD do Canvey Island-a u Velikoj Britaniji. Nakon Methane Pioneera uslijedili su brodovi Methnae Princess i Methane Progress (kapaciteta 274 000 m<sup>3</sup>). Prva komercijalna putovanja imali su još 1962. godine.

UPP brodovi mogu se podijeliti u dvije skupine;

- brodovi za transport UPP-a,
- brodovi za transport UPP-a opremljeni sustavom za uplinjavanje

S obzirom da su terminali za ukapljeni prirodni plin u svom konvencionalnom obliku velika i složena, obalna industrijska postrojenja, koja se grade na temelju dugoročnih ugovora o dobavi ukapljenog prirodnog plina, pojavila se potreba za pronalaženjem manjih odnosno jednostavnijih, fleksibilnijih rješenja prihvata ukapljenog prirodnog plina. Zbog porasta potražnje za prirodnim plinom u svijetu se sve više razmatra diversifikacija dobave.

Skraćenica LNG RV (engl. „Liquefied natural gas regassification vessel“) označava plovilo (slika 3-1.) na kojem se uplinjava ukapljeni prirodni plin. Ukapljeni prirodni plin dovozi se do mjesta isporuke brodom za transport UPP-a za prijevoz ukapljenog prirodnog plina koja pristaju uz usidreni LNG RV na mjestu isporuke koji zapravo predstavljaju plutajući terminal (Proštenik; Frančić 2011).

Brodovi za ukapljeni prirodni plin sa sustavom za uplinjavanje relativno su nov način transporta ukapljenog prirodnog plina. Danas se u svijetu brodovi sa sustavom za uplinjavanje koriste na nekoliko operativnih priključaka za prihvata i povezivanje brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina. U Europi postoji samo jedna tvrtka koja posjeduje takve brodove. Brodovi za ukapljeni prirodni plin sa sustavom za uplinjavanje nisu ništa drugo nego specijalno konstruirani brodovi za prijevoz ukapljenog prirodnog plina pri čemu su još opremljeni sustavom za uplinjavanje prirodnog plina, a tako uplinjeni plin šalje se direktno u plinski transportni sustav. Osim postrojenja za uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina brod ima i spremnike za ukapljeni prirodni plin, kapaciteti spremnika su od 130 000 m<sup>3</sup> do 150 000 m<sup>3</sup>. Mogu se graditi potpuno novi brodovi, ili nadograditi postojeći brodovi za ukapljeni prirodni plin što je isplativije u slučaju potrebe za manjim količinama plina.

Vodeća tvrtka sa osam brodova za transport UPP-a opremljenih sustavom za uplinjavanje je belgijska tvrtka Exmar. Prvi brod nosivosti 138 000 m<sup>3</sup> ukapljenog prirodnog plina isporučen je 2005. godine iz korejskog brodogradilišta Daewoo za potrebe jedne američke tvrtke, dok su 2005. i 2006 godine uslijedila s još dva takva broda

(Excelence i Excelerate). Prvi brod kojem je uvećana nosivost na 150 900 m<sup>3</sup> je Explorer. Zadnji brod isporučen je 2010. godine (studija Plinacro- Exmar 2010).

Svaki brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje ima svoje karakteristike (studija Plinacro- Exmar 2010). Primjer karakteristika broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje;

- ukupna duljina: 291 m,
- širina (s teretom): 43,4m,
- nazivni gaz (s teretom): 11,6 m.

Kapacitet spremnika brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje;

- 138 000 m<sup>3</sup> ukapljenog prirodnog plina odnosno 82, 9 milijuna m<sup>3</sup> plina ,
- 150 900 m<sup>3</sup> ukapljenog prirodnog plina odnosno 90, 54 milijuna m<sup>3</sup> plina.

Osnovni dijelovi brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje:

- visokotlačne pumpe za UPP ( $100 \times 10^5$  Pa),
- isparivači ( 6 linija, oklopno-cijevnih izmjenjivača topline),
- mjerna jedinica (2x ultrazvučno mjerilo protoka i kromatograf),
- glavni i pomoćni kotao,
- pogonski dio (3 turbinska generatora i generator koji koristit diesel gorivo ili plin),
- balasni sustav / sustav vode za zagrijavanje,
- sustav za manevriranje i pozicioniranje (MAPS),
- sustav priveza uronjenom bovom (STL).

Gore navedeni podaci mogu varirati od samog broda do broda.

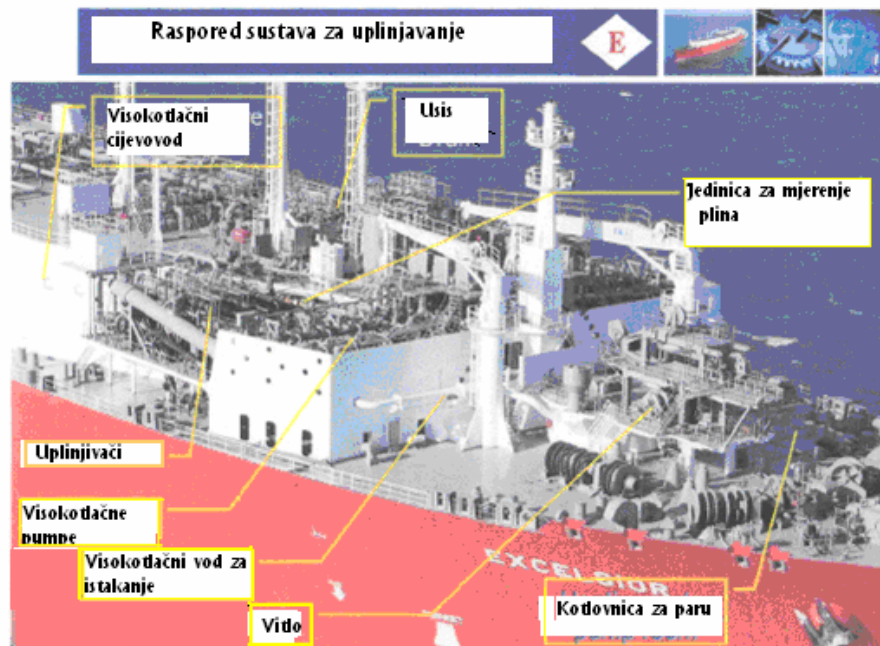


Slika 3-1. Brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje (Proštenik; Frančić 2011).

### 3.1.1. Sustav za uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina

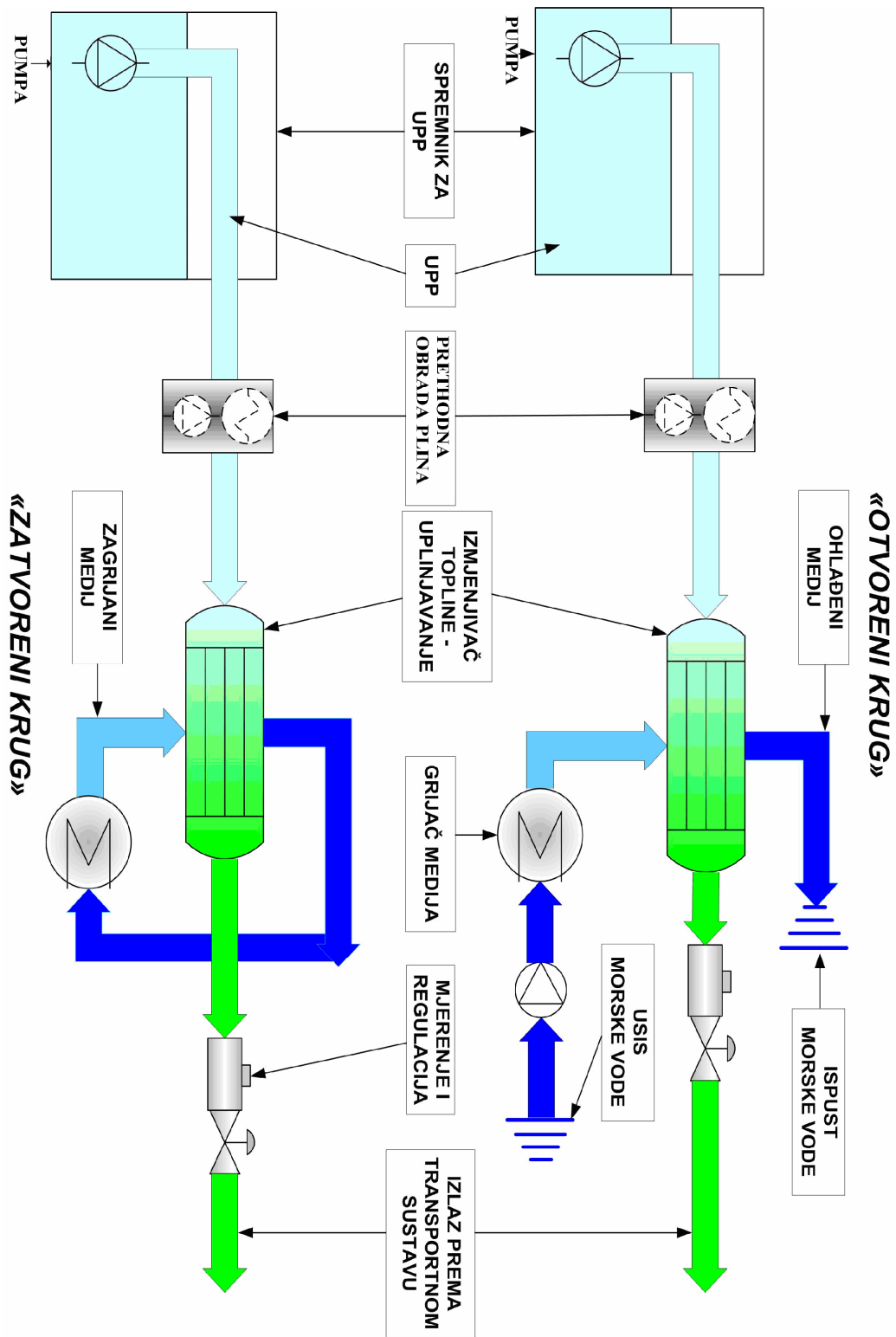
Proces uplinjavanja se vrši na način da ukapljeni prirodni plin koji se nalazi na temperaturi približnoj  $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$  i atmosferskom tlaku, iz spremnika se ukapljeni prirodni plin potiskuje prema postrojenju za uplinjavanje. Pumpe se nalaze u spremnicima ukapljenog prirodnog plina. Kretanje pumpi unutar spremnika za UPP moguće je i kad su spremnici puni. Sustav za uplinjavanje smješten je na gornjoj palubi ispred spremnika za UPP. Sustav je opremljen sa šest vodova s pumpama za ukapljeni prirodni plin. Svaki od šest vodova je opremljen oklopno-cijevnim uplinjivačima protoka  $118\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ . Maksimalni protok uplinjivača je  $708\ 000\ \text{m}^3$  pri tlaku  $100 \times 10^5\ \text{Pa}$ . Uplinjivač je prikazan na slici 3-2.





Slika 3-2. Sustav za uplinjavanje na gornjoj palubi (Exmar 2010).

U izmjenjivaču topline, ukapljeni prirodni plin preuzima toplinu medija (morska voda, para, voda/glikol i sl.) i tako prelazi u plinovito stanje. Uplinjeni plin potom odlazi prema jedinici za mjerenje i regulaciju protoka i tlaka nakon čega se šalje u transportni sustav (slika 3-3).



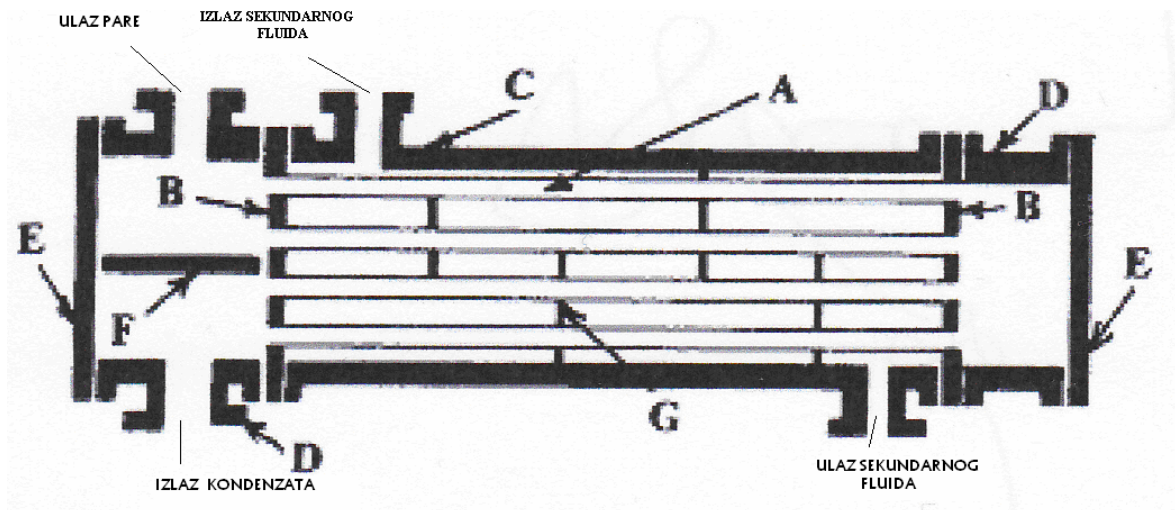
Slika 3-3. Proces uplinjavanja ukapljenog prirodnog plina (Proštenik; Frančić 2011).

Razlikuju se tri načina cirkuliranja medija koji predaje toplinu ukapljenom prirodnom plinu (Proštenik; Frančić 2011). Ukapljeni prirodni plin može cirkulirati u tzv. otvorenom, zatvorenom krugu ili kombinirano. U otvorenom krugu, kao medij koristi se morska voda koja se nakon ciklusa izmjene topline ohlađena ispušta u more. U zatvorenom krugu, medij za izmjenu topline s ukapljenim prirodnim plinom se ne ispušta u okolinu, odnosno more ili rijeku. Na izlasku iz izmjenjivača, ohlađeni medij se zagrijava plinskim grijačem i šalje u novi ciklus. Tip izmjene se koristi ovisno o temperaturi mora, i uvjetima zaštite okoliša. Otvoreni krug se može koristiti kod viših temperatura mora (obično preko 14 °C), zatvoreni krug kod temperatura mora ispod 7 °C, a kombinirani krug između te dvije granične temperature. Oba načina izmjene topline utječu na okoliš. Kod otvorenog kruga utjecaj na okoliš može imati uzimanje morske vode za uplinjavanje i vraćanje pod nižom temperaturom, a može i sadržavati i kemijske agense za zaštitu postrojenja. Kod zatvorenog kruga je približno dva do tri puta veća emisija spojeva u zraku kao što su CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> nego kod otvorenog kruga (Proštenik; Frančić 2011). Bitno je za napomenuti da se na brodu za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje ne može podešavati ogrjevna vrijednost (Wobbe indeks) prirodnog plina. Wobbeov broj (indeks) jedna od osnovnih karakteristika gorivih plinova. Definira se kao omjer toplinske (kaloričke) vrijednosti na volumetrijskoj bazi pri specificiranim referentnim uvjetima i kvadratnog (drugog) korijena relativne gustoće plina u odnosu na zrak pri jednakim specificiranim mjernim uvjetima (Perić 2007).

### 3.1.2. Konstrukcija oklopno-cijevnih izmjenjivača topline

Oklopno-cijevni izmjenjivači topline (engl. shell and tube vaporizers) u njihovim različitim izvedbama su vrlo vjerojatno najrasprostranjeniji izmjenjivači topline u procesnoj industriji. Postoje mnogi razlozi za njihovu rasprostranjenost i prihvaćenost. Oklopno-cijevni uplinjivači imaju relativno velik prijenos topline u odnosu na njihov volumen i težinu. To im omogućuje njihova površina koju je relativno jednostavno konstruirati u različitim rasponima dimenzija mehanički ojačani kako bi izdržali sva naprezanja. Vrlo lako se čiste, a komponente kao što su brtve, ulošci i cijevi mogu se lako zamijeniti.

Cijevi su osnovna komponenta ovih izmjenjivača topline, cijevi osiguravaju površinu za prijenos topline između fluida koji teče u cijevima i drugog fluida koji teče po vanjskoj površini (slika 3-4).



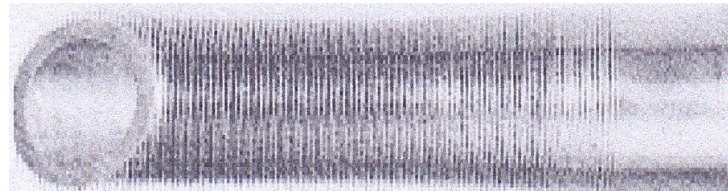
Slika 3-4. Izmjenjivač topline (Thome 2004).

Dijelovi oklopno-cijevnog izmjenjivača topline (slika 3-4):

- A-cijevi,
- B-spojene cijevi,
- C-oklop i oklopne sapnice,
- D-cijevni kanali i sapnice,
- E-pokrov kanala,
- F-razdjelnik protoka,
- G-pregrade.

Cijevi su obično izrađene od bakra ili od legura čelika, a spajaju se varenjem ili su bešavne. Kod izmjenjivača topline za posebne zahtjeve mogu se koristiti i drugi materijali kao što su: nikal, titanij, aluminij. Cijevi mogu biti ravne ili proširene na vanjskoj površini (John R. Thome 2004).

Tipične cijevi proširene površine (slika 3-5). koriste se kada jedan fluid ima znatno manji koeficijent prijenosa topline od drugoga fluida. Cijevi s proširenjima s vanjske, ali i unutarnje strane cijevi mogu znatno smanjiti dimenzije i cijenu samog izmjenjivača topline.



Slika 3-5. Cijev proširene površine (Thome 2004).

Ovakve cijevi proširene površine, rebraste (slika 3-5.) osiguravaju od dva do četiri puta veći prijenos topline na vanjskoj površini od odgovarajućih cijevi ravne površine, taj odnos pomaže smanjiti manji vanjski koeficijent prijenosa topline.

### 3.1.3. Načini prihвата brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje

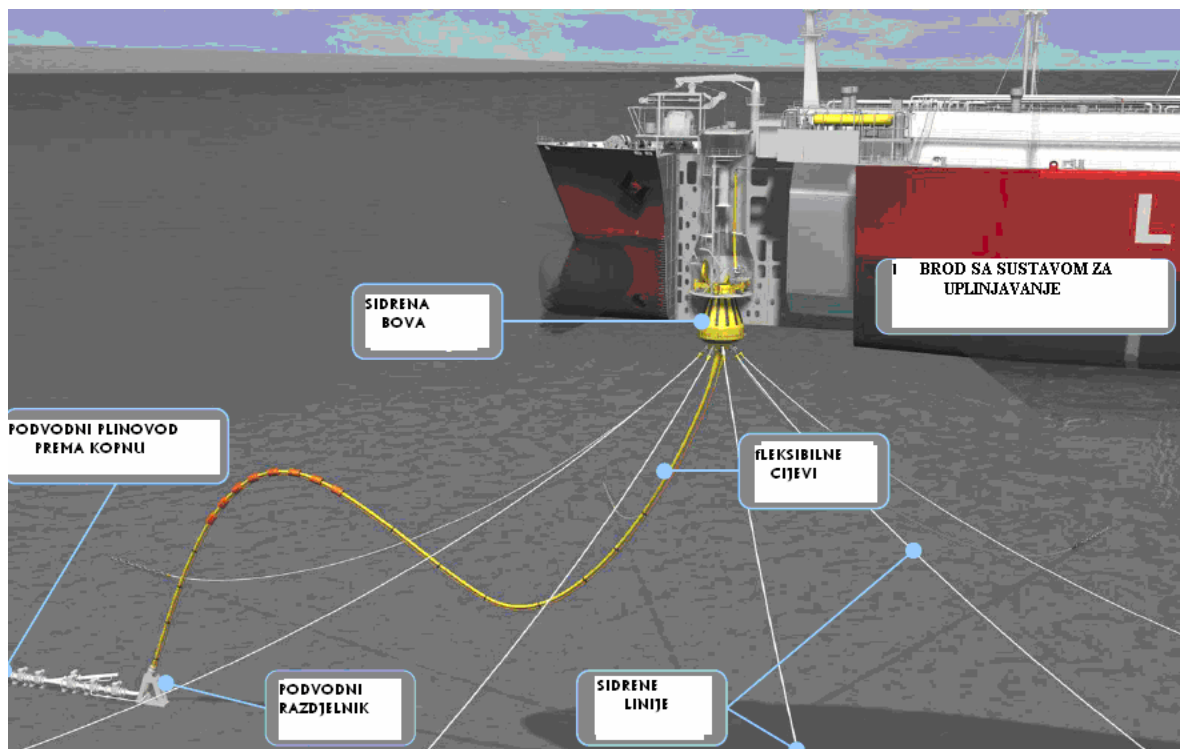
Isporuka uplinjenog prirodnog plina u transportnu mrežu može se vršiti na dva načina (studija Plinacro- Exmar 2010):

- Priključak pod morem izveden je putem uronjive bove koja spaja brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje,
- Priključak na obali (on- shore) je poput priključka na UPP terminalu putem gata (engl. jetty) koji je spojen na transportni sustav.

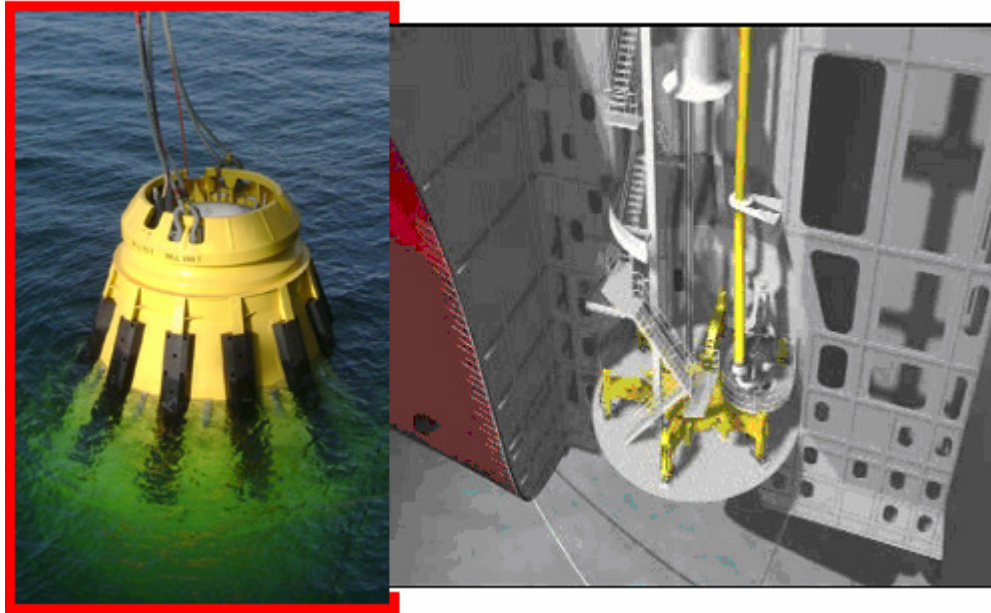
#### 3.1.3.1. Podmorski priključak putem uronjive bove

UPP brod sa sustavom za uplinjavanje je usidren na bovu. Takav sustav razvijen je u Norveškoj, za sidrenje tankera u valovitom Sjevernom moru. Bova je karakteristični dio podmorskog priključka. Bova je usidrena za morsko dno putem niza čeličnih užadi. Na uronjenu bovu je spojen savitljivi čelični plinovod sa završetkom na setu daljinski upravljivih zapornih organa i regulacijskih ventila, smještenih na morsko dno.

Od tog sklopa je položen konvencionalni podmorski plinovod - početak plinskog transportnog sustava (Proštenik; Frančić 2011). Isporučka sad već uplinjenog plina iz broda sa sustavom za uplinjavanje prirodnog plina odvija se na sljedeći način. Brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje dolazi iznad uronjene bove, navodeći se internim sustavom za navigaciju smještenim u brodu i samom priključku. Potom se uronjena bova podiže do trupa LNG RV, te kroz otvor na trupu ulazi u sam brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Bova ima dvostruku funkciju: sidrenje i spajanje savitljivog cjevovoda s cijevnim instalacijama broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Potom, nakon kraćih pripremnih operacija, može započeti proces uplinjavanja UPP i isporuka plina u plinski transportni sustav. Prije odlaska brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje sa priključka, zatvaraju se odgovarajući zaporni ventili na priključku, nakon čega se uronjena bova odspaja od broda i spušta na odgovarajuću dubinu. Da bi neka lokacija bila prikladna za smještaj podmorskog priključka, moraju biti zadovoljeni određeni uvjeti na lokaciji. (Proštenik; Frančić 2011). O samim uvjetima za određenu lokaciju biti će više riječi u poglavlju 4. kada će se govoriti o mogućnostima primjene broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje na području Republike Hrvatske.



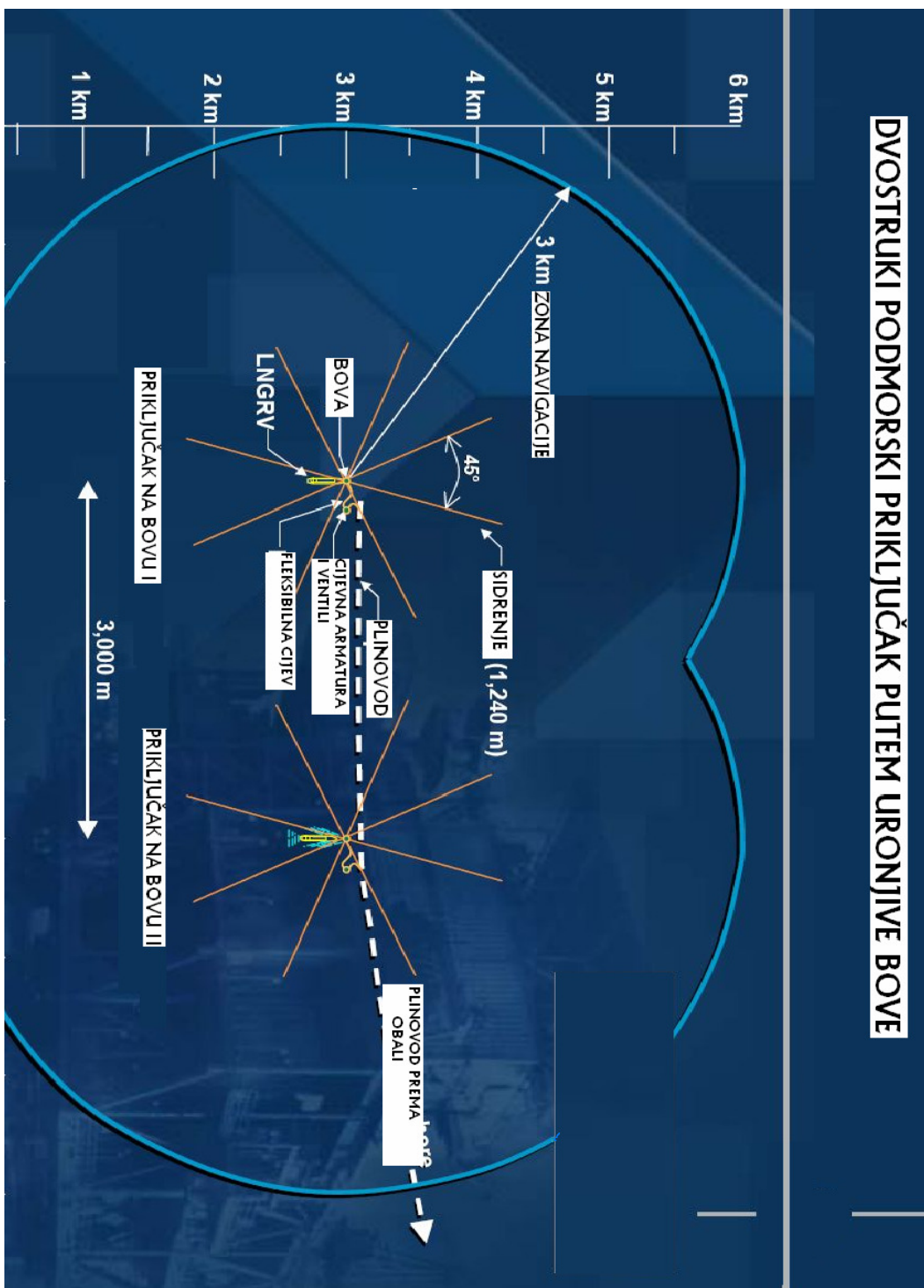
Slika 3-6. Podmorski priključak putem uronjive bove (Exmar 2010).



Slika 3-7. Bova i sustav za prihvat bove na brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavane (Excelerate energy 2004).

Sustav za prihvat bove nalazi se na prednjem odnosno pramčanom dijelu broda (slika 3-7), na samom dnu. Dno broda se otvara i bova se uvlači s broda u sigurnosni prostor (slika 3-7). Bova se uvlači u osiguranu konusnu komoru za spajanje u dnu broda. Unutar brodskog prostora nalazi se sustav koji se spaja sa sidrenim sustavom i sustavom plinovoda, te bovom (slika 3-7).

U slučaju da su ispunjeni maritimni, batimetrijski, geološki i nautički uvjeti ova vrsta priključka može se realizirati putem dvostrukih bova. Dodavanjem još jednog priključka može se istovremeno prihvatiti još jedan brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Znači na istoj lokaciji moguće je istovremeno istakanje dvaju brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Izvedba i minimalni uvjeti kod priključka na dvije bove prikazani su na slici 3-8.



Slika 3-8. Dvostruki podmorski priključak putem dvije bove (Perry 2003).



### 3.1.3.2. Obalni priključak na gatu

Obalni priključak broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje sastoji od gata, koji se nalazi u moru dubine potrebne za pristajanje samog broda, i opreme na gatu za spajanje brod za transport UPP-a i plinskog transportnog sustava (slika 3-9).



Slika 3-9. Obalni priključak za UPP brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje (Proštenik; Frančić 2011).

Ova oprema se sastoji od elementa za samo spajanje – tzv. istakačkih ruku, te druge pomoćne opreme poput protupožarnih instalacija, sustava za inertizaciju i sustava za navođenje (slika 3-10). Sustav za inertizaciju je zatvorena posuda iznad zapaljive tekućine u kojoj se nalazi sloj inertnog ili nereaktivnog plina kako bi se spriječilo stvaranje zapaljive i eksplozivne smjese (Perić 2007).

Obalni priključak je spojen preko zapornih organa s kopnenim plinovodno-plinskim transportnim sustavom. Po potrebi, brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje se do priključka tegli, a samo pristajanje uz gat se obavlja putem internog sustava za manevriranje. Brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje pristaje uz gat. Istakačke ruke, koje imaju slobodu pozicioniranja u prostoru također predstavljaju

oblik fleksibilnog cjevovoda, započinju sa spajanjem na odgovarajuće prirubnice na brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje (Proštenik; Frančić 2011).

Prikladna lokacija za obalni priključak ovisi o uvjetima na lokaciji, slično kao i u slučaju podmorskog priključka. Dubina mora uz obalu mora biti odgovarajuća radi mogućnosti pristajanja broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje.

Kod podmorskog i obalnog priključka, elementi za samo spajanje broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje, bova i spojne opreme na istakačkim rukama, projektirani su za brzo odspajanje u slučaju akcidenta (Proštenik; Frančić 2011).



Slika 3-10. Istakačke ruke na obalnom priključku (Proštenik; Frančić 2011).

### 3.1.4 Prednosti i mane broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje

Tehnologija broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje kao što je već navedeno razvijena je u cilju jednostavnijeg rješenja prihvata UPP-a. Ova tehnologija ima svoje prednosti i nedostatke.

Prednosti ove tehnologije su:

- lakše prihvaćanje projekata od strane lokalne zajednice i javnosti, ali i različitih ekoloških organizacija, naročito podmorski priključak koji se može smjestiti na pučini,
- kopneni priključak je značajno manje postrojenje po složenosti i površini od konvencionalnog terminala za UPP,
- manji utjecaj na okoliš tijekom rada i u slučaju akcidenata,
- po potrebi može se premjestiti na drugu lokaciju,
- brža, jednostavnija, jeftinija izgradnja te puštanje u rad i upravljanje,
- u slučaju podmorskih priključaka šire opcije mogućih lokacija,
- manji kapacitet terminala, prema potrebama potrošača,
- opskrba plinom izoliranih centara potrošnje, kod kojih je problematičan transport plinovodima.

Nedostaci ove tehnologije su:

- ograničen kapacitet uplinjavanja,
- komplicirano osiguranje konstantne isporuke plina u transportni sustav,
- relativno nova tehnologija, smatra se da je ova tehnologija nedovoljno dokazana u praksi,
- znatno manji kapacitet broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje od klasičnih brodova za transport UPP-a, tipa Q-max ili Q-flex,
- duže vrijeme istakanja prirodnog plina u odnosu na klasične terminale.

### 3.1.5. Primjena broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje u svijetu

Primjena broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje relativno je nova. Početak korištenja smatra se 2005. godina kada je izgrađen prvi brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Uz prvi brod sagrađen je i podmorski priključak koji se nalazi 20 milja od obale Louisiane u Sjedinjenim Američkim Državama (Gulf Garteway Deepwater port). Dvije godine kasnije u mjestu Teeside u Velikoj Britaniji napravljen je i prvi obalni priključak. Važno je za napomenuti da 2008. godine počinje primjena prvih brodova za transport UPP-a na kojima su napravljene preinake i dodan im je sustav za uplinjavanje. Do 2008. godine brodovi za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje bili su isključivo novogradnja (Proštenik; Frančić 2011). Na Jadranskom moru je 2009. godine pušten u rad stacionarni odobalni oblik plutajućeg terminala za UPP, udaljen 8 milja od obale kod mjesta Rovigo u sjevernoj Italiji. Sveukupno, do kraja 2010. godine je napravljeno 10 priključaka za brodove za sa sustavom za uplinjavanje (tablica 3-1.), među njima i obalni priključak u Ujedinjenim Arapskim Emiratima.

Tablica 3-1. Terminali pušteni u rad (Proštenik; Frančić 2011).

Projekt	Zemlja	Tehnologija	Puštanje u rad	Kapacitet (mlrd m <sup>3</sup> /god)	Lokacija
Gulf Gateway	SAD	Excelerate/ Exmar	2005. g.	7,1	odobalni
Teeside	V. Britanija	Excelerate/ Exmar	2007. g.	6,2	kopneni
Northeast Gateway	SAD	Excelerate/ Exmar	2008. g.	6,2	odobalni
Bahia Blanca	Argentina	Excelerate/ Exmar	2008. g.	5,2	kopneni
Pecem	Brazil	Golar	2008. g.	2,5	odobalni
Ganamara Bay	Brazil	Golar	2009. g.	5,1	kopneni
North Adriatic	Italija	Aker Kvaerner	2009. g.	8,0	odobalni
Mina Al-Ahmadi	Kuvajt	Excelerate/ Exmar	2009. g.	5,2	kopneni
Neptune	SAD	Hoegh	2010. g.	7,1	odobalni
Jebel Ali	UAE	Golar	2010. g.	5,1	kopneni

### 3.2. Plutajuća postrojenja (brod) za skladištenje i uplinjavanje UPP-a

Plutajući prihvatni UPP terminali (engl. Floating Storage Regasification Unit- FSRU) najčešće su prenamjenjeni brodovi za transport UPP-a za prijevoz ukapljenog prirodnog plina sferičnog tipa (Moss Spherical type) s novoinstaliranom jedinicom za uplinjavanje (Lopac 2009). Plutajući terminal za prihvat UPP-a sa sustavom za uplinjavanje je jednodijelni čelični trup (Mossmaritme 2005). Sustav za uplinjavanje koristi oklopno-cijevne izmjenjivače malog do srednjeg kapaciteta. Ovakav terminal pluta, jednostrano ili dvostrano je usidren, a priključen je preko fleksibilnog cijevovoda na plinovod. Brod s ukapljenim prirodnim plinom dolazi do plutajućeg prihvatnog terminala za UPP i istačkim ruka, a ili fleksibilnim crijevom (u kriogenim uvjetima na otvorenom moru, uz postojeće maritimne uvjete) prekrcava ukapljeni prirodni plin na plutajući prihvatni terminal (slika 3-11).



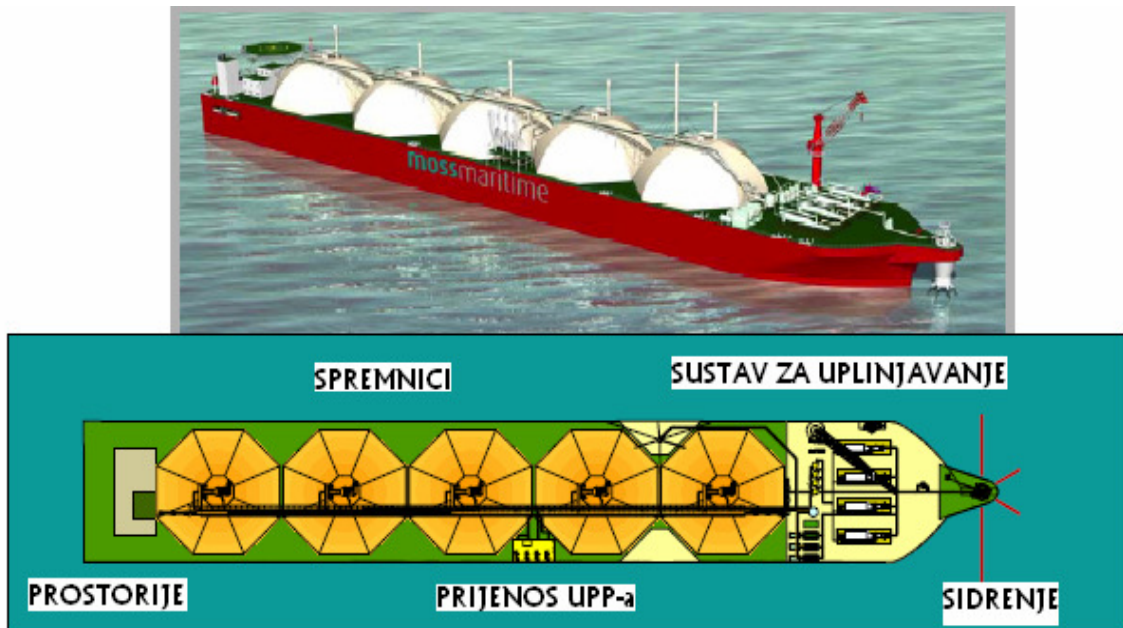
Slika 3-11. Iskrcaj UPP-a s broda na plutajuće postrojenje za skladištenje i ukapljivanje (Mossmaritme 2005).

Na plutajućem terminalu ukapljeni prirodni plin se uplinjava i šalje u plinsku mrežu (Lopac 2009). Bitno je za napomenuti da ovdje postoji mogućnost podešavanja ogrjevne vrijednosti plina (Wobbe indeks) što je bitno za podešavanje svojstava plina za potrebe pojedinog transportnog sustava prirodnog plina. Uz prenamjenu sferičnih tipova brodova za transport ukapljenog prirodnog plina u plutajuće terminale krenulo se i s projektima izgradnje novih plutajućih terminala, stacionarnih, većih ukupnih dimenzija, većeg skladišnog prostora i većeg kapaciteta uplinjavanja, te s novim tehnološkim rješenjima kako pri skladištenju ukapljenog prirodnog plina tako i pri prijenosu ukapljenog prirodnog plina s broda za ukapljeni prirodni plin prema plutajućim terminalima odnosno priključenja na plinovod (Lopac 2009).

Postoje odobalni terminali za otpremu ukapljenog plina u zemljama izvoznicama plina i terminali u zemljama uvoznicama s terminalima za prihvatanje uplinjenog plina sa sustavom za ukapljivanje.

Osnovni dijelovi plutajućeg prihvatnog terminala sa sustavom za uplinjavanje (Slika 3-12):

- spremnici za ukapljeni prirodni plin.
- postrojenje za uplinjavanje,
- prostorije za posadu s upravljačko-kontrolnom jedinicom i prateći sustavi,
- sustav priveza s uronjenom bovom („STL“) ili fleksibilni cijevovod za slučajeve nemirnog mora,
- odlazna linija za uplinjeni prirodni plin usidrena na morsko dno spojena direktno na razvodnik na kopnu.



Slika 3-12. Osnovni dijelovi plutajućeg prihvatnog terminala sa sustavom za uplinjavanje (Mossmaritime 2005).

Osnovne karakteristike plutajućeg prihvatnog terminala sa sustavom za uplinjavanje;

- kapacitet spremnika od 125 000 m<sup>3</sup> do 450 000 m<sup>3</sup>,
- kapacitet uplinjenog plina 8,2x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/dan do 24x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/dan,
- dužina od 280 m do 400 m,
- širina od 45 m do 70 m,
- dubina mora od 20 m do 1000 m,
- predviđeni vijek trajanja 40 godina.

Prihvat broda s ukapljenim prirodnim plinom na plutajuće prihvatne terminale može se izvesti na dva načina isto kao i kod brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje.

### 3.2.1 Serijski prihvat broda za transport UPP-a na prihvatni terminal

Brod s UPP-om priključen je preko kрана na kojem se nalazi fleksibilno crijevo s prednje strane (slika 3-13). Za takav način prihvata potrebno je napraviti preinake na krmenom dijelu prihvatnog terminala. Priključno crijevo spojeno je na bovu koja mora osigurati sigurnost sidrenih linija. Samo crijevo može rotirati kako bi osiguralo ne smetano rotiranje samog broda (Golar 2011).



Slika 3-13. Serijski prihvat broda za transport UPP-a na prihvatni terminal (Mauries 2008).

### 3.2.2. Bočni prihvat broda za transport UPP-a na prihvatni terminal

Terminal omogućuje pristajanje broda sa UPP-om. Za ovaj način prihvata brodova za transport UPP-a nisu potrebne preinake na samim prihvatnim terminalima ako je kapacitet tih brodova od 125 000 do 137 000 m<sup>3</sup> (Golar 2011).



Bočni prihvat na prihvatne terminale sastoji se od:

- primarnih i sekundarnih bokobrana,
- najlonske sidrene linije, koje su povezane sa čeličnom sidrenom linijom broda preko specijalnih sidrenih okova,
- okretne vodilice za vođenje najlonskih sidrenih linija,
- hidrauličke kuke za brzo oslobađanje s integriranim vitlima za dizanje sidara.



Slika 3-14. Bočni prihvat brod za transport UPP-a na prihvatni terminal (Golar 2011).

Plutajući prihvatni terminal koji je završen i pušten u pogon 2008. godine za naručitelja O.L.T nalazi se udaljen od obale grada Livorno u Italiji. Terminal je izveden prenamjenom broda za transport UPP-a Golar Frost. Prihvatni terminal smješten je na toj lokaciji zbog povoljnih vremenskih uvjeta. Brod se sastoji od četiri spremnika ukupnog kapaciteta 137 000 m<sup>3</sup> (Saipem 2008).

Primjer osnovnih karakteristika plutajućeg terminala:

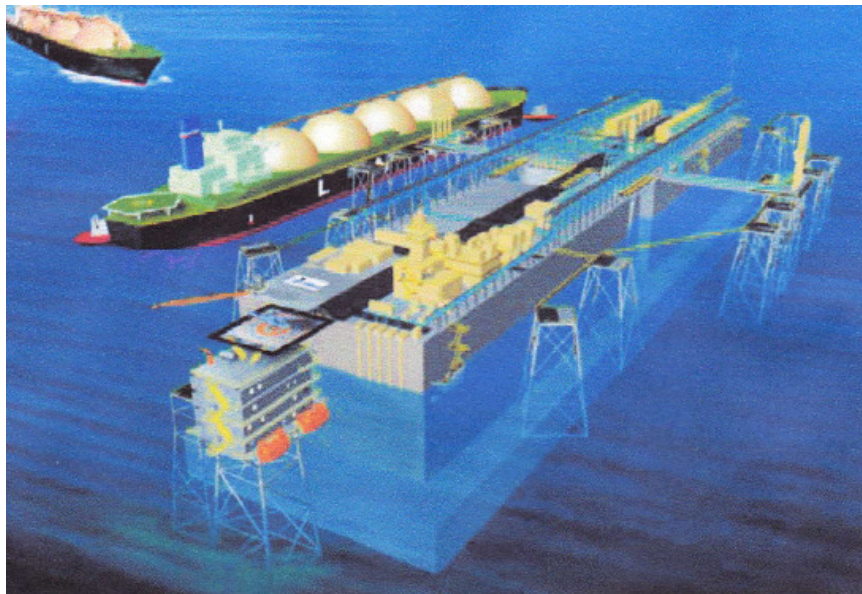
- dužina trupa 301 m,
- širina trupa 48 m,
- visina trupa 26 m.

Sustav za uplinjavanje plutajućeg terminala:

- maksimalni kapacitet  $11 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$ ,
- pri tlaku  $85 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,
- pri temperaturi od 0 do 20 °C.

### 3.3. Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje UPP-a

Gravitacijske platforme kao prihvatni terminali sa sustavom za uplinjavanje ili engl. (GBS- Gravity Based Structure) su terminali koji leže na betonskoj konstrukciji, kao umjetni otok, u fiksnom položaju. Izgledaju kao klasičan, obalni prihvatni terminal za UPP, s mogućim većim skladišnim prostorom, te mogućnošću korištenja uplinjivača otvorenog tipa. Ovi terminali zahtijevaju manje dubine mora i relativno blage maritimne uvjete, s obzirom da se pristajanje broda za transport UPP-a odvija uz fiksnu umjetnu obalu, ali u uvjetima otvorenog mora (slika 3-15). Svi su kapitalno intenzivni projekti, ali je ovaj projekt investicijski zahtjevniji od drugih odobalnih rješenja (Lopac 2009).

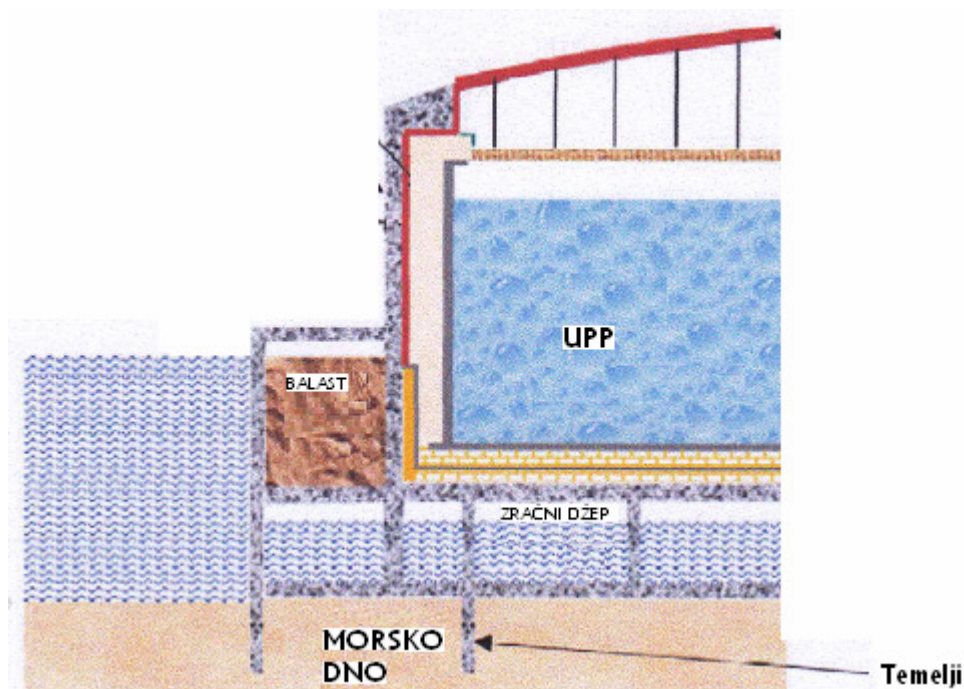


Slika 3-15. Gravitacijska prihvatna platforma za UPP (Michot Foss 2006).

Konstrukcija se izrađuje od visoko kvalitetnog betona, velike čvrstoće, u kombinaciji s čelikom, otpornim na kriogenske tekućine odnosno u ovom slučaju plin. Sama konstrukcija sastoji se od nekoliko pojačanih betonskih konstrukcija. Veličina same platforme ovisi o kapacitetu spremnika za plin. Spremnici za plin nalaze se unutar betonske

platforme, na taj način zaštićeni su od vanjskih vremenskih utjecaja valova, vjetrova, struja, kiša itd. (slika 3-16). Ovaj tip konstrukcije moguće je razvijati u fazama. Na postojeće konstrukcije mogu se usporedno dodati nove konstrukcije koje se povezuju preko mostova. Tako spojene konstrukcije mogu se prenamijeniti tako da svaka ima svoju funkciju, te jedan terminal može imati samo spremnike, a drugi sustav za uplinjavanje.

Gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje UPP-a razlikuju se po načinu gradnje od prethodna dva koncepta. Terminali, odnosno njihova betonska konstrukcija radi se na kopnu u brodogradilištima na suhim dokovima. Na kopnu se ugrađuju spremnici i sva oprema te se provodi testiranje. Nakon obavljenih sigurnosnih provjera spremnici se počinju puniti kako bi terminal počeo plutati, plutajući terminal vuče se pomoću remorkera na mjesto predviđeno za terminal. Terminal se uravnotežuje pomoću balastnih tankova i sidri za dno. Terminal se obično postavlja na dna s mekšim sedimentima, kako bi uzdužni temelji terminala prodrli u samo dno (slika 3-16). Nakon postavljanja terminala polaže se i podmorski plinovod koji spaja terminal s plinovodom na kopnu.



Slika 3-16. Konstrukcija gravitacijske prihvatne platforme ( Michot Foss 2006).

Postupak prihvata broda s UPP-om na terminal vrši se serijski ili bočno. Princip je isti kao kod plutajućih prihvatnih skladišta ukapljenog prirodnog plina sa sustavom za uplinjavanje. Bočni prihvat broda s UPP-om kod gravitacijskih prihvatnih platformi osigurava veću sigurnost od vremenskih utjecaja zbog same konstrukcije terminala.

Primjer gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje UPP-a je Adriatic LNG Terminal koji se nalazi udaljen 17 km od obale grada Porto Levante u Italiji (slika 3-18). Terminal je fiksiran na betonskim stupovima u dubini mora od 30 m. Tempo planiranog pristajanja i iskrcanja brodova s UPP-om je tri dana. Gradnja terminala započela je 2004. godine, a terminal je pušten u pogon 2009. godine. Predviđeni vijek trajanja terminala je 25 godina.



Slika 3-17. Adriatic LNG Terminal, (Porto Levante) pristajanje broda s UPP-om (Lopac 2009).

Osnovne karakteristike terminala Porto Levante:

- kapacitet spremnika  $310\,000\text{ m}^3$ ,
- kapacitet terminala oko  $8 \times 10^9\text{ m}^3$  plina godišnje.

### 3.4. Gatovi za prihvat brodova s UPP-om

Postojeći gatovi za prihvat brodova za transport UPP-a t mogu se prenamijeniti ili se mogu graditi potpuno novi gatovi. Prenamjena postojećih gatova je znatno manja investicija te je potrebno kraće vremensko razdoblje za realizaciju takvog gata u odnosu na gradnju novog gata. Ovdje nije riječ o gatovima sa sustavom za uplinjavanje, već o gatovima koji preuzimaju uplinjen plin sa brodova za transport UPP-a za sa sustavom za uplinjavanje i tako uplinjen plin ide direktno u plinsku transportnu mrežu.

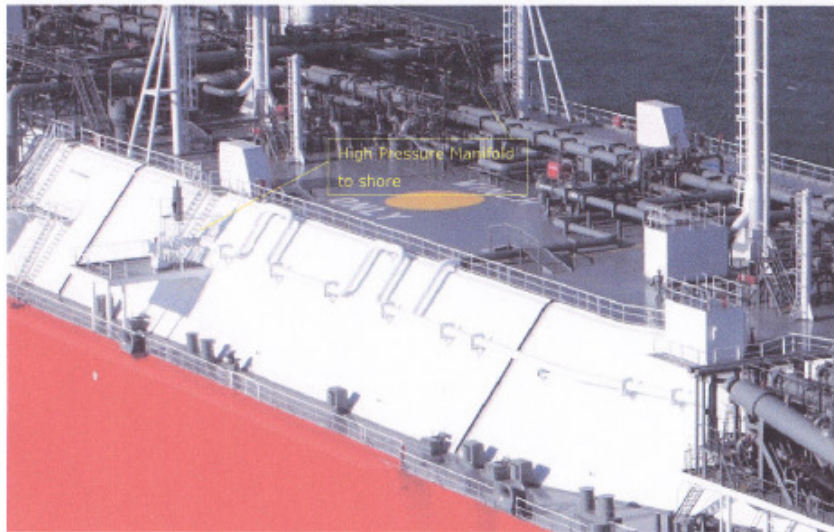
Jedan prenamjenjeni gat nalazi se na rijeci Tess u blizina grada Middlesbrough na sjeveru Velike Britanije (slika 3-19). U ovom slučaju prenamjenjen je stari napušteni gat tvrtke Shell, gat je zadovoljavao sve kriterije za prihvat najvećih brodova za transport UPP-a. Prenamjena gata započela je početkom 2006. godine Cijeli projekt realizirao je u roku od godine dana. Ovaj terminal je specifičan po tome što je prvi takve vrste uopće u svijetu. Gat je prilagođen brodovima za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Maksimalni dnevni kapacitet plina koji se može plasirati na tržište Velike Britanije iznosi  $16,99 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/dan, odnosno terminal može primiti do četiri broda za transport UPP-a mjesečno (Murphy 2009).



Slika 3-18. Gat za prihvat brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje u gradu Middlesbrough (Parkman 2008).

Brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje, pristaje bočno na gat, nakon uplinjavanja prirodnog plina, plin se šalje pod visokim tlakom preko posebno konstruirane

pretakačke ruke u plinovod. Istakačka ruka priključuje se na visokotlačni razvodnik broda za transport UPP-a (slika 3-19).



Slika 3-19. Visokotlačni razvodnik za priključak istakačke ruke (Exmar 2010).

Plin se dalje šalje do lokalnog distributera. Ispod samog gata nalazi se jedinica za kontrolu tlaka s mjernom jedinicom i sustavom za miješanje dušika s prirodnim plinom. Gat je nadograđen i obnovljen, a sama konstrukcija gata pojačana je dodatnim betonskim pojačanjima.

Da bi se osigurao siguran rad gata postojeće grede ojačane su sa dodatnim betonskim gredama, koje spajaju stari gat preko postojećih kesona s novim dijelom, gdje se na povišenju od 10 m nalazi istakačka ruka, kako bi se mogla spojiti na sam brod za transport UPP-a . Gat je spojen s kopnom metalnim mostom duljine 70 metara. Ispod mosta ugrađen je visokotlačni plinovod promjera 600 mm koji spaja gat sa transportnim sustavom (slika 3-20).



Slika 3-20. Prenamjenjeni gat sa istakačkom rukom (Parkman 2008).

#### **4. MOGUĆNOST PRIMJENE LNG RV TEHNOLOGIJE NA PODRUČJU RH**

U Hrvatskoj se vodi rasprava o potrebi terminala za uplinjavane UPP-a. Projekt realizacije Adria LNG terminala je odgođen za 2013. godinu, zbog izrazito nepovoljne ulagačke klime. U prilog ovom projektu ne idu ni različite ekološke udruge koje smatraju taj projekt izrazito opasan za okoliš. Za projekt Adria LNG-a izrađena je tek Studija utjecaja na okoliš.

Prema projektu gradnja terminala trebala bi se odvijati u dvije faze: u prvoj fazi planirani kapacitet isporuke bio bi 10 milijardi m<sup>3</sup> prirodnog plina godišnje, bi izgradila se dva spremnika za UPP, te sva potrebna procesna i pomoćna postrojenja i infrastruktura, u drugoj fazi isporučivalo bi se 15 milijardi kubičnih metara prirodnog plina godišnje te bi se gradio treći spremnik. UPP bi se dopremao brodovima kapaciteta između 75 000 m<sup>3</sup> i 265 000 m<sup>3</sup>. S obzirom da je ovaj projekt odgođen, predložen je drugi mogući projekt koji bi bio alternativa projektu Adria LNG terminala.

Alternativa je izgradnja terminala za prihvat brodova sa sustavom za uplinjavanje ili engl. kratica LNG RV. Izgradnjom priključka za LNGRV u Republici Hrvatskoj otvorila bi se mogućnost za novi dobavni pravac plina iz Afričkih zemalja ili Srednjeg istoka (slika 4-1). Novi dobavni pravac osigurao bi sigurnosni dobavni pravac u kriznim situacijama. Omogućio bi dodatni tranzit prirodnog plina kroz Republiku Hrvatsku i skladištenje u podzemnom skladištu plina. U uvjetima povećane potrošnje plina također bi pokrивao vršnu potrošnju tzv. „Peak Shaving Duty“.



Slika 4-1. Mogući novi dobavni pravci plina (Proštenik; Frančić 2011).

Osim što bi otvaranje novog dobavnog pravca povećalo sigurnost opskrbe prirodnim plinom Republike Hrvatske, s obzirom na mogući kapacitet priključka za LNGRV omogućio bi se tranzit plina kroz Hrvatsku za susjedne zemlje (slika 4-2). Kao što je već bilo navedeno, ključni parametri za odabir lokacije priključka su blizina transportnog sustava i centara potrošnje plina kao i određeni uvjeti na lokaciji. Radi navedenog, lokacija na otoku Krku, kod mjesta Omišalj pokazala se odličnim potencijalnim mjestom izgradnje priključka. Naime, samo 18 km od ove lokacije, kod mjesta Zlobin u Gorskom Kotaru se nalazi najbliža točka postojećeg magistralnog plinovoda Pula – Karlovac. Od tog mjesta transport plina može biti u svim pravcima; prema centrima potrošnje u Rijeci i okolici, prema panonskom dijelu Hrvatske, te prema Sloveniji čija je granica udaljena samo 20-tak kilometara (Proštenik; Frančić 2011).





Tvrtka Exmar je izradila za tvrtku Plinacro Zajedničku studiju o mogućnostima uvoza prirodnog plina korištenjem tehnologije broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Kao što je rečeno tvrtka Exmar je pionir u primjeni tih sustava. Prema studiji Plinacro-Exmar obuhvaćena su tri bitna aspekta: tehnički, komercijalni i organizacijski aspekt projekta priključka za LNGRV. Naredna podjela tehničkih i komercijalnih i ekonomskih aspekata je u nastavku.

#### 1. Tehnički aspekti obuhvaćeni studijom Plinacro-Exmar:

- određivanje mogućih lokacija obalnog ili podmorskog priključka
- parametri isporuke plina iz broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje,
- način uplinjavanja UPP-a (otvoreni krug, zatvoreni krug, kombinirano),
- karakteristike obalnog i podmorskog priključka,
- sigurnosni aspekti priključka.

#### 2. Komercijalni aspekti obuhvaćeni studijom:

- odabir optimalne varijante priključka,
- troškovi materijala, opreme i izgradnje optimalne varijante,
- izračun tarife za korištenje terminala.

#### 3. Organizacijski aspekt studije

##### 4.1. Tehnički aspekti analiza pojedinih potencijalnih lokacija

Makro lokacija podmorskog priključka je Riječki zaljev. Riječki zaljev je odabran zbog male udaljenosti transportnog sustava. Priključak će biti spojen na budući magistralni plinovod Kukuljanovo – Omišalj DN 500/100 putem priključnog plinovoda. Za realizaciju samog projekta moraju biti zadovoljeni i određeni uvjeti na samoj lokaciji (Studija Plinacro–Exmar).

Uvjeti na lokaciji koji moraju biti zadovoljeni:

- Dubina mora- za obalni priključak mora iznositi oko 15 m, dok za podmorski priključak dubina mora biti između 40 do 65 m, uz udaljenost od 1 nm od plitkog mora ( do 12 m ),
- Blizina plinovoda Kukuljanovo – Omišalj,
- Nautički aspekti.

Za određivanje batimetrijskih i geoloških uvjeta na pojedinoj lokaciji korišteni su podaci iz hidrografsko-geološko-magnetometrijske izmjere plinovoda Omišalj – Casal Borsetti i Kukuljanovo - Omišalj (Studija Plinacro – Exmar). Batimetrija je grana oceanografije koja se bavi mjerenjem morske dubine (Curić, Z. i Curić, B. 1999). Magnetometrija je geofizička metoda koja se temelji na mjerenju promjena intenziteta Zemljinog magnetskog polja. Da bi se uopće mogli odrediti batimetrijski, geološki i nautički aspekti bitno je znati lokacije o kojima se radi. Prema studiji Plinacro – Exmar lokacije koje bi odgovarale za priključke su: 1,5 km od JANAF-ovog kruga za podmorski priključak, uz JANAF na otoku Krku za obalni priključak te poluotok Urinj za obalni priključak. Potencijalni priključci prikazani su na slici 4-3.



U nastavku su analizirani:

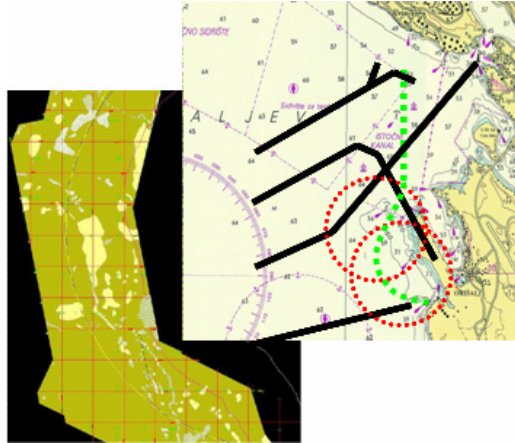
batimetrijski i geološki podaci za pojedinu lokaciju:

1. Gat uz terminal JANAF (slika 4-4.) nalazi se na zapadnoj strani otoka Krka. Dno je sastavljeno od vapnenačkih stijena do dubine 15 m, dublje su prašinsta glina i pijesak. Batimetrijski i geološki uvjeti na samoj lokaciji su nepovoljni.



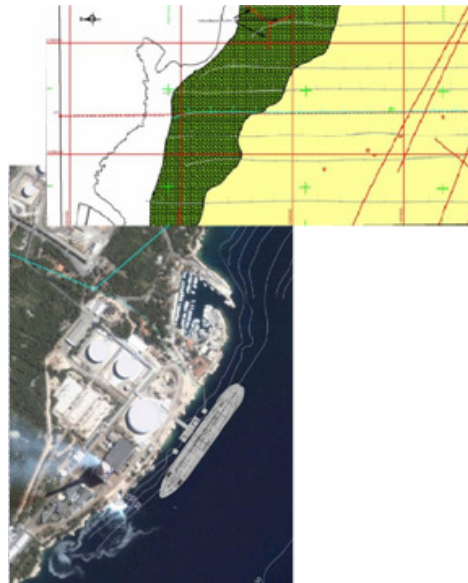
Slika 4-4. Gat uz terminal JANAF (studija Plinacro - Exmar 2010).

2. Podmorski priključak u Riječkom zaljevu (slika 4-5) zaljevu ima povoljne nautičke aspekte, dubina mora je oko 60 metara što je dovoljna dubina za podmorski priključak. Morsko dno je prašinsta glina (debljina sloja veća od 8 m) i prašinsti pijesak (debljina sloja veća od 20 m). Podloga je relativno fluidna. Meteoceanografski i geološki uvjeti su povoljniji u odnosu na dva obalna priključka.



Slika 4-5. Podmorski priključak u Riječkom zaljevu (Sstudija Plinacro - Exmar 2010).

3. Gat na Urinju (slika 4-6). ima strmo morsku dno, što utječe na dužinu gata, sami gat trebao biti kraći. Morsko dno sastavljeno je od vapnenačkih stijena na dubini od 15 m. Batimetrijski i geološki uvjeti na samoj lokaciji su nepovoljni.

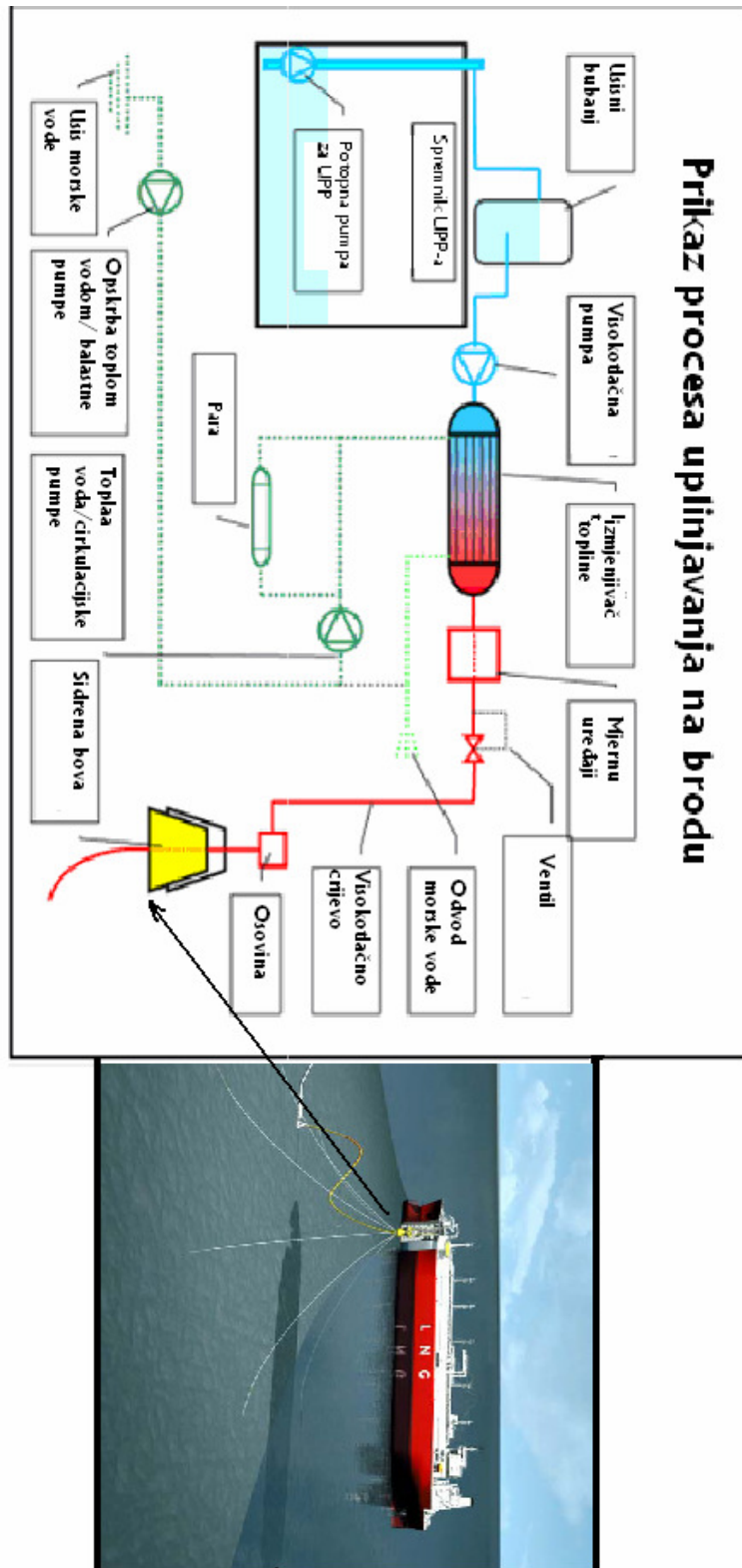


Slika 4-6. Gat na Urinju (studija Plinacro - Exmar 2010).

Uz već navedene aspekte moraju biti zadovoljeni i razni nautički aspekti kao što su lokacija, mora imati plovnu dubinu, kako bi mogli nesmetano ploviti brodovi za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Kanal mora imati dovoljnu širinu i prostor za okretanje samih brodova. Iz nautičkog aspekta mora postojati shema razdvajanja prometa, postojeća ili moguća sidrišta. Mora se uzeti u obzir gustoća pomorskog prometa i aktivnosti na moru.

Kada je riječ o obalnom priključku na gat mora postojati i mogućnost nesmetanog tegljenja pomoću remorkera. Riječki zaljev sa svoje tri lokacije zadovoljio je sve nautičke aspekte. Za sve tri lokacije u riječkom zaljevu napravljena je analiza i meteoceanografskih podataka, utjecaj morskih struja, plimna aktivnost, temperatura mora, vjetar, temperatura zraka, valovi.

Tehnički dio studije još obuhvaća proces uplinjavanja i parametre isporuke. Kao što je već rečeno u poglavlju 3.1.1. način uplinjavanja ovisi o temperaturi mora. Postoje tri načina uplinjavanja, otvoreni, zatvoreni i kombinirani krug, svaki krug predviđen je za pojedine raspone temperature mora. Slika 4-6. prikazuje uplinjavanje otvorenim krugom na brodu za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje gdje se kao sredstvo koristi morska voda. Na slici 4-6. također je vidljiv podmorski priključak pomoću uronjive bove, kroz koju se šalje uplinjeni plin dalje u transportni sustav.



Slika 4-7. Proces uplinjavanja-otvoreni krug (studija Plinacro - Exmar 2010).



Parametri isporuke s broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavnje odnose se na izlazne kapacitete uplinjenog plina. U tablici 4-1. dati su parametri isporuke: nazivni izlazni kapacitet, maksimalni kapacitet za pojedini način uplinjavanja. Kao što je vidljivo iz tablice 4-1. maksimalni izlazni kapacitet se razlikuje za otvoreni, zatvoreni i kombinirani krug uplinjavanja. Maksimalni izlazni kapacitet je veći u otvorenom krugu za uplinjavanje. U zatvorenom krugu je najmanji dok u kombiniranom krugu je izlazni kapacitet plina znatno manji (studija Plinacro - Exmar 2010).

Tablica 4-1. Izlazni kapacitet UPP-a (studija Plinacro - Exmar 2010).

	Nm <sup>3</sup> /h
Nazivni kapacitet	560.000
Maksimalni kapacitet –otvoreni krug	770.000
Maksimalni kapacitet-zatvoreni krug	670.000
Minimalni kapacitet	56.000
Količina plina koja se može zbog tlaka dodatno skladištiti u plinovodu (line pack)	11.000

Tablica 4-2. Tlak na priključku (studija Plinacro - Exmar 2010).

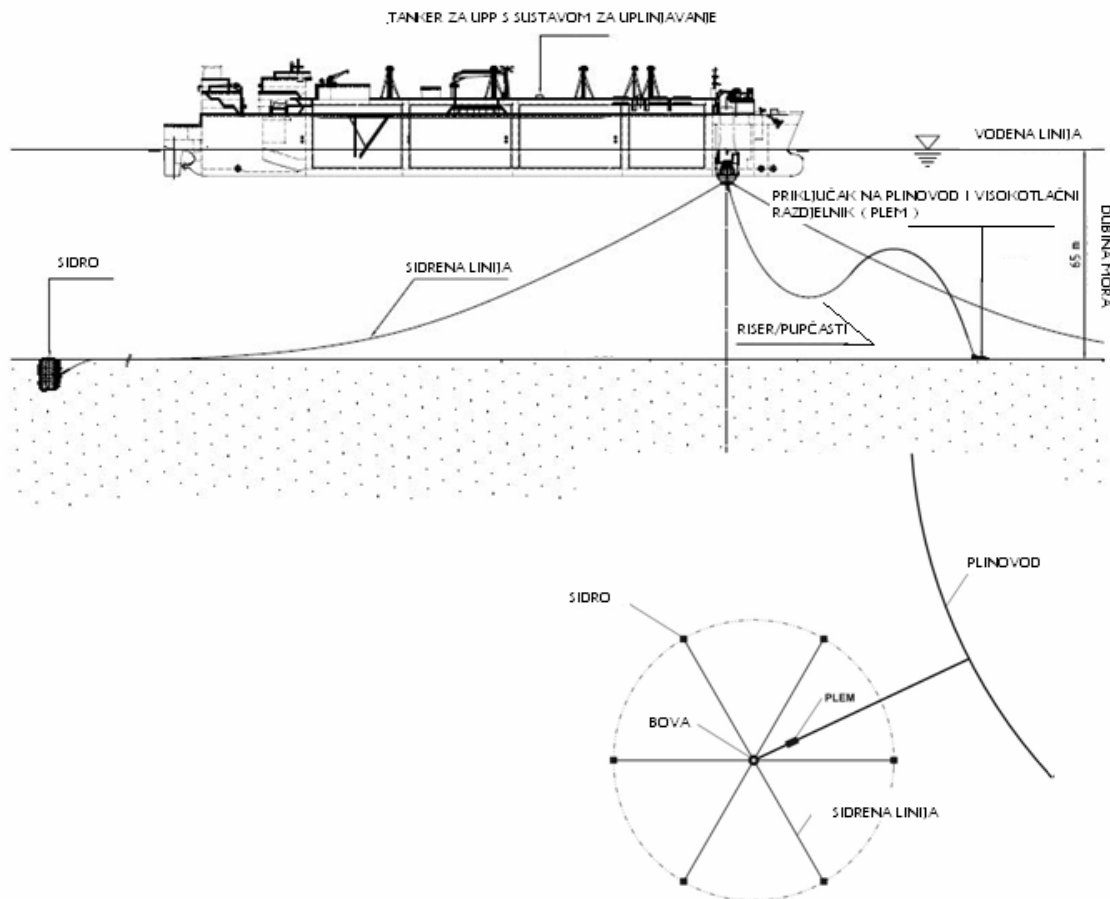
	Pa
Maksimalni izlazni tlak	100x10 <sup>5</sup>
Minimalni izlazni tlak	35 x10 <sup>5</sup>
Tlak zaustavljanja procesa	110 x10 <sup>5</sup>
Projektirani tlak	134,5 x10 <sup>5</sup>

#### 4.1.1. Prihvat na bovu

Osnovni dijelovi podmorskog priključka su:

- sustav za privezivanje,
- uronjena bova,
- sustav za podizanje bove ( fleksibilne cijevi 0,3556 m (14")),
- komunikacijski sustav,
- cijevna armatura i slavine (PLEM).

Priključak je povezan s plinovodom Kukuljanovo – Omišalj putem 615 m dugačkog podmorskog plinovoda DN 500/100



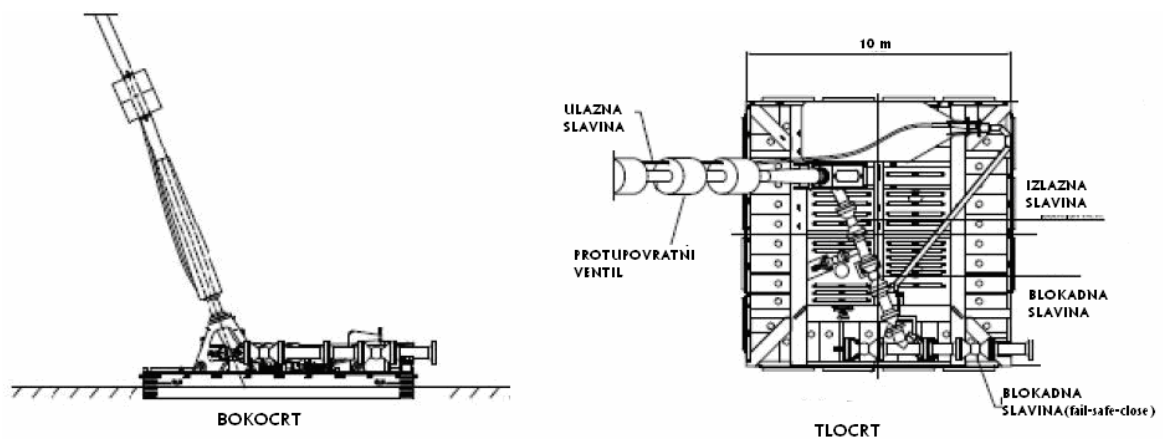
Slika 4-8. Shema uronjenog priključka pomoću bove (studija Plinacro - Exmar 2010).

## PLEM – Pipeline End Manifold (Cijevna armatura i slavine)

Prije postavljanja samog sustava treba napraviti temeljnu ploču na koju dolazi priključak i visokotlačni razdjelnik.

Dijelovi PLEM sustava su:

- ulazna i izlazna slavina (ručno ili daljinski upravljiva),
- blokadna slavina (fail-safe-close) postavljena na tlak koji određen od strane operatera transporta plina,
- protupovratni ventil
- senzori za tlak,
- sva armatura i oprema su unutarnjeg promjera 0,4064 m ( 16" ) i maksimalni tlak  $140 \times 10^5$  Pa.



Slika 4-9. Cijevna armatura i slavine (studija Plinacro - Exmar 2010).

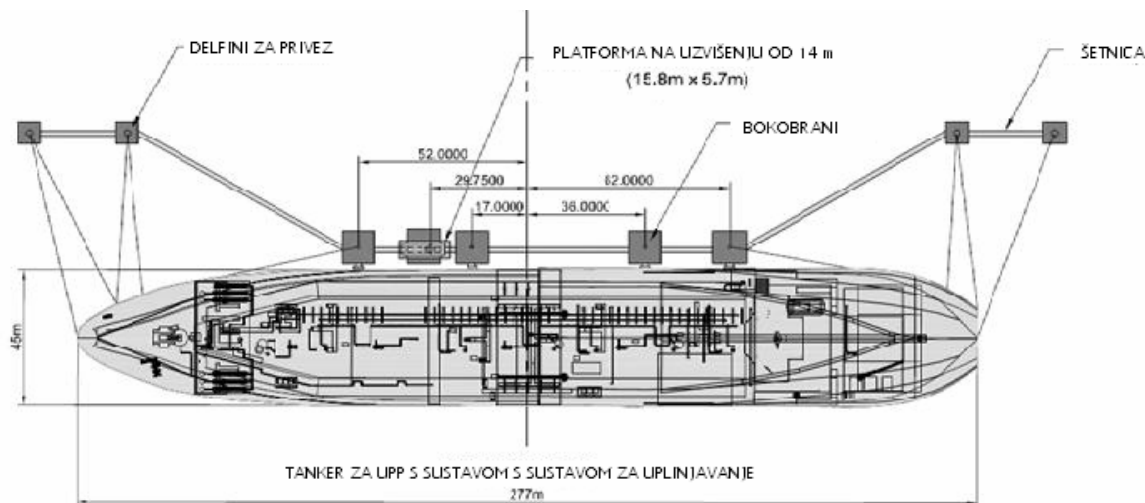
#### 4.1.2. Obalni priključak na gatu

Kako je već navedeno gat se može prenamijeniti ili se može krenuti u izgradnju potpuno novog gata. Izgradnja novog gata iziskuje znatno veće investicije od prenamijenjene starog gata.

U Riječkom zaljevu postoje mogućnosti za dvije izvedbe. Na lokaciji poluotoka Urinj, gat već postoji što znači da bi trebalo izvršiti znatno manje zahvate na gatu te ga opremiti potrebnom opremom na gatu. Kada je riječ o terminalu JANAF unatoč već postojećem terminalu za prihvat brodova s naftom i naftnim derivatima, morao bi se raditi potpuno novi gat koji bi bio specijaliziran za pretakanje brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje. Ova solucija iziskuje i znatno veće investicije od prve solucije.

Osnovni dijelovi gata su:

- četiri delfina za privezivanje i četiri bokobrana,
- centralna platforma s priključkom na brod za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje,
- betonski temelji.



Slika 4-10. Shema obalnog priključka na gatu (studija Plinacro - Exmar 2010).

Oprema na gatu:

- elektroenergetski sustav (glavni i pomoćni),
- sustav rasvjete (glavni i pomoćni),
- komunikacijski sustav (glavni i pomoćni),
- sustav za inertizaciju (dušik),
- sustav za antikorozivnu zaštitu,
- prometne površine,
- sustav za sidrenje,
- priključak (istakačka ruka) za prihvata prirodnog plina,
- sustav alarma,
- sigurnosno-blokadni sustav,
- protupožarni sustav,
- sustav za praćenje pristajanja brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje,
- meteoceanografska stanica.

#### 4.2. Organizacijski aspekt projekta

Priključak bi bio u vlasništvu zajedničke („join venture“) tvrtke Plinacro – Exmar koja bi upravljala. Komercijalizacija priključka predviđa tzv. „multi shipper“ model upravljanja putem rezerviranih dijelova (slots) kapaciteta priključka.

Kroz rezervaciju priključka, korisniku bi mogao koristiti:

- Paket usluga koji uključuju transfer UPP-a s broda na brod sa sustavom za uplinjavanje, ili direktno s broda za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje, kratkoročno skladištenje UPP-a, uplinjavanje UPP-a, isporuku i transport/tranzit prirodnog plina kroz plinski sustav.
- Usluge dodatnog skladištenja plina u podzemnom skladištu Okoli kapaciteta 550 mil. m<sup>3</sup>.

Priključak bi potencijalnim korisnicima omogućio sljedeće pogodnosti:

- garantirana dostupnost kapaciteta priključka,
- mogućnost zaključivanja dugoročnih ugovora zakupa prirodnog plina uz stabilne dugoročne tarife,
- pristup rastućem hrvatskom plinskom tržištu,
- jednostavan pristup do plinskih tržišta Italije, Slovenije, Mađarske i drugih zemalja u okruženju kroz transportno – tranzitnu mrežu Plinacra,
- model upravljanja s zainteresiranim korisnicima, početno zasnovan na postojećim „multi – shipper“ modelima korištenim u Europi.

Procjena zainteresiranosti za rezervaciju kapaciteta na priključku i rezervacija kapaciteta provela bi se kroz tzv. engl. „open season“ postupak.

Postupak (engl. „Open season“) s potencijalnim korisnikom priključka odvijao bi se na sljedeći način:

- izrada i dostava informacijskog prospekta,
- potpisivanje sporazuma o povjerljivosti,
- neobvezujuće nominiranje kapaciteta,
- daljnji sastanci i usuglašavanje,
- potpisivanje memoranduma o razumijevanju,
- potpisivanje sporazuma o rezervaciji kapaciteta.

#### 4.3. Komercijalni aspekt projekta

Uz već gore navedene aspekte bitan je i komercijalan aspekt projekta. Svi troškovi koji će biti navedeni su okvirni i u informativni. Za optimalnu izvedbu priključka trebalo je izabrati između dvije moguće varijante priključka:

- podmorski priključak,
- obalni priključak uz gat

Procijenjeni troškovi izgradnje pojedinih priključaka te njihove prednosti i nedostaci (studija Plinacro - Exmar 2010).:

- Procijenjeni troškovi podmorskog priključka iznose 32,5 mil. €, detaljnije razrađeni troškovi dati su u tablicama 4-1. i 4-2.  
Zbog povoljnijih meteocinografskih i geoloških uvjeta na lokaciji odabran je ovaj način priključka. Povoljniji uvjeti automatski znače i manji trošak izvedbe.
- Procijenjeni troškovi obalnog priključka na gatu iznosili bi 70 mil. €  
Zbog nepovoljnijih batimetrijskih i geoloških uvjeta troškovi izvedbe ovog priključka su znatno veći i zato se od ovog priključka odustalo.

Troškovi komponenata podmorskog priključka obuhvaćaju:

- troškove upravljanja projektom i projektiranja,
- troškove istraživanja tla na mjestu postavljanja priključka,
- troškove izrade sustava za privezivanje (lanci i sidrenje),
- troškove izrade priključka na uronjenu bovu,
- trošak izgradnje sustava za podizanje bove, PLEM-a i komunikacijskog sustava,
- trošak DNV certificiranje,
- trošak transporta (mjesto isporuke isporuke (FOB) je Ortona, Italija.)

Tablica 4-1. Troškovi opreme i materijala za izradu podmorskog priključka (studija Plinacro - Exmar 2010).:

Troškovi opreme i materijala	Iznos (€)	Iznos (Kn)
Projektiranje	5.000.000	36.985.000
Istraživanje tla	250.000	1.849.250
Sustav za privezivanje	4.690.000	34.691.930
Uronjena bova	4.000.000	29.588.000
Sustav za podizanje bove, PLEM i komunikacijski sustav	3.460.000	25.593.620
DNV certifikacija	200.000	1.479.400
UKUPNO	17.600.000	130.187.200

\* preračunato po tečaju HNB-a za 1 € =7,396 KN na dan 16.05.2011.

U tablicama 4-1. i 4-2. dati su okvirni troškovi koji su podijeljeni u dvije grupe. To su: troškovi komponenata podmorskog priključka i troškovi izgradnje samog podmorskog priključka. Iz tablica su vidljive pojedine faze izgradnje samog podmorskog priključka i troškovi. Također je vidljivo da je podmorski priključak znatno jeftinija izvedba u odnosu na kopneni priključak na gatu.

Troškovi izgradnje podmorskog priključka obuhvaćaju:

- troškove transporta sustava iz mjesta Ortona, Italija do mjesta izgradnje u Riječkom zaljevu,
- troškove montaže i puštanja u rad podmorskog priključka (uronjena bova, sustav za privezivanje, sustav za podizanje bove, komunikacijski sustav i PLEM),
- troškove projektiranja, nabave, izgradnje i puštanja u rad podmorskog spojnog plinovoda DN 500/100, duljine 615 m od PLEM do plinovoda Kukuljanovo – Omišalj DN 500/100,
- troškove projektiranja, nabave i montaže dva podmorska spoja PLEM- spojni cjevovod i spojni cjevovod - “T” komad (Kukuljanovo – Omišalj).

Tablica 4-2. Troškovi izgradnje (studija Plinacro - Exmar 2010).:

Troškovi izgradnje	Iznos ( €)	Iznos (Kn)
Transport i montaža podmorskog priključka	9.000.000	66.573.000
Projektiranje, nabava opreme i izgradnja spojnog podmorskog plinovoda	6.000.000	44.382.000
UKUPNO	15.000.000	110.955.000

\* preračunato po tečaju HNB-a za 1 €=7,396 KN na dan 16.05.2011.

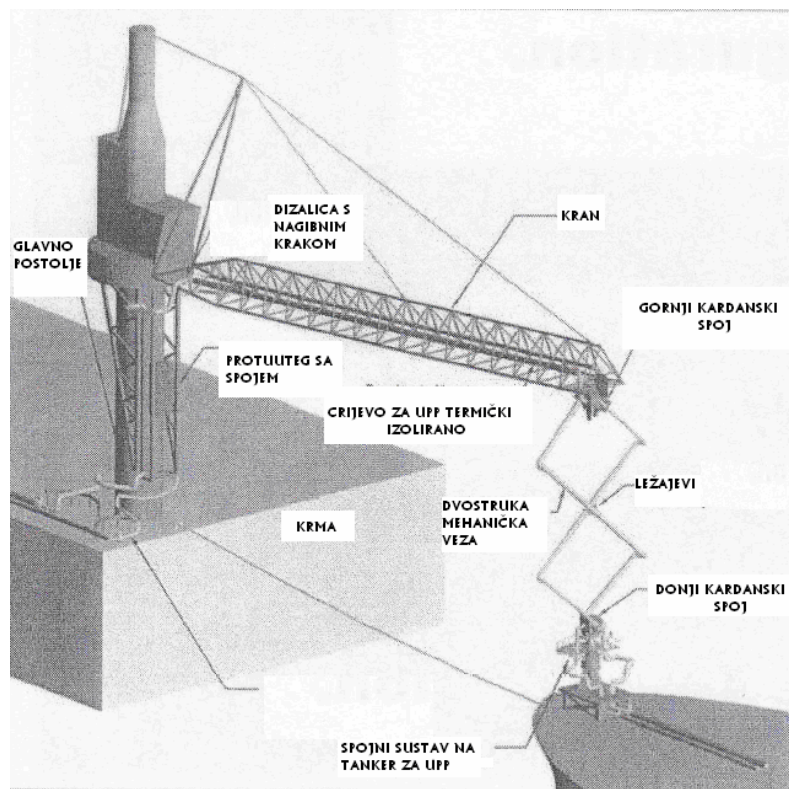


## 5. SUSTAV PRIJENOSA UKAPLJENOG PRIRODNOG PLINA ZA UVJETE OTVORENOG MORA

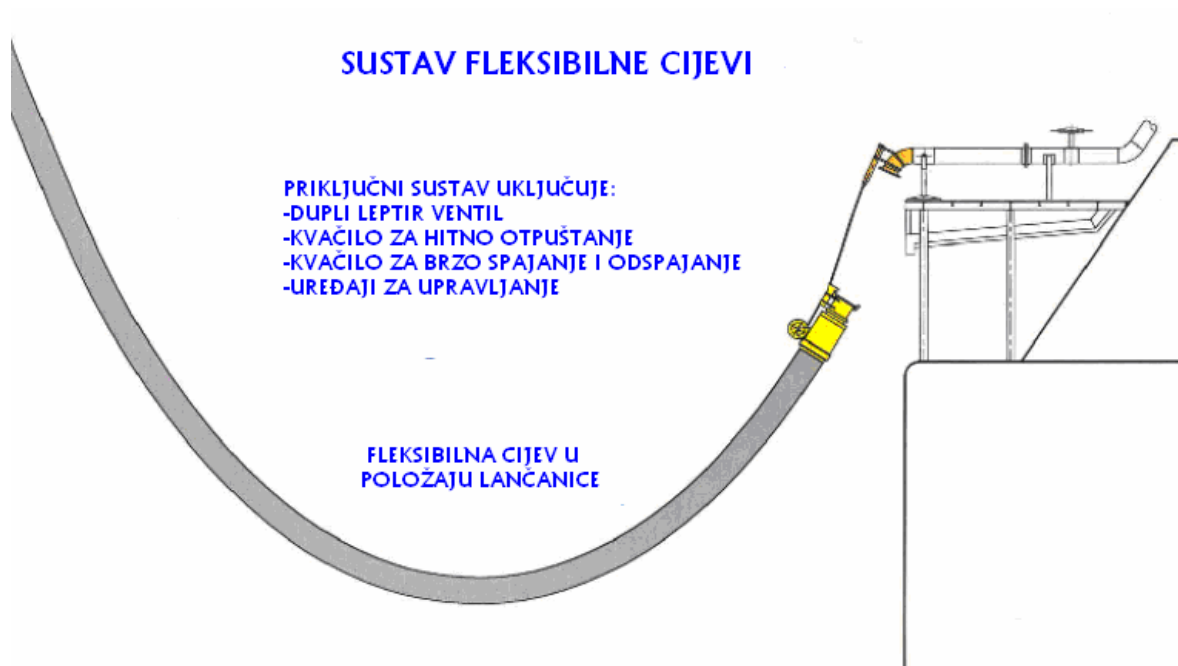
Za prijenos plina osim već navedenog postupka priključenja na bovu postoje još istakačke ruke koje se koriste na gatovima. Na plutajućim terminalima ukapljeni prirodni plin može se prenositi pomoću fleksibilnog crijeva. Fleksibilno crijevo koristi se u nepovoljnim vremenskim uvjetima kad nije moguće pristajanje samog broda za transport UPP-a uz plutajuće odobalne prihvatne terminale ili gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje.

### 5.1. Fleksibilna cijev

Fleksibilna cijev se nalazi na sustavu koji koristi jednu vrstu kraka dizalice (engl. FMC Boom-To-Tanker Loading System). Krak dizalice rotira zajedno s brodom za UPP što omogućuje nesmetan prijenos UPP-a tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta (slika 5-1).



Slika 5-1. Sustav za prijenos UPP-a (Le Devehat 2007).



Slika 5-2. Sustav fleksibilne cijevi (Larsen B., Q. 2005).

## 5.2. Istakačke ruke

Istakačke ruke su bitna komponenta svih terminala. Koriste se na svim vrstama terminala, plutajućim prihvatnim terminalima, gravitacijskim prihvatnim terminalima kao i na gatovima.

Svaka istakačka cijev sastoji se od tri dijela:

1. Dijela koji se spaja na izlaz za ukapljeni plin (engl. inboard arm),
2. Dijela koji se spaja na izlazni plin kojim se ukapljeni plin transportira u spremnike na kopnu (engl. outboard arm),
3. Spojne cijevi (engl. riser) koja povezuje izlaz za ukapljeni plin na brodu i dijela koji se spaja na izlaz za plin kojim se plin transportira dalje u spremnike,

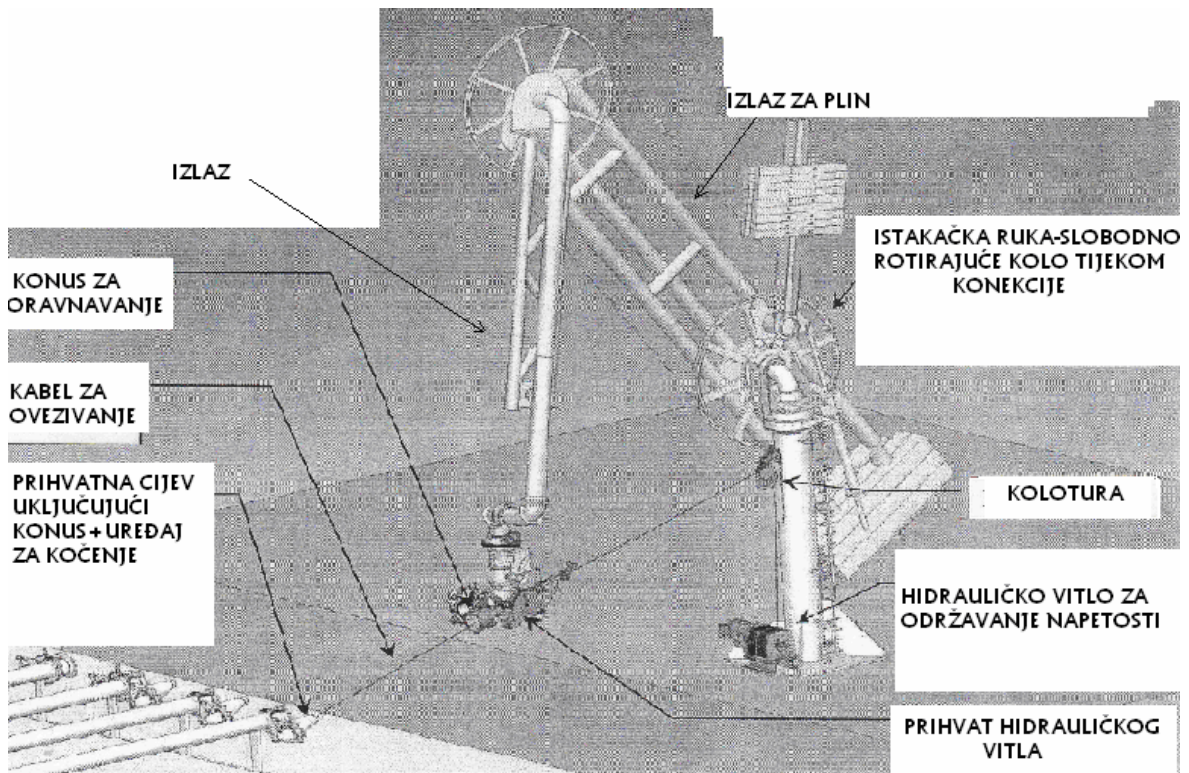
Duljina svakog segmenta je oko 9 m, unutrašnji promjer kreće se od 0,4064 m (16") do 0,6096 m (24").

### 5.2.1 Postupak istakanja

Nakon pristajanja i sidrenja broda s ukapljenim plinom, neizolirane zglobne cijevi za pretakanje spajaju se na razvodnik na brodu i postepeno se ohlade na  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ukapljeni plin se pomoću pumpi koje se nalaze u spremniku ispumpava iz brodskih spremnika i preko zglobnih cijevi kroz cjevovode na terminalu doprema u spremnike za ukapljeni plin.

Kapacitet cijevi iznosi od  $4000$  do  $6000\text{ m}^3/\text{h}$  pa se kod istovara koriste dvije ili tri zglobne cijevi za pretakanje ukapljenog plina, a jedna za povrat isparenog plina u brodske spremnike.



Slika 5-3. Istakačka ruka (Le Devehat 2007)

## 6. ZAKLJUČAK

Plin energent budućnosti preuzima vodeću ulogu u odnosu na naftu. Očekuje se daljnji rast potražnje za prirodnim plinom. Porastom potražnje za plinom rast će potreba transporta još većih količina plina na sve veće udaljenosti. Ukapljeni plin prepoznat je kao najbolji način transporta plina te kao relativno siguran način transporta s malim brojem zabilježenih akcidenata. Zbog porasta potražnje za plinom javila se potreba za što bržim i ekonomski prihvatljivim načinom prihvata ukapljenog plina. Razvoj novih koncepata i tehnologija terminala za ukapljeni prirodni plin govori tome u prilog. Mnoge države okreću se novim konceptima kao što su brodovi za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje, plutajući prihvatni terminali sa sustavom za uplinjavanje, gravitacijske prihvatne platforme sa sustavom za uplinjavanje, a sve kako bi se smanjili troškovi. U svijetu se svake godine povećava broj ovakvih terminala koji su prepoznati od strane država uvoznica plina kao jednostavniji i ekonomski prihvatljiviji način prihvata ukapljenog plina u odnosu na klasične glomazne terminale za prihvata prirodnog plina. Ovi terminali zauzimaju i manje prostora te imaju manji utjecaj na okoliš.

U diplomskom radu prikazani su podaci iz literature Plinacro- Exmar koji pokazuju da u Republici Hrvatskoj postoje svi uvjeti za primjenu tehnologije brodova za transport UPP-a sa sustavom za uplinjavanje, bilo to kroz podmorski ili kopneni priključak, zbog izuzetno povoljnih uvjeta u Riječkom zaljevu. Puštanjem u rad takvog priključka pružila bi se otvorena mogućnost dobave plina iz novih pravaca, što bi imalo pozitivan utjecaj na sigurnost opskrbe, kako domaće opskrbe plinom, tako i susjednih zemalja tranzitom plina kroz Hrvatsku. Takvim projektom osigurao bi se bolji geopolitički položaj Republike Hrvatske, te bi se povećala i diversifikacija dobavnih pravaca plina.

## POPIS LITERATURE:

### Knjige, zbornici radova i studije:

1. Karasalihović – Sedlar, D., 2011. Gospodarenje plinovima II: Interna skripta. Zagreb: Rudarsko–geološko–naftni fakultet.
2. Keenan, K., D., Akin Gump Strauss Hauer, 2002. Offshore LNG Creating a Broader Market Euromoney, International Oil & Gas Finance Review.
3. Lopac, A.A., 2009. Pregled napretka LNG industrije i trendova na globalnom LNG tržištu ( period od 2004 do 2008. godine ). U: Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog-stručnog skupa o naftnom gospodarstvu, Šibenik, 29.09.-01.10.2009. Zagreb: Naftaplin znanstveno stručno glasilo udruge naftnih inženjera i geologa, knjiga 61/11, str. 55-77.
4. Le Devehat, R., Loading and unloading arms, FMC Energy Systems. Liquefied natural gas. Paris, 11.06.-22.06.2007, str 1-28.
5. Maoec D., 2006. Cryogenic flexible hose for offshore LNG transfer. Flexible Unload. Rombaut. G., Paris, 11.06.-22.06.2007. Paris, 2007, str 1-15.
6. Perić, M., 2007. Englesko–hrvatski enciklopedijski riječnik istraživanja i proizvodnje nafte i plina. INA Industrija nafte d.d. Zagreb
7. Simon. K., Malnar M., Vrzić V., Pregled procesa ukapljivanja prirodnog plina. Zbornik radova rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Zagreb, 2009. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, vol.21., str. 93-101.
8. Studija Plinacro–Exmar., 2010. Zajednička studija o mogućnostima uvoza prirodnog plina korištenjem LNGRV tehnologije”. Zagreb, Plinacro
9. Thome, J., R., 2004-2010. Engineering data book III, Chapter 3; Single Phase Shell-side Flows and Heat transfers. Laussane: Wolverine Tube Inc.
10. Proštenik., D., Frančić G., 2011. Mogućnost primjene LNGRV tehnologije na plinskom transportnom sustavu. 26. međunarodni znanstveni skup stručnjaka za plin, Opatija, 04-05.05.2011. Zagreb: Plinacro
11. Rong-Tai, Moffat, Nichol., 2008. Engineering Consideration for Offshore FSRU LNG Receiving Terminals., Houston USA, Offshore Technology Conference, Houston, 05.-08.05.2008.

www. izvori:

1. 2005. NORSK OFFSHOREDAG 2005. Mossmaritime. URL:  
[http://www.stalforbund.com/Norsk\\_Offshoredag/LNG\\_Mottakterm\\_Moss\\_Maritime\\_offshoredag05.pdf](http://www.stalforbund.com/Norsk_Offshoredag/LNG_Mottakterm_Moss_Maritime_offshoredag05.pdf) (10.03.2011.)
2. Golrar,  
URL: <http://www.golarlng.com/media/FSRU.pdf> ( 18.05.2011.)
3. Exmar,  
URL: [www.exmar.be](http://www.exmar.be)
4. Exmar,  
URL: <http://www.aukevisser.nl/supermetanijers/gas/id534.htm> ( 10.03.2011.)
5. Eccelerate energy, 2004. Offshore Liquefied Natural Gas  
URL: <http://www.excelerateenergy.com/gulfgateway.html>
6. Larsen, B., Q. 2005. Marine transport of natural gas from Arctic and cold regions – LNG and CNG.  
URL: [www.hoegh.com/lng/.../00001/Hoegh\\_LNG- Intsok\\_2-3\\_1874a.pdf](http://www.hoegh.com/lng/.../00001/Hoegh_LNG-Intsok_2-3_1874a.pdf)
7. Lim. D., 2009. Presentation-LNG Express  
URL: [www.lngexpress.com/rs/presentations/DavidLim012406.pdf](http://www.lngexpress.com/rs/presentations/DavidLim012406.pdf)
8. Michot, foss M., 2007. Offshore LNG Receiving Terminals; A briefing paper from the Guide to Comercial Frameworks for LNG In North America  
URL: [www.beg.utexas.edu/energyecon/lng/.../CEE\\_offshore\\_LNG.pdf](http://www.beg.utexas.edu/energyecon/lng/.../CEE_offshore_LNG.pdf)
9. Mauriès, B. 2008. OFFSHORE LNG Diversifying LNG production options  
Kuala Lumpur  
URL:
10. Parkman M., 2008. Teesside GasPort  
Design and Construction of the world's first dockside high pressure gas offloading facility for Energy Bridge Regasification Vessels (EBRV)  
URL:  
<http://www.murphygroup.co.uk/uploads/documents/Teesside%20Gasport%20-%20page%20by%20page%20view.pdf>
11. Perry W., 2003. On Board Regasification for LNG ships. 22nd World Gas Conference, WS 3-2, Tokyo 2003.  
URL: [http://www.igu.org/html/wgc2003/WGC\\_pdffiles/WS3-2\\_Perry\\_slide.pdf](http://www.igu.org/html/wgc2003/WGC_pdffiles/WS3-2_Perry_slide.pdf)

IZJAVA:

Izjavljujem da sam ovaj rad samostalno napisao.

---