

# Metanol i IGF kodeks

---

**Ružić, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:657271>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**MATEO RUŽIĆ**

**METANOL I IGF KODEKS**

**ZAVRŠNI RAD**

RIJEKA, 2023

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**METANOL I IGF KODEKS  
METHANOL AND IGF CODE**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Goriva, maziva i voda

Mentor: Prof. dr.sc. Dean Bernečić

Komentor: Davor Lenac, dipl. ing.

Student: Mateo Ružić

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112080037

**Rijeka, 2023**

Student/studentica: Mateo Ružić

Studijski program: brodstrojarstvo

JMBAG: 0112080037

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom METANOL I IGF KODEKS izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Deana Bernečića, te komentorstvom prof. dipl. ing. Davora Lenca .

U radu sam primijenio metodologiju znanstveno-istraživačkog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezoao fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan sam s objavom završnog rada na službenim stranicama Fakulteta.

Student: Mateo Ružić



Student: Mateo Ružić

Studijski program: brodstrojarstvo

JMBAG: 0112080037

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student: Mateo Ružić



## **SAŽETAK**

Predmet ovog rada bio je metanol i IGF kodeks. Rad je strukturiran od 13 poglavlja, te sam se u istome bavio temama koje govore o samome metanolu, metanolu kao alternativnom gorivu, te IGF kodeksu koji je donesen od strane IMO-a kao potreba za određenim standardom sigurnosti. Sami počeci korištenja metanola sežu čak i do 40 godina unazad kad su se počele primjenjivati prve zakonske regulative što se tiče zaštite ekologije. Danas, zbog sve veće upotrebe i korištenja broskog prometa, razmatraju se alternativna goriva kao što su metanol, biodizel ... tj. goriva koja svojim izgaranjem mnogo manje zagađuju nego goriva koja se sad koriste. Zbog sve većega korištenja alternativnih goriva čija su svojstva uvelike drugačija od onih standardnih goriva, počinju se pojavljivati potrebe za određenim sigurnosnim standardima. U tu svrhu je donesen IGF kodeks koji zadaje određene norme koje brod u cjelini (posada i brod) mora poštivati kako bi koristio alternativno gorivo kao pogonsko gorivo.

Ključne riječi: metanol, IGF kodeks, brod

## **SUMMARY**

The subject of this paper work was methanol and the IGF codex. The work is structured from 13 chapters, and in the same I dealt with topics that talk about methanol itself, methanol as an alternative fuel, and the IGF code that was adopted by the IMO as a need for a certain safety standard. The very beginnings of using methanol go back 40 years, when the first legal regulations regarding environmental protection began to be applied. Today, due to the increasing use and use of ship traffic, alternative fuels such as methanol, biodiesel... actually fuels that are less polluting by their combustion than the fuels that are used now are being considered. Due to the increasing use of alternative fuels whose properties are very different from those of standard fuels, the need for certain safety standards is beginning to appear. For this purpose, the IGF code was adopted, which sets certain standards that the ship as a whole (crew and ship) must respect in order to use alternative fuel as a propellant.

Keywords: methanol, IGF code, ship

## Sadržaj







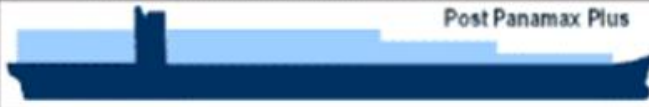

1. UVOD.....	1
2. ALTERNATIVNA GORIVA.....	2
2.1. Biodizel.....	3
2.2. Vodik.....	4
2.3. Alternativna goriva u budućnosti.....	5
2.4. Metanol kao alternativno gorivo.....	5
2.5. Dugotrajna prognoza za alternativna goriva u budućnosti.....	6
3. METANOL.....	7
3.1. Općenito.....	7
3.2. Svojstva.....	8
3.3. Pretpostavke i utjecaj korištenja metanola.....	9
3.4. Vrste metanola.....	9
3.5. Prednosti korištenja metanola u pomorskom prometu.....	10
3.6. Nedostaci korištenja metanola na brodovima.....	10
4. PROIZVODNJA METANOLA.....	11
4.1. Proizvodnja metanola iz uhvaćenog $CO_2$ .....	11
4.2. Obnovljivi metanol.....	12
4.3. Neki od postupaka proizvodnje.....	12
4.4. Proizvodnja metanola u svijetu.....	13
5. ZNAČAJKE GORIVA.....	14
5.1. Temperatura samozapaljenja.....	14
5.2. Temperatura stinjanja.....	14
5.3. Temperatura vrelišta.....	14
5.4. Cetanski / oktanski broj.....	15
5.5. Viskoznost.....	15
5.6. Ogrjevna moć.....	16
5.7. Gustoća.....	16
6. SKLADIŠTENJE I TRANSFER METANOLA NA BRODU.....	17
6.1. Skladištenje metanola na brodovima.....	17
6.2. Inertni plin.....	18
6.3. Transfer goriva.....	18
6.4. Dobava goriva na brodove.....	18
6.5. Korištenje metanola na brodovima.....	18
6.6. Svjetski proizvođači motora.....	19
6.7. Alfalaval.....	20

6.8. Wartsila .....	20
6.9. Auramarine sustav koji koristi metanol .....	21
7. STENA GERMANICA.....	22
8. METANOL KAO GORIVO BUDUĆNOSTI .....	23
9. IGF KODEKS.....	23
10. MEĐUNARODNI PROPISI SIGURNOSTI .....	24
10.1.Konvencija SOLAS 74.....	24
10.2. MARPOL 73/78 konvencija.....	25
10.3. STCW konvencija .....	25
11. MEĐUNARODNI KODEKS O SIGURNOSTI ZA BRODOVE KOJI KORISTE PLINOVE ILI DRUGA GORIVA S NISKIM PLAMIŠTEM (IGF KODEKS) .....	26
11.1. Svrha kodeksa.....	26
11.2. Cilj kodeksa.....	26
11.3. Sadržaj kodeksa .....	27
11.4. Zahtjevi IGF kodeksa (za posadu).....	28
12. UKRCAJ METANOLA NA BROD – SIGURNOSNE PROVJERE.....	29
12.1.Liste provjere i tijekom procesa ukrcaja metanola .....	29
13. ZAKLJUČAK .....	33
LITERATURA.....	34
POPIS SLIKA .....	35
POPIS TABLICA.....	36



## UVOD

U današnje vrijeme 90% svjetske trgovine se odvija pomorskim putem, stoga pomorski promet možemo smatrati jednim od najbitnijih, ako ne i najbitniji način prijevoza robe tj. razmjene dobara. Kako vrijeme odmiče, pojavljuje se sve više gospodarstva koja su u razvoju, te prijevoz robe postaje sve zahtjevniji i zahtjevniji tj. relacije od točke A do točke B su sve duže, dok brzina prijevoza postaje sve kraća, što rezultira većom potrošnjom energenata, a samim time i veći zagađivanjem atmosfere. Uz gore navedene uvjete, brodovi postaju sve veći što dodatno otežavanja poštivanje ekoloških zahtjeva.

(1956-1970)	 Converted Cargo Vessel	135 m	< 9 m	500
	 Converted Tanker	200 m	< 30 ft	800
(1970-1980)	 Cellular Containership	215 m	10 m 33 ft	1,000 – 2,500
(1980-1988)	 Panamax Class	250 m	11-12 m 36-40 ft	3,000
		290 m		4,000
(1988-2000)	 Post Panamax	275 – 305 m	11-13 m 36-43 ft	4,000 – 5,000
(2000-2005)	 Post Panamax Plus	335 m	13-14 m 43-46 ft	5,000 – 8,000
(2006-)	 New Panamax	397 m	15.5 m 50 ft	11,000 – 14,500

Slika 1: Prikaz promjene veličine brodova tokom godina [1]

Zbog prevelikog izgaranja fosilnih goriva, svjetska pomorska organizacija donosi sve strože zakone koji prisiljavaju brodare na primjenu alternativnih goriva. Upravo zbog odredbi IMO-a u prvom je planu smanjenje sumpornih i dušikovih oksida iz klasičnih brodskih goriva (teškog goriva i dizel goriva).

Kako bi brodovi mogli nesmetano ploviti i istovremeno zagađivati okoliš u manjoj količini, svjetska pomorska organizacija IMO je usvajanjem Priloga IV. Međunarodne konvencije o sprečavanju onečišćenja s brodova (MARPOL konvencija) poduzela mjere za smanjenje količine sumpornih i dušikovih oksida u gorivu (sa prijašnjih 3,5 % na 0,5%). Osim te konvencije, postoje još i neke odredbe tj., kodeksi koje se bave sprečavanjem zagađenja s brodova, koji jasno propisuju karakteristike brodskih pogona i njihovih goriva (IGC code, IGF code...)

S dolaskom novih zakona koji sve više i više postrožuju odredbe i zakone, brodari su prisiljeni koristiti alternativna goriva koja svojim izgaranjem znatno manje zagađuju atmosferu i podižu osviještenost ka ekologiji ali i prema sigurnosnim standardima na brodu.

Što se tiče izbora alternativnih goriva, izbor je velik, a jedan od njih je metanol koji ima širok spektar korištenja (npr. sirovina za proizvodnju octene kiseline, za neke polimerne i plastične smjese). Ipak, jedno od najbitnijih svojstava mu je to što gorenjem proizvodi manje štetne tvari za okoliš od naftnih derivata i to što se može koristiti kod motora gdje je potrebna velika snaga.

U ovom radu razraditi će se: način korištenja metanola, njegove prednosti i nedostaci u usporedbi s ostalim gorivima i neki od kodeksa koji dirigiraju današnji svijet pomorskog prijevoza.

## **ALTERNATIVNA GORIVA**

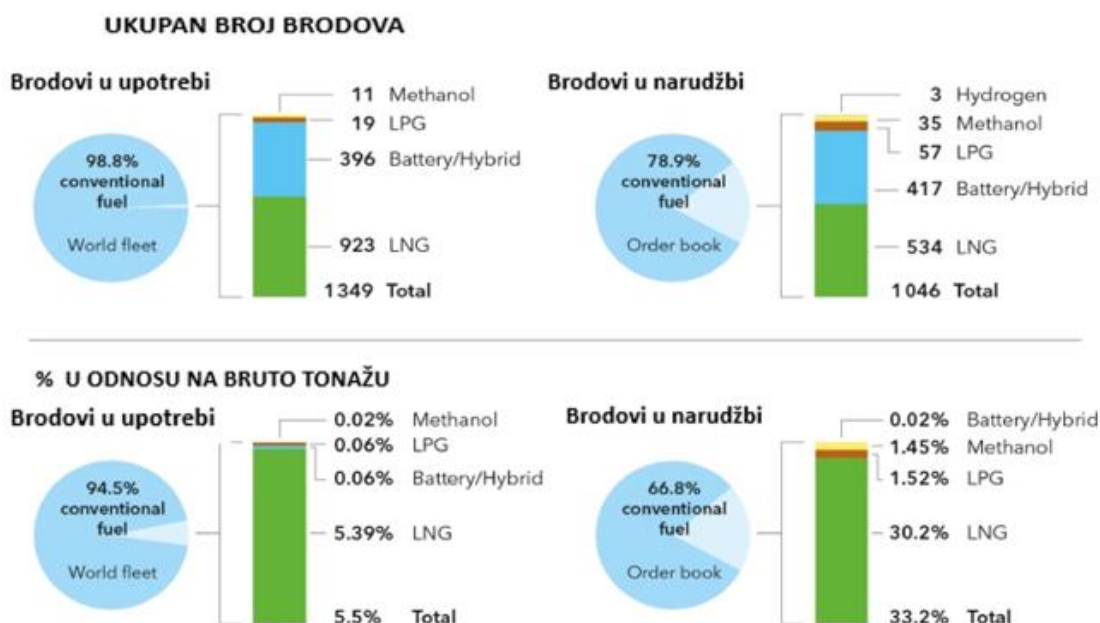
Pojam alternativna goriva je širok pojam u koji možemo svrstati veliki izbor produkata za stvaranje tj. pretvorbu energije. Najčešće se pod tim pojmom podrazumijevaju goriva koja su se počela ili će se početi upotrebljavati zbog nedostatka fosilnih goriva ili se pak koriste kao zamjena za fosilna goriva zbog njihove bolje iskoristivosti, a i samim time boljim karakteristikama (manje zagađenje nakon izgaranja, imaju veću ogrjevnu moć itd). Međutim, glavni cilj alternativnih goriva je pridonijeti dekarbonizaciji atmosfere (procesu smanjenja emisije ugljika u atmosferu, osobito ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>)).

Da bi se gorivo moglo smatrati alternativnim, ono mora zadovoljiti neke od kriterija, a to su:

- a) Pozitivan utjecaj na okoliš
- b) Nizak stupanj opasnosti pri manipulaciji
- c) Ekonomski uvjet (konkurentnost cijene naspram drugih goriva)
- d) Specifičnost pripreme smjese
- e) Mogućnost masovne proizvodnje

Postoji više vrsta alternativnih goriva koja zadovoljavaju gore navedene kriterije, a to su: biodizel, vodik, električna energija dobivena iz prirodnih izvora kao što su vjetar, voda ili sunčeva energija.

Zbog dostupnosti i kaloričnosti kod brodova se sve više primjenjuju etanol i metanol [26].



Slika 2: Udio upotrebe alternativnih goriva u svjetskoj floti prema broju brodova i bruto tonaži [2]

## 2.1. Biodizel

Biodizel je jedno od alternativnih goriva koji ima veliki potencijal korištenja u budućnosti.

Po kemijskom sastavu je monoalkalni ester nižih alkohola dobiven iz dugo lančanih masnih kiselina podrijetlom iz ulja ili masti životinjskog ili biljnog podrijetla. Kao i većina ostalih alternativnih goriva, u trenutnoj fazi razvoja tehnologije korištenja biodizel se većinom koristi

kao dodatak fosilnim gorivima, a najčešće su mješavine B100 što je zapravo čisti biodizel, B20 što je mješavina od 20% biodizela i 80% fosilnog dizela, B5 koji je sačinjen od 5% biodizela i 95% fosilnog dizela, te B2 koji ima udio od 2% biodizela i 98% fosilnog dizela. Biodizel se dobiva trans esterifikacijom (proces zamjene alkalne skupine vezane za atom kisika estera s alkalnom skupinom alkohola) estera s glicerolom slobodnih masnih kiselina [16].

Tablica 1.: Prikaz usporedbe dizela i biodizela [16]

<i>Svojstvo goriva</i>	<i>Dizel</i>	<i>Biodizel, Br. 1 – B</i>
Standardno gorivo	ASTM D975	ASTM D6751
Gornja ogrijevna moć, Btu/gal	-138,490	-127,960
Donja ogrijevna moć, Btu/gal	-129,488	-119,550
Kinematska viskoznost, 40 ° C (104 ° F)	1.3.-4.1	4.0-6.0
Gustoća lb/gal @ 15.5 ° C (60 ° F)	7.1	7.3
Ugljik, wt %	87	77
Vodik, wt %	13	12
Kisik, wt%	0	11
Sumpor, wt % (čestice prema milijunu [ppm])	0,0015 max. (15 ppm max.)	0.0-0.0015 (0-15 ppm)
Točka vrenja ° C (° F)	180-340 (336-664)	315-350 (599-662)
Točka zapaljenja ° C (° F)	60-80 (140-176)	100-170 (212-338)
Temperatura plamišta ° C (° F)	-35 do -5 (-31 do 41)	-3 do 15 (26 do 59)
Cetanski broj	40-55	47-65

## 2.2.Vodik

Kemijski element rednog broja 1 i atomske mase 1,00794. pri standardnom tlaku i temperaturi vodik je bez boje, mirisa i okusa, 14,4 puta je lakši od zraka te je slabo topljiv u polarnim, ali dobro u ne polarnim otapalima. Jedno je od alternativnih goriva čija upotreba isto tako kreće u polovici prošlog stoljeća, te se s razvitkom tehnologije sve više primjenjuje u svakodnevnom životu. Jedna od najbitnijih prednosti mu je ta što pri određenom tlaku i temperaturi ima veliku iskoristivost, a uz to može biti proizveden iz različitih sirovina, uključujući fosilna goriva, biomasu i vodu (elektrolizom vode).

Kod proizvodnje iz fosilnih goriva proces se naziva molekularna transformacija, pri kojoj se vodik dobiva reformiranjem prirodnog plina iz naftnih polja (visokotemperaturna vodena para odvaja ugljik od vodika koji čini prirodni plin).

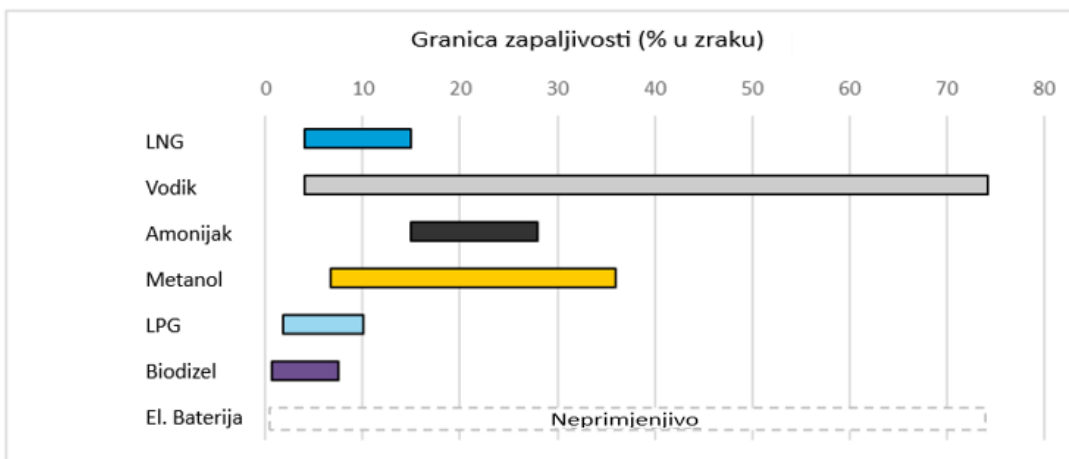
U proizvodnji gdje se koristi biomasa proces se naziva plinofikacija pri čemu ugljen ili biomasa u reaktoru izgaraju na vrlo visokim temperaturama te u tom procesu nastaju dihidrogen i ugljikov monoksid.

Kod elektrolize vode proizvodnja se vrši na način da se molekule vode djelovanjem kontinuirane električne struje koja je elektrodama povezana s vodom razbijaju na kisik i vodik.

Uzevši sve u obzir, vodik se isto pokazuje kao jedno od boljih mogućnosti što se tiče alternativnih goriva.

### 2.3. Alternativna goriva u budućnosti

Zbog sve većih ekoloških ograničenja u svijetu, korištenje alternativnih goriva u budućnosti je neizbježno. Iako je utjecaj na okoliš općenito pozitivan, postoje faktori koji negativno utječu na primjenu određenih goriva – npr. otežano skladištenje i transport zbog niske temperature plamišta kao i stupanj otrovnosti.



Slika 3: Granica zapaljivosti određenih alternativnih goriva [3]

### 2.4. Metanol kao alternativno gorivo

Zbog loše ekološke situacije širom svijeta, sve više i više se uvode ograničenja i odredbe koje ograničavaju korištenje fosilnih goriva. Iako se zakonske regulative u svijetu razlikuju, svi imaju zajednički cilj – maksimalno smanjiti emisiju ispušnih plinova. Upravo zbog toga alternativna goriva sve više stupaju na snagu te je njihova veća primjena u budućnosti neizbježna. Jedno od njih je i metanol, koji je tema ovog rada.

Neke od prednosti metanola su:

1. Količina ugljikovog vodika koji nastaje njegovim izgaranjem puno je manja nego kod drugih goriva, pa je samim time smanjen štetni utjecaj na okoliš
2. Proizvodnja metanola iz „uhvaćenog CO<sub>2</sub>“
3. Široka primjena korištenja (pogodan je za sve motore kojima je potrebna velika snaga)

Tablica 2.: Prikaz zapaljivosti i otrovnosti alternativnih goriva [3]

GORIVO	TEMPERATURA PLAMIŠTA °C	TEMPERATURA SAMOZAPALJENJA °C	GRANICE ZAPALJIVOSTI %	OTROVNOST
LNG	-188	537	4-15	Nije otrovno
VODIK	Nije definirano	500	4-74.2	Nije otrovno
AMONIЈAK	132	630	15-28	Vrlo otrovno
METANOL	11-12	470	6.7-36	Otrovno
LPG	-104	410-580	1.8-10.1	Nije otrovno
BIODIZEL	>61	204	0.6-7.5	Nije otrovno
ELEKTRIČNA BATERIЈA	Nije definirano	Nije definirano	Nije definirano	Nije definirano

## 2.5. Dugotrajna prognoza za alternativna goriva u budućnosti

Gledajući dugoročno, vrlo je teško odrediti koje će se alternativno gorivo najviše koristiti u budućnosti, a jedan od razloga je taj što tehnologija još nije u potpunosti razvijena za niti jedno od njih. Ipak, jedno je sigurno – cilj je maksimalno reducirati upotrebu fosilnih goriva.

Električna vozila s gorivim ćelijama (FCV) predstavljaju snažan potencijal za drastično smanjenje emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa, ali te su tehnologije još daleko od toga da se osiguraju sigurni i ekološki prihvatljivi sustavi.

Što se pak tiče sistema koji koriste metanol, još su nedovoljno razvijeni i te su za masovnu proizvodnju prilično skupi. Napretkom tehnologije i oni postaju sve pristupačniji pa bi u bliskoj budućnosti mogli predstavljati vrlo dobar kompromis između očuvanja prirode i ekonomske isplativosti.

Uzevši sve u obzir, fosilna goriva neće (barem ne u bliskoj budućnosti) nestati iz upotrebe, ali će se njihova upotreba smanjiti.

### 3. METANOL

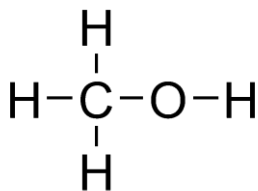
#### 3.1. Općenito

Metanol je važna sastavnica globalne ekonomije kojoj se industrija razvija iz dana u dan te je isto tako jedna od najdinamičnijih grana.

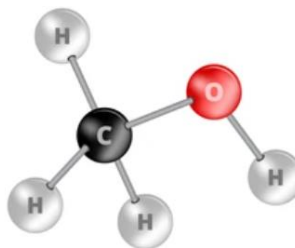
Jedna od mnogobrojnih prednosti metanola tj. metilnog alkohola je ta što se može proizvesti iz mnogobrojnih izvora tj. sirovina. Naime, za njegovu proizvodnju može biti korištena većina stvari koja se smatra otpadom kao npr.: komunalni otpad, drvo (cjelina ili pak ostaci) te biomase, što znači da je sirovina za proizvodnju maksimalno dostupna. Kako tehnologija napreduje nazire se mogućnost dobivanja metanola iz ugljikovog dioksida, što će, ukoliko se realizira, otvoriti brojne mogućnosti za široku primjenu u svijetu i time uvelike smanjiti zagađenje okoliša.

Isto tako, još jedan od razloga njegova sve većeg i većeg korištenja je taj što se on može upotrebljavati kao sirovina za proizvodnju benzina po postupku Fischer-Tropschove sinteze, a uz taj postupak može se još upotrebljavati u MTO postupku (Methanol to Olefins) gdje se koristi kao sirovina za proizvodnju etilena i propilena.

Uglavnom, ekonomija metanola se nazire kao ekonomija koja će u značajnoj mjeri prestići sve ostale, te u kojoj će metanol zamijeniti fosilna goriva, razna goriva za razna vozila i ostale mnogobrojne procese gdje izgaranje goriva (tj. pretvorba energije) onečišćuje atmosferu i ozonski omotač.



Slika 4: Sastav metanola [4]



Slika 5: Izgled molekule metanola [5]

### 3.2. SVOJSTVA

Metanol tj. metilni alkohol molekularne formule  $CH_3OH$ , je bezbojna i lako hlapljiva tekućina koja ima slatkasti oštri miris, sličan etanolu ali blaži. Otrovan je i kod ljudi može lako uzrokovati ozbiljna oštećenja. Smatra se najjednostavnijim u grupi alkoholnih tvari, miješa se s vodom u bilo kojem omjeru a pare su zapaljive.

Čisti metanol važan je materijal u kemijskoj sintezi. Njegovi derivati se koriste u velikim količinama za izgradnju velikog broja spojeva kao sintetička bojila, smole, lijekovi i parfemi. Velike količine se pretvaraju u dimetilanilin za boje i u formaldehid za sintetičke smole. Također se koristi u automobilskim antifrizima, u raketnim gorivima i kao opće otapalo. Metanol je također visoko oktansko gorivo čistog izgaranja koje je u automobilskoj industriji potencijalna zamjena za benzin. Isto tako, metanol je vrlo jak otrov koji se nalazi u praktički svakom alkoholnom piću, a u prevelikim količinama može uzrokovati ozbiljna oštećenja i smrt [17].

Tablica 3.: Tablica svojstva metanola

Svojstva	Vrijednosti
Kemijska formula	$CH_3OH$
Energija (MJ/L)	15.7
Gustoća ( $kg/m^3$ )	798
Molarna masa (g/mol)	32.042
Vrelište (°C)- na 1 bar	64.7
Kritična temperatura (°C)	239.4
Kritični tlak (bar)	80.48
Temperatura plamišta (°C)	12
Temperatura samozapaljenja (°C)	450
Cetanski broj	<5
Oktanski broj	109
Područje zapaljivosti u suhome zraku (%)	6-36.5



### 3.3. PRETPOSTAVKE I UTJECAJ KORIŠTENJA METANOLA

Metanol je svojim svojstvima pogodan za mnoge primjene. Uz to što je dobar prema okolišu, njegova je najveća prednost što će smanjiti svjetsku ovisnost o fosilnim gorivima. Uz to, način proizvodnje i korištenja neće se puno mijenjati, pa će trenutna infrastruktura potrebna za metanol biti, uz manje izmjene i prilagodbe, pogodna i za buduće generacije.

Korištenje metanola ima, što zbog same proizvodnje iz otpadaka, što zbog načina njegovog izgaranja, velik je i pozitivan utjecaj na okoliš. Naime, za razliku od ostalih goriva metanol izgaranjem ne stvara nusprodukte kao što su sulfurov oksid, ugljikov dioksid te vodikov oksid. Smatra da će se s vremenom emisije određenih plinova smanjiti za :

1.  $CO_2$  za 7%
2.  $SO_x$  za 99 %
3.  $NO_x$  za 60%

Iako pozitivan prema okolišu, zbog svoje je otrovnosti zahtjevan je za rukovođenje budući da u dodiru s ljudskom kožom može dovesti do ozbiljnijih ozljeda, a kod težih slučajeva i do smrti [18].

### 3.4. VRSTE METANOLA

Generalno, metanol je sam po sebi gorivo koje veoma malo zagađuje, ali ga dijelimo na više vrsta koje ovisno o proizvodnji i načinu korištenja svrstavamo u nekoliko kategorija:

- a.) Smeđi metanol - jedan od „najgorih“ vrsta metanola što se tiče količine zagađenja prilikom izgaranja. Ovaj metanol dobiven je iz ugljena i ima najvišu stopu zagađenja od ostalih metanola
- b.) Sivi metanol - Proizveden iz prirodnog plina, te naspram smeđeg metanola zagađuje u manjoj mjeri
- c.) Plavi metanol - Metanol dobiven kombinacijom plavog hidrogena i ugljika, te naspram prijašnja dva metanola ima puno veću učinkovitost kod očuvanja prirode
- d.) Zeleni metanol ili bio-metanol proizveden iz bio mase je najučinkovitiji metanol zbog proizvodnje od otpadaka ili nusprodukata, što ga samog po sebi čini ekološkim prihvatljivim, te nakon izgaranja ima najnižu emisiju zagađenja okoliša [19].

### **3.5. PREDNOSTI KORIŠTENJA METANOLA U POMORSKOM PROMETU**

Uspoređujući zahtjeve i današnje mogućnosti (dozvoljena količina zagađenja, isplativosti prelaska na metanol...) dolazimo do zaključka kako će se pomorski promet sve više usmjeravati ka korištenju metanola (ili drugih alternativnih goriva), a primarni razlozi su:

1. Metanol nastaje proizvodnim procesom „power-to-X“ u kojemu se koriste obnovljivi izvori energije. Naime, uz elektrolizu vode dobiva se vodik, koji se zatim u kombinaciji dušika i CO<sub>2</sub> dobivenog iz atmosfere (ili iz industrije), u procesu katalize pretvara u metanol, metan, amonijak i druge kemijske elemente
2. Ukoliko uspoređujemo s drugim održivim gorivima energetska naboj je velik, te se zbog tekućeg stanja lako prevozi i naposljetku skladišti
3. Jedna od prednosti proizvodnje u budućnosti je ta što će se postojeća infrastruktura uz sitne preinake moći i dalje koristiti
4. Ukoliko se u motor kao gorivo ubacuje čisti metanol, njegovo gorenje može biti klimatski neutralno, sa značajnom redukcijom dušikovog oksida
5. Tankovi metanola nemaju fiksno mjesto na brodu, već se mogu fleksibilno rasporediti u brodicu ili u velikim brodovima, a isto tako zahtijevaju dosta manje sigurnosne mjere u usporedbi s amonijakom i vodikom.
6. Osim sigurnosnog aspekta prednost tankova metanola je ta da je njegova cijena pristupačna

Zbog svih navedenih prednosti uvelike ga se razmatra kao alternativno gorivo namijenjeno upotrebi na brodovima, ponajviše zbog toga što ispunjava mnoge uvjete koji se u današnjem svijetu pomorskog prometa nameću brodarima [20].

### **3.6. NEDOSTACI KORIŠTENJA METANOLA NA BRODOVIMA**

Nažalost primjena metanola ima i nedostataka koji trenutno ograničavaju njegovu punu upotrebu. Prvi je taj što je isparivost tek na višim temperaturama pa je otežan sam start tj. pokretanje motora, i može rezultirati poteškoćama u radu motora dok je hladan. Osim ovog problema, dodatno otežava činjenica da u odnosu na benzin ima upola nižu gustoću energije (i po masi i po volumenu), te korozivno djeluje na određene materijale kao što su cink, mangan i

aluminij. Uz navedeno, vrlo je otrovan, što kod ljudi može čak uzrokovati smrt zbog paralize dišnih organa.

Još jedna otegotna okolnost za korištenje metanola na brodovima je ta što dolazi do potrebe za drugačijim sigurnosnim standardima nego kod brodova koji koriste fosilna goriva. Na primjer, propisuje se da brod mora imati dupli tank goriva (od kojih jedan mora bit na palubi), u odnosu na dizel. U tu svrhu donesen je IGF kodeks koji jasno propisuje sve sigurnosne standarde koje brod treba imati ukoliko kao pogonsko gorivo koristi alternativno gorivo.



Slika 6: Prikaz izgleda broda koji koristi metanol [6]

## 4. PROIZVODNJA METANOLA

### 4.1. Proizvodnja metanola iz uhvaćenog CO<sub>2</sub>

Iako se može proizvesti na mnogobrojne načine, jedan od najboljih i najisplativijih (što ekološki, što ekonomski) jest upravo proizvodnja metanola iz uhvaćenog CO<sub>2</sub>. Postoji nekoliko kritičnih pitanja povezanih s proizvodnjom metanola iz CO<sub>2</sub> koji se trebaju još jasno definirati. Ova pitanja se odnose na:

1. Dugoročna dostupnost CO<sub>2</sub> kao osnovnog materijala za proizvodnju velikih količina goriva
2. Učinkovitost različitih dostupnih tehnologija (npr. hvatanje ugljika iz elektrana i industrijskih dimnih plinova)
3. Energetska bilanca procesa pretvorbe potrebnih za pretvaranje CO<sub>2</sub> u gorivo, budući da je trenutno potrebno dodati električnu energiju, idealno iz izvora bez CO<sub>2</sub>, kako bi se proizveo vodik neophodan za proizvodnju metanola.

4. Troškovi (uključujući prilagodbu motora i infrastrukture) i emisije povezane s punjenjem različitih vrsta pogonskih sklopova metanolom (ICE, hibridnih ili gorivih ćelija).

#### **4.2. Obnovljivi metanol**

Obnovljivi metanol je tekuća kemikalija s niskim udjelom ugljika i neto ugljično neutralna tekuća kemikalija i gorivo proizvedeno iz održive biomase, koja se često naziva bio-metanol.

Glavna prednost ove vrste metanola je upravo ta što se može dobiti iz nusprodukata izgaranja određenih tvari te mu se na taj način uvelike povećava iskoristivost, posebno iz razloga što je dobiven iz otpada. Jedan od takvih primjera je istraživanje znanstvenika sa Stanford sveučilišta gdje je otkriveno kako se iz katalizatora od nikal-galija vodik i CO<sub>2</sub> pretvaraju u metanol s manje nusproizvoda nego konvencionalni katalizatori.

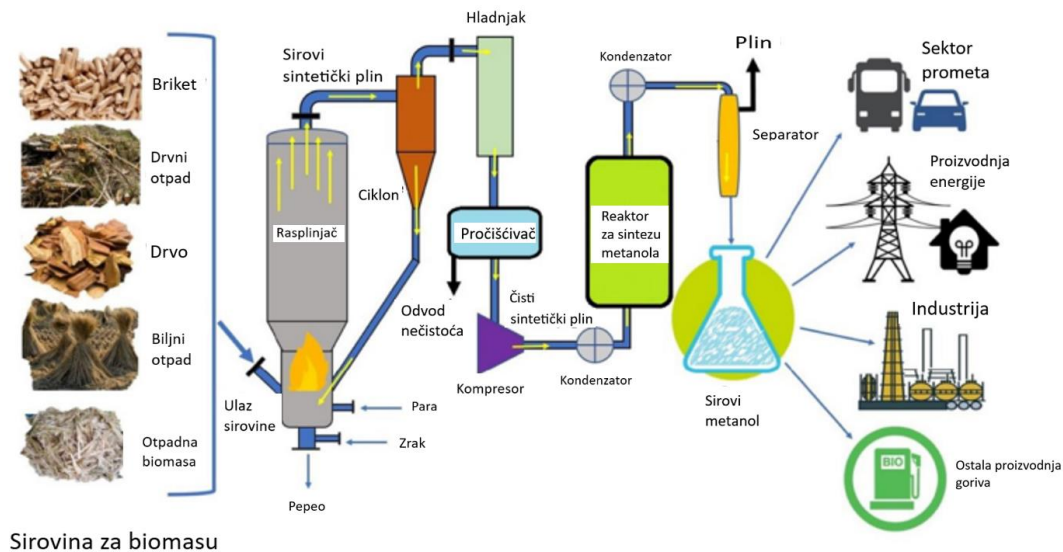
Uspoređujući ga s konvencionalnim gorivima, obnovljivi metanol smanjuje emisije ugljičnog dioksida čak do 95 %, smanjuje emisiju dušikovog oksida do 80 %, te potpuno uklanja emisiju sumpornog oksida.

#### **4.3. Neki od postupaka proizvodnje**

Jedna od prednosti metanola je to što ga se može proizvesti na više načina, od kojih je najznačajniji iskorištavanje otpadaka ili korištenje supstanci koje nastaju izgaranjem određenih tvari.

Među prvim postupcima dobivanja metanola je destilacija suhog drva u kojem se osim metilnog alkohola dobilo još nusprodukata koji se mogu koristiti za druge svrhe (1-6% metil alkohola, 4-10% octene kiseline, 0,1-0,5% acetona i manje količine metil acetata, te još velik broj drugih organskih spojeva).

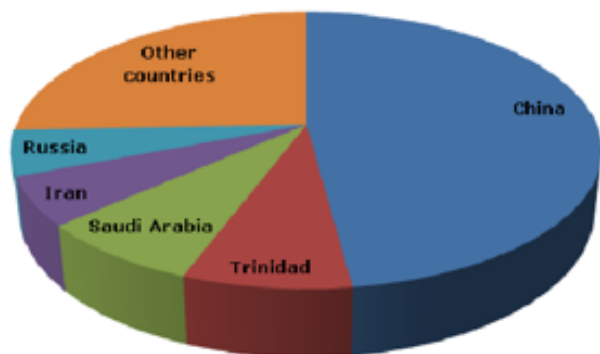
Napretkom tehnologije došli smo do najučinkovitijeg načina a to je niskotlačni postupak u kojem se pri tlaku od 50 do 100 bara i temperature od 250 stupnjeva, uz katalizator na osnovi bakra, korištenjem prirodnog plina dobiva sintetski plin, ostacima prerade nafte ili pak rasplinjavanjem ugljena. Uz navedeno, postoji još metoda u kojoj metanol nastaje raspadanjem biomase [7].



Slika 7: Prikaz nekih od načina proizvodnje metanola [7]

#### 4.4. Proizvodnja metanola u svijetu

Zbog njegovog lakog načina proizvodnje a isto tako i velike isplativosti, nerijetko gdje je razvijena industrija proizvodnje metanola. Iako obuhvaća cijeli svijet, među najjačim zemljama po pitanju proizvodnje metanola je Kina. Uz nju se još ubrajaju Azija, Sjeverna i Južna Amerika, Europa, Afrika i Bliski istok. Postoji preko 90 tvornica čiji je kapacitet proizvodnje preko 110 milijuna metričkih tona. Na dnevnoj bazi se u svijetu prema procjenama potroši oko 200 000 tona metanola, što kao sirovina ili pak kao gorivo za prijevoz, pa globalna industrija metanola generira oko 55 milijardi dolara ekonomske vrijednosti istovremeno zapošljavajući preko 90000 radnika [8].



Slika 8.: Količina proizvodnje metanola u svijetu [8]

## **5. ZNAČAJKE GORIVA**

Kako bi se u potpunosti odredila kvaliteta metanola kao goriva treba ga usporediti s drugim gorivima, a to možemo odrediti preko njegovih značajki pod kojima se podrazumijevaju [16]:

- Temperatura samozapaljenja
- Temperatura vrelišta
- Temperatura stinjanja
- Oktanski broj
- Viskoznost
- Gornja i donja ogrjevna moć
- Gustoća

### **5.1. Temperatura samozapaljenja**

Temperatura samozapaljenja goriva je najniža temperatura na kojoj se gorivo zapali uz prisutnost zraka i pri odsutnosti izvora paljenja, kao što su iskra ili plamen, dakle da gorivo započne ili uzrokuje samoodrživo izgaranje.

Pri povišenim tlakovima, temperatura samozapaljenja opada.

Temperatura samozapaljenja goriva važna je karakteristika goriva jer označava upotrebljivost goriva u motoru [16].

### **5.2. Temperatura stinjanja**

Temperatura stinjanja ili stinište je temperatura pri kojoj gorivo gubi sposobnost tečenja.

Na temperaturi ispod temperature stiništa, gorivo se ne može pretakati pumpanjem ni sisanjem [16].

### **5.3. Temperatura vrelišta**

Temperatura vrelišta ili vrelište je temperatura na kojoj neka tvar prelazi iz tekućeg u plinovito agregatno stanje.

Vrelište tekućine je na temperaturi pri kojoj tlak pare tekućine dostigne vrijednost tlaka okoline. Standardno vrelište je pri tlaku okoline od 101 325 Pa [16].

#### **5.4. Cetanski / oktanski broj**

Cetanski broj se očituje u sposobnosti goriva da se ubrizgavanjem u komprimirani zrak u cilindru zapali bez pojave detonacije.

Cetanski broj dizelskog goriva može se povećati dodatkom spojeva koji su lako zapaljivi, na primjer: tetralin, etilnitrat, amilnitrat.

Kao što su za Otto – motore povoljniji visoki oktanski brojevi goriva, tako su za dizelske motore povoljniji visoki cetanski brojevi.

Oktanski broj naznačuje koliko benzin može podnijeti kompresije prije nego li dođe do eksplozije i određuje se uspoređivanjem detonacije ispitivanog benzina s detonacijom koja nastaje izgaranjem smjese.

Za dizelske motor povoljniji su visoki cetanski brojevi, dok su za Otto povoljniji visoki oktanski brojevi.

Što je bolja zapaljivost goriva, kašnjenje je paljenja manje, a cetanski broj veći.

Pri prevelikom zakašnjenju paljenja goriva u cilindru motora nakupe se veće količine isparenoga goriva u prostoru izgaranja, koje onda najednom detonacijski izgara. Što se gorivo lakše i brže zapali, biti će kraće zakašnjenje paljenja, a time se smanjuje mogućnost pojave detonacije u prostoru izgaranja [16].

#### **5.5. Viskoznost**

Viskoznost je svojstvo tekućina i plinova, a odnosi se na veličinu unutarnjeg trenja između čestica i drugih među molekularnih sila. Viskoznost dijelimo na:

- Dinamičku viskoznost
- Kinematsku viskoznost
- Relativnu viskoznost

Viskoznost metanola je uvelike manja nego kod dizel goriva [16]

## 5.6. Ogrjevna moć

Ogrjevna moć predstavlja količinu topline koja se oslobađa izgaranjem jedinice mase goriva, a sadržana je u plinovima izgaranja.

Postoje gornja i donja ogrjevna moć goriva. Gornja ogrjevna moć veća je za toplinu koju vodena para iz plinova izgaranja kondenzacijom predaje okolini i nije korisna za toplinski proces.

Razlika između donje i gornje ogrjevnice moći ovisi o udjelu vlage u gorivu ( $w$ ) i vodika u gorivu ( $h$ ), a iznosi po jedinici mase vodene pare 2,5 MJ/kg, i predstavlja toplinu isparavanja vode pri okolnom tlaku:  $H_d = H_g - 2,5 W \left[ \frac{MJ}{kg} \right]$

Donja ogrjevna moć krutih i tekućih goriva izračunava se prema jednadžbi:

$$H_d = 33,9 * c + 117,2 * h - 14,06 * o + 10,4 * s - 2,5 * W \left[ \frac{MJ}{kg} \right] \text{ [16].}$$

## 5.7. Gustoća

Gustoća tekućih goriva se dijeli na laka ( $\rho = 716$  do  $755 \text{ kg/m}^3$ ) i teška ( $\rho = 755$  do  $1037 \text{ kg/m}^3$ ). Kod tekućih i plinovitih goriva koristi se pojam relativna gustoća ( $\rho_r$ ).

Za tekuća goriva te plinovita goriva u tekućem stanju relativna gustoća predstavlja odnos gustoće tog goriva i gustoće vode pri istim uvjetima, a za plinovita goriva u plinovitom stanju odnos gustoće tog goriva i gustoće zraka pri normalnim uvjetima [16].

Tablica 4. Prikaz značajki određenih alternativnih goriva

Goriva	Gustoća $\text{kg/m}^3$	Ogrjevna moć $\text{MJ/kg}$	Viskoznost $\eta$	Cetanski broj	Temperatura vrelišta $^{\circ}\text{C}$	Temperatura stinjavanja $^{\circ}\text{C}$	Temperatura samozapaljenja $^{\circ}\text{C}$
METANOL	792	22.7	Pri $25^{\circ}\text{C}$ - 0,544	<5	64.7	-97.6	464
ETANOL	789	29.7	Pri $20^{\circ}\text{C}$ - 0,11	5-8	78.37	-117,3	455
BIODIZEL	883	37.8	----	46-52	-40	-12	>160
VODIK	899	141.80	----	-----	-252.9	-259.2	585



## **6. SKLADIŠTENJE I TRANSFER METANOLA NA BRODU**

### **OPĆENITO**

Korištenje metanola kao pogonskog goriva na brodu za sobom donosi neke probleme koje standardna fosilna goriva nisu imala, a najveći je kako se odnositi s gorivima koji imaju veoma nisku temperaturu plamišta (12°C metanol).

Upravo zbog toga za goriva s niskom temperaturom plamišta jasno se definiraju određene stavke koje se tiču sigurnosti broda, a zakoni koji se donose pokrivaju brod u cijelosti, od samog dizajniranja broda, gradnje pa do načina korištenja i postupanja na brodu koji koristi metanol kao pogonsko gorivo.

Na brodovima na kojima se koriste etanol ili metanol kao pogonsko gorivo jasno je definirana svaka stavka - od lokacije tankova i svih prostora cjevovoda, prostora pumpi, ulaza u te prostore, pa isto tako sve do prostora koji služe za nadzor i kontrolu tog sustava [27].

### **6.1. SKLADIŠTENJE METANOLA NA BRODOVIMA**

Što se tiče tankova na brodu, za razliku od tankova za standardna fosilna goriva, tankovi za goriva sa niskom temperaturom plamišta zahtijevaju nešto kompliciraniju izvedbu. Isto tako, kao i tankovi za standardna goriva, moraju imati određeni broj ventila i sustav ventilacije koji će omogućavati njegovo prozračivanje. P/V ventili, odzračni ventili iz tankova te njegova ventilacija moraju biti postavljeni tako da ni u kojem trenutku ne predstavljaju opasnost od ulaska u druge sustave ventilacije i dovođenja sigurnosti u pitanje. Na svim brodovima osim tankera, tankovi moraju biti okruženi suhim tankom, te imati dovoljno kapaciteta za opskrbljivanje generatora i glavnog motora najmanje 8 sati.

Kod brodova s otvorenom palubom veoma je važno da tankovi budu konstruirani tako da su otporni na mehanička oštećenja, a uz to moraju biti spojeni određenom vrstom spojnicama kako bi se onemogućilo bilo kakvo pomicanje.

Budući da se takvi tankovi nalaze na otvorenoj palubi, zahtjevi što se tiče ventila su vrlo strogi. Na primjer, njihovi odzračni ventili moraju biti postavljeni minimalno 3 metra iznad palube i minimalno 10 metara od bilo kakvog ventila za ulaz zraka u brod, a sigurnosni P/V ventili moraju biti minimalno 1,5 metara iznad palube [27].

## **6.2. INERTNI PLIN**

Prvo i osnovno pravilo kod tankova koji imaju u sebi goriva s niskom temperaturom plamišta je to da svaki tank (bez obzira na veličinu) mora biti inertiran. Kako bi se spriječila mogućnost povrata isparivačkih plinova, linija dovoda na sebi treba imati ugrađena, osim nepovratnog ventila, dva brzo-zatvarajuća koji će biti u potpunosti automatizirani. Isto tako svaki tank mora imati alarm za preveliku količinu kisika koji će se aktivirati ukoliko razina kisika pređe 5 %. Inertni plin mora, osim tankova, pokrivati i kompletan sustav cjevovoda [27].

## **6.3. TRANSFER GORIVA**

Sustav cjevovoda za prebacivanje i dobavu goriva mora na sebi imati jasno vidljive oznake za svrhu koju služi, a uz to mora se nalaziti do 800 mm od unutrašnje oplata broda, te mora biti vidljivo odvojen od ostalih sustava cjevovoda. Još jedna od opasnosti koja se pojavljuje kod prebacivanja goriva je statički elektricitet, te zbog toga bilo kakva mogućnost slobodnog pada goriva mora biti svedena na minimum [27].

## **6.4. DOBAVA GORIVA NA BRODOVE**

Stanica za dobavu goriva na brodu treba biti tako pozicionirana da joj je omogućeno prirodno prozračivanje, a što se tiče njene kontrole, kontrolna stanica treba biti na poziciji gdje se tijekom dobave goriva može sigurno nadzirati.

Što se tiče cijevi za dobavu goriva, svaka treba biti obložena duplom stijenkom, te mora imati mogućnost inertiranja, a uz to njihovi spojevi moraju biti fleksibilni zbog samog uvijanja i savijanja broda. Cijevi isto tako moraju biti samo-drenažne [27].

## **6.5. KORIŠTENJE METANOLA NA BRODOVIMA**

Uz potrebe smanjenja zagađenja okoliša i napretkom tehnologije, metanol se sve više upotrebljava kao gorivo za pogon brodskih motora, i to u dvije opcije: kao samostalno pogonsko gorivo ili kao dodatak trenutnom gorivu koje upotrebljava motor.

Upravo zbog širokog spektra korištenja i jednostavnosti sistema te mogućnosti upotrebe na već postojećim sistemima uz sitne preinake, omiljeno je alternativno gorivo kod mnogih kompanija, neovisno o kojem se tipu broda radi.

Glavna kompanija koja predvodi sve veće korištenje metanola je Maersk koji je naručio flotu od 6 kontejnerskih brodova koji mogu ploviti na zeleni metanol. Osim Maerska, korištenje metanola potencira i Costa Group koji je potpisao memorandum s Promanom- vodećim svjetskim proizvođačem metanola u svrhu poticanja korištenja metanola kao goriva u industriji krstarenja.

Upravo zbog sve većeg odabira kompanija metanola kao alternativnog goriva, proizvođači motora su počeli razvijati sve naprednije i efikasnije sustave koji koriste metanol.

Jedna od vodećih firmi koja je osmislila cijeli sistem trenutno je Aura Marine. Sustav je osmišljen od samog početka (ukrcaja) pa sve do dodatnog iskorištenja produkata koji nastaju izgaranjem metanola [27].



Slika 9: Brod koji je pogonjen metanolom [9]

## 6.6. SVJETSKI PROIZVOĐAČI MOTORA

Zbog sve veće isplativosti korištenja metanola, sve više brodara zahtjeva da se na njihove brodove (nove ili polovne) ugrađuju sustavi tj. motori koji mogu raditi na više vrsta goriva tj. „dual-fuel motori“. Vodeći svjetski proizvođači motora su se počeli prilagođavati i toj vrsti tržišta pa samim time postoji već nekoliko vrsta modela tih motora. Iako još u razvoju, već su u samome startu pokazali veću iskoristivost i bolji rad u odnosu na standardne motore s fosilna goriva.

## 6.7. Alfalaval

Jedan od svjetskih proizvođača sustava koji koriste metanol je Alfalaval kojemu je u cilju spustiti količinu CO<sub>2</sub> za čak 95% .

Njihov najpoznatiji sustav dobave je „Alfa Laval FCM METHANOL“ koji u sebi ima potpunosti automatiziran način rada i dobave goriva motoru [10].



Slika 10: Jedan od sustava koji omogućuju korištenje metanola [10]

## 6.8. Wartsila

Wartsila je finski proizvođač koji je uz Alfalaval vodeći na svjetskom tržištu. U ponudi ima široki izbor motora, propulzijskih sustava, hibridne tehnologije i pogonskih sustava koji su među najkonkurentnijima u svijetu, i samim time imaju veliki utjecaj na dekarbonizaciju atmosfere. Wartsila ima više od 50 godina iskustva pravljenja sistema koji koriste metanol kao pogonsko gorivo, pa su i samim time svoj sistem (Wartsila 32) ugradili na prvi trgovački brod koji je zaplovio na metanol- Stena Germanica [11].



Slika 11 : Motor imena Wartsila 32 Methanol [11]

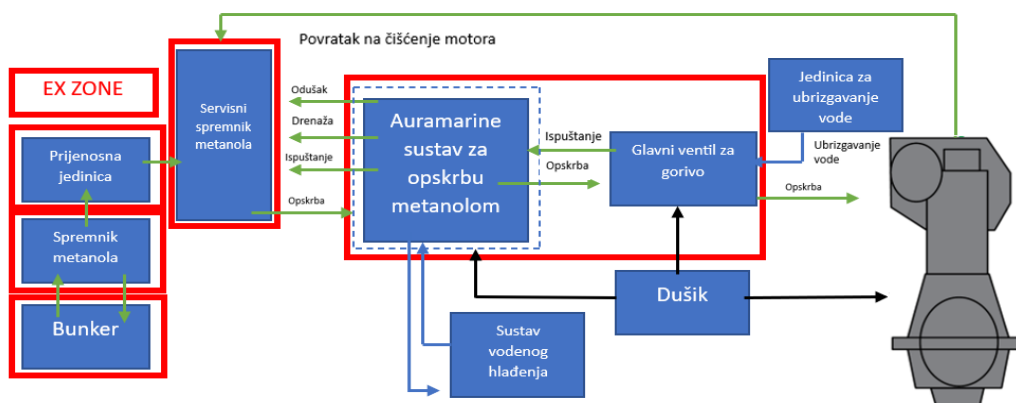
## 6.9. AURAMARINE SUSTAV KOJI KORISTI METANOL

Sustav Auramaine sastoji se od servisnog tanka iz kojeg preko upravljačkog ventila koji regulira količinu, tlak i temperaturu fluida koji ulazi u prostor za izgaranje regulira dobavu metanola. To su dva bazna elementa što se tiče dobave metanola u motor, ali uz to su popraćeni i popratnim sustavima (filtracije, rashladnog sustava...). Kombinacija svi tih sustava dovodi do stvaranja cjeline koja ostvaruje neke funkcije, a to su:

- Dobava goriva potrošaču
- Kontrola potrošnje goriva
- Kontrola tlaka
- Kontrola temperature
- Filtracija
- Sigurnosne stavke (odzračni ventili, senzori kontrole propuštanja)
- Sustav automatske drenaže
- Razvod ventila za gorivo i ubrizgavanje vode dostupni su kao opcija
- Kod nekih sustava se može koristiti i kombinacija s vodom zbog stvaranja većeg kompresijskog omjera

Osim ekologije, sigurnost je jedna od glavnih stavki koja utječe na izgled brodskih sistema današnjice, a treba je podići na višu razinu ponajviše zbog otrovnosti metanola.

Automatizacijom i jednostavnošću cijelog sustava, sigurnosni standard je podignut na visoku razinu, osobito stoga što nema potrebe za direktnim dodirima sa metanolom [12].



Slika 12: Prikaz sistema gdje se metanol koristi kao pogonsko gorivo [12]

## 7. STENA GERMANICA

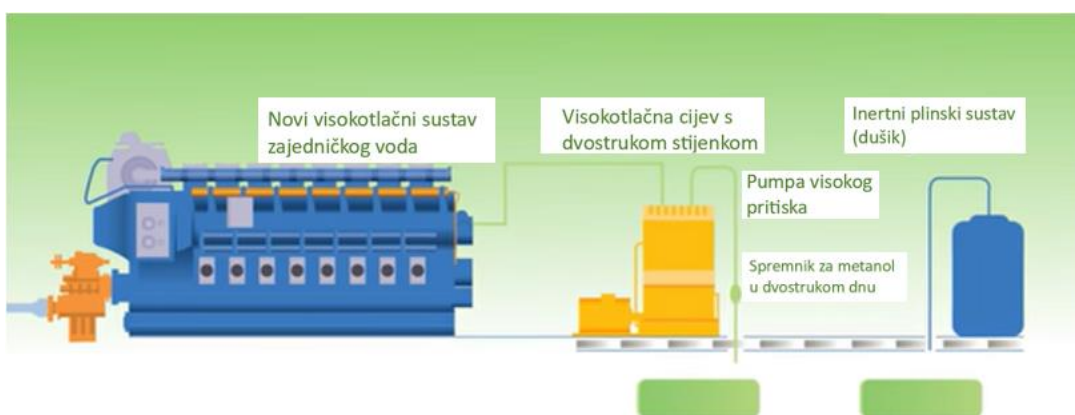
Stena Germanica prvi je komercijalni brod na svijetu koji koristi metanol kao glavno pogonsko gorivo. Duljine 241 metar, težine 51.837 tona i kapaciteta 1300 putnika i nakon 7 godina službe kao prvi brod na koji je ugrađen sistem koji koristi metanol (a koje su prošle bez ikakvog problema), ispunio je sve standarde očekivanja te s time otvorio potpuno novo tržište korištenja metanola kao pogonskog goriva.

2015. godine na njemu je ugrađen dual-fuel sistem od Wartsile što znači da je brod sposoban ploviti i na metanol i na dizel. Sustav metanola sastavljen je od komo rail sistema koji koristi visoko tlačnu pumpu i cijevi sa duplom stijenkom kao sigurnosni element od visokog tlaka.

Produkti izgaranja su u većinskom dijelu vodena para i ugljični dioksid, što znači da uvelike manje zagađuje od standardnih fosilnih goriva, a isto tako se smatra da se količina sulfora smanjila za 90 %, a nitrogena za 60% [13].



Slika 13: Prvi brod kojemu je ugrađen samostalan sustav metanola [13]



Slika 14: Prikaz sustava Stena Germanice [13]

## **8. METANOL KAO GORIVO BUDUĆNOSTI**

Iako još u razvitku, tehnologija korištenja metanola se svakim danom sve više primjenjuje u svakom segmentu. Kao i sve, i korištenje metanola ima u korištenju svoje prednosti i mane.

Prednosti korištenja:

1. Spreman za globalnu opskrbu, od kojih će 80% biti putem brodova
2. Nakon izgaranja razlaže se na vodu i ima sposobnost brzog bio razgrađivanja
3. Smanjuje NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> i ostale čestice koje nastaju izgaranjem, u usporedbi s tradicionalnim brodskim gorivima
4. Mogućnost proizvodnje bez ugljika koristeći obnovljivu energiju
5. Jednostavan za spremanje i rukovođenje na brodu

Nedostaci korištenja:

1. Pretvaranje plovila koja plove na standardnim fosilnim gorivima u plovila koja koriste metanol zahtjeva otprilike dvostruki kapacitet spremnika goriva u usporedbi s dizelom
2. Rizik kod rukovođenja zbog visokog stupnja otrovnosti i niske temperature plamišta

Sve u svemu, činjenica je da će u budućnosti doći do potpunog izbacivanja fosilnih goriva iz korištenja i zamijeniti će ih alternativna. Iako je teško predvidjeti koje će od alternativnih goriva zavladati, metanol je svakako jedna od najboljih opcija što zbog načina proizvodnje, što zbog dostupnosti, što zbog nusprodukata izgaranja.

## **9. IGF KODEKS**

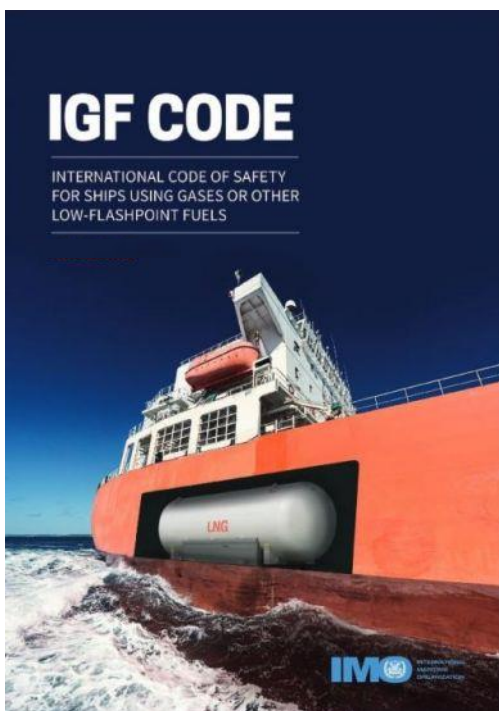
### **Uvod**

S potrebom za sve većom količinom razmjene dobara širom svijeta i jačanje svjetske brodske ekonomije, dolazi do zahtjeva za sve većim i jačim brodovima. Nažalost, kao i svaka stvar to nosi za sobom neke negativne posljedice, a jedna od glavnih je ta što se povećava količina zagađenja okoliša, te isto tako se dovodi u pitanje dostupnost standardnih izvora energije za poriv broda u budućnosti.

Sukladno tim problemima, brodari i brodske kompanije se sve više okreću alternativnim gorivima koji, uz to što imaju manju emisiju ispušnih plinova, isto tako imaju i puno veću iskoristivost nego goriva koja su se koristila do sada. Prihvatanjem i poštivanjem određenih normi (standarda / kodova / klauzula) za količinu zagađenja sa brodova, brodari i brodske

kompanije dobivaju neke beneficije koje nemaju ostali brodovi, a ključne su za opstanak posla.

Jedan od takvih kodeksa je upravo IGF kodeks koji regulira način korištenja i postupanja s alternativnim gorivima koji imaju nisku temperaturu plamišta, a sve u svrhu postizanja visokog sigurnosnog standarda [21].



Slika 15.: Naslovna strana IGF kodeksa [14]

## **10. MEĐUNARODNI PROPISI SIGURNOSTI**

### **10.1 SOLAS 74**

Jedna od važnijih konvencija je Solas konvencija koja je donesena 1974 godine, zbog čega i nosi ime SOLAS 74. To je konvencija koja se odnosi na pitanje sigurnosnih standarda života na moru, tj. određuje minimalne sigurnosne standarde u opremanju broda, same izgradnje i načina rada trgovačkih brodova.

SOLAS konvencija predstavlja međunarodni ugovor o utvrđivanju sposobnosti pomorskih brodova za plovidbu u međunarodnom prometu radi zaštite putnika, posade i drugih osoba na brodu. Od studenog 2018. SOLAS 1974. imao je 164 države ugovornice, koje označavaju oko 99% trgovačkih brodova u svijetu u smislu bruto tonaže. SOLAS se smatra kao jedan od



ugovora koji imaju najveću važnost što se tiče sigurnosnih standarda trgovačkih brodova [22].

### **10.2. MARPOL 73/78**

To je konvencija koja govori o zagađenju mora te je uspostavljena u Londonu 1973. godine pod vodstvom IMO-a (International Maritime Organisation) Međunarodne pomorske organizacije koja prihvaća:

- MARPOL konvencija je konvencija koja predstavlja najtočniji međunarodni spis o sprečavanju zagađenja i onečišćenja mora i morskog okoliša prouzročenog namjernim ili slučajnim ispuštanjem ulja i drugih štetnih tvari s broda [23].

U konvencijama se nalazi 6 priloga, a to su :

Prilog I – Pravila o sprečavanju onečišćenja uljem

Prilog II – Pravila o sprečavanju onečišćenja štetnim tekućim tvarima koje se prevoze u trupu

Prilog III – Pravila o sprečavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku

Prilog IV – Pravila o sprečavanju onečišćenja fekalijama

Prilog V – Pravila o sprečavanju onečišćenja otpacima

Prilog VI – Pravila o sprečavanju onečišćenja zraka s brodova

### **10.3. STCW konvencija**

STCW (engl. The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) je konvencija koja je održana 1978.godine te u prijevodu govori standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžbi i držanju straže pomoraca. STCW je usvojen 1978. godine na konferenciji u Međunarodnoj pomorskoj organizaciji (IMO) u Londonu, a stupio je na snagu 1984. godine. Konvencija koja je održana 1978. godine bila je prva koja je uspostavila minimalne sigurnosne temeljne zahtjeve što se tiče zaštite pomoraca, njihovu certifikaciju i osposobljavanje [24].

## **11. IGF KODEKS- MEĐUNARODNI KODEKS O SIGURNOSTI ZA BRODOVE KOJI KORISTE PLINOVE ILI DRUGA GORIVA S NISKOM PLAMIŠTEM**

Kodeks IGF je međunarodni kodeks o sigurnosti brodova koji koriste plinove ili goriva s niskom točkom plamišta. IGF je usvojen od strane Odbora za pomorsku sigurnost (MSC) na svojoj 95.-toj sjednici u lipnju 2015., kako bi osigurao određeni međunarodni standard za sigurnost za brodove koji koriste gorivo s niskom temperaturom plamišta, osim brodova obuhvaćenih Kodeksom IGC. Kodeks IGF je obavezan u skladu s izmjenama poglavlja II -1, II -2 i dodatka aneksu Međunarodne konvencije o sigurnosti na moru (SOLAS), 1974, koju je MSC usvojio na istoj sjednici, te je rezolucijom MSC392 stupio na snagu 1. siječnja 2017.

Nakon što se kodeks usvojio, to je označilo je vrhunac više od 10 godina rada nekoliko tijela IMO-a, počevši od odobrenja MSC78 (svibanj 2004.) radne stavke „Razvoj odredbi za brodove na plin”. Nakon što je MSC86 (lipanj 2009.) usvojio Privremene smjernice o sigurnosti za instalacije motora kod prirodnog plina na brodovima, MSC 87 odobrio je da se počinje raditi na poboljšanju i jasnom definiranju pravila i odredbi za brodove koji koriste gorivo čija je temperatura plamišta niska.

### **11.1. Svrha kodeksa**

Svrha IGF kodeksa je ta da uspostavi sigurnosne standarde za brodove koji prevoze ukapljene plinove sa niskom temperaturom plamišta. Njime je pokriven svaki element broda kao cjeline. Kroz njega su se osigurali obavezni kriteriji za način izgradnje i ugrađivanje strojeva, sustava i opreme sustava za plovila koja rade s plinovima ili tekućinama s niskim plamištem, kako bi se smanjio rizik za okoliš, brod i njegovu posadu. U procesu uspostavljanja kodeksa, utvrđeno da treba biti baziran na čvrstim načelima - kako pomorskim, tako i arhitektonskim i inženjerskim te da mu baza treba biti najbolje moguće razumijevanje struke u smislu iskustva, podataka sa terena ali i dosadašnjih istraživanja.

### **11.2. Cilj**

Cilj Kodeksa je osigurati sigurnosni standard za brod, članove posade i za strojeve koji se koriste na brodu, bili oni pomoćni ili glavni. Ti kriteriji se odnose na pouzdanost, sigurnost i

način rada tih strojeva, sve u svrhu toga kako bi postigli istu razinu sigurnosti rada kao strojevi koji koriste standardna fosilna goriva.

### **11.3. Sadržaj**

Sadržaj Međunarodnog kodeksa sigurnosti za brodove koji koriste plinove ili druga goriva s niskim plamištem (IGF kod) je [25]:

Dio A

1. Preambula
2. Općenito
3. Ciljevi i funkcionalni zahtjevi
4. Opći zahtjevi

Dio A 1

-Posebni zahtjevi za brodove koji koriste prirodni plin kao gorivo

1. Dizajn i raspored na brodu
2. Sustav zadržavanja goriva (brodski tankovi)
3. Materijal i opći dizajn
4. Ukrcaj (Punjenje)
5. Opskrba potrošača gorivom
6. Proizvodnja energije, uključujući pogon i druge potrošače plina
7. Sigurnost od požara
8. Sprječavanje eksplozije
9. Ventilacija
10. Električne instalacije
11. Sustavi upravljanja, nadzora i sigurnosti
12. Dodatak – Novel Configuration

Dio B-1

- Proizvodnja, izrada i ispitivanje

Dio C-1

- Vježbe i vježbe za hitne slučajeve 19 – Rad – Prilog LNG - dostavnica o bunkeru

Dio D

- Osposobljavanje

#### **11.4. ZAHTJEVI IGF KODEKSA (za posadu)**

Međunarodnom konvencijom Međunarodne pomorske organizacije o standardima osposobljavanja, izdavanja svjedodžbi i straži za pomorce iz 1978.(izmjenom STCW konvencije) regulira se izdavanje svjedodžbi i osposobljavanje pomoraca na međunarodnoj razini. Izmjenom STCW konvencije 2015. godine donesena su pravila i odredbe u pogledu kvalifikacije i osposobljavanja pomoraca za rad na brodovima koji koriste plinove ili goriva s niskom temperaturom plamišta tj. koji su pokriveni IGF kodeksom. Godine 2016. donesene su izmjene Konvencije STCW u pogledu osposobljavanja i kvalifikacija pomoraca koji služe na putničkim brodovima i brodovima koji plovo polarnim vodama.

Pravilnik o osposobljavanju i izdavanju svjedodžba o osposobljenosti pomorca, jasno definira kako je, ukoliko se taj pomorac ukrcava na brod pokriven IGF-om, potrebno imati Svjedodžbu o dopunskoj osposobljenosti. Ukoliko je taj uvjet zadovoljen pomorcu se povjeravaju sigurnosne dužnosti glede korištenja, brige ili postupanja u slučaju nužde ili havarije. Svjedodžba će se izdat pomorcu koji:

- položi ispit za stjecanje takve svjedodžbe sukladno programu iz Priloga C51A Pravilnika o zvanjima i svjedodžbama o osposobljenosti pomoraca.
- je završio posebnu izobrazbu iz Priloga D50A Pravilnika o zvanjima i svjedodžbama o osposobljenosti pomoraca,

Članovi posade koji posjeduju Svjedodžbu o osposobljenosti za časnika odgovornog za sigurnosnu zaštitu broda ili Svjedodžbu o osposobljenosti za časnika odgovornog za sigurnosnu zaštitu broda (STCW VI/5), nisu dužni ispuniti taj uvjet. Valjanost svjedodžbe ističe nakon 5 godina od izdavanja. Osobe koje su izravno odgovorne za brigu o sustavu goriva, njihovom korištenju, pa i samom gorivu(koji su pokriveni IGF-om) moraju imati Svjedodžbu o dopunskoj osposobljenosti- IGF Kodeks upravljačka razina (STCW V/3).

Svjedodžba će se izdati pomorcu ukoliko:

- posjeduje svjedodžbu
- je položen ispit za stjecanje takve svjedodžbe
- je završena posebnu izobrazbu
- ima najmanje jedan mjesec plovidbene službe koja uključuje najmanje tri ukrcaja goriva na brodove koji prevoze terete na koje se primjenjuje IGF Kodeks ili je sudjelovao u provedbi najmanje tri prekrcaja goriva na tankerima za ukapljene plinove
- ima najmanje tri mjeseca plovidbene službe u posljednjih pet godina na brodovima na koje se primjenjuje IGF Kodeks ili tankerima koji kao teret prevoze goriva na koja se primjenjuje IGF Kodeks ili brodovima koji kao gorivo koriste plinove ili goriva sa niskom točkom zapaljivosti.

## **12. UKRCAJ METANOLA NA BROD – SIGURNOSNE PROVJERE**

Industrija ukrcaja goriva na brodove sve više radi na prilagodbi ukrcaja alternativnih goriva i pripremi infrastrukture iz razloga što vlasnici brodova ubrzavaju tempo usvajanja metanola kao broskog goriva. Što se tiče samog ukrcaja, postoje 3 načina dobave, a to su terminal(kopno), kamion te teglenica. Metanol se na brodu može skladištiti na dva načina, a to je u fiksne tankove koji su sastavni dio broda, te u prijenosne spremnike koji se mogu pomoću dizalica na brodu ukrcavati s kopna. Zbog svoje niske temperature plamišta, ukrcaj metanola je nešto kompliciranije izvedbe nego ukrcaj standardnih fosilnih goriva. Upravo zbog toga, kontrolne liste za ukrcaj metanola (i ostalih alternativnih goriva) sadrže neke dodatne zahtjeve što se tiče ukrcaja goriva na brod, sve u svrhu povećanja sigurnosti i sprječavanja nastanka havarija.

Postupak osiguranja ukrcaja metanola na brodove sastoji se od nekoliko etapa pa su tako liste provjere podijeljene u više dijelova, a to su:

1. Lista provjere - priprema za utovar
2. Lista provjere – spremno za utovar
3. Utovar
4. Provjera sigurnosti utovara + provjera ispravnosti utovara

### **12.1.LISTE PROVJERE I TIJEK PROCESA UKRCAJA METANOLA**

Kontrolne liste [15]:

**1. Priprema utovara – kontrolne liste**

- a. Priprema za utovar
- b. Spreman za utovar
- c. Punjenje spremnika

**2. Ukrcaj prijenosnog spremnika brodom– kontrolne liste**

- a. Priprema za utovar
- b. Spreman za utovar
- c. Punjenje spremnika

**3. Teglenica, kamion, dobava sa kopna (dio kontrolnog popisa 1,5,6 i 7)**

- a. Sigurnost ukrcaja + kontrolni popis za dovršetak utovara

**4. Opskrba iz prijenosnih spremnika i brod – prijenosni spremnik (dio kontrolnog popisa 2 i 8)**

- a. Sigurnost ukrcaja + popis za dovršetak utovara (prijenosni spremnici).

**5. Opskrba s teglenice – kontrolne liste**

- a. Priprema za isporuku (općenito)
- b. Priprema za isporuku + brod + spreman za isporuku na brod
- c. Dostava utovara

**6. Opskrba s kopna – kontrolne liste**

- a. Priprema za isporuku (općenito)
- b. Priprema za isporuku + brod + spreman za isporuku na brod
- c. Dostava utovara

**7. Opskrba s kamiona – kontrolne liste**

- a. Priprema za isporuku (općenito)
- b. Priprema za isporuku na brod + spreman za isporuku na brod

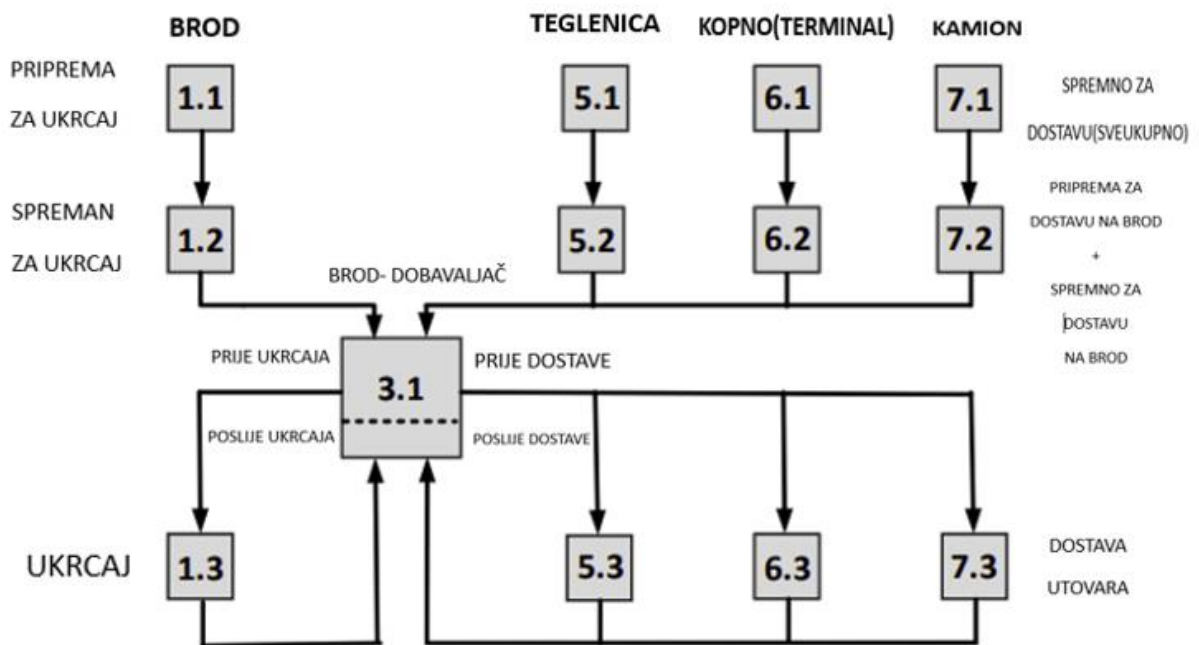
c. Dostava utovara

**8. Opskrba prijenosne cisterne za kamion – paket s popisom za provjeru**

a. Priprema za isporuku prijenosnog spremnika (općenito)

d. Priprema za isporuku prijenosnog spremnika na brod + spreman za isporuku prijenosnog spremnika na brod

b. Dostava prijenosnog spremnika



Slika16: Shematski prikaz lista provjera [15]

Tablica 5. Primjer liste provjere – Brod spreman za ukrcaj [15]

<b>Brod</b>	
Ime:	
Zastava:	
IMO No.:	
<b>Metanol - ukrcaj</b>	
Luka ukrcaja:	
Mjesto / Vez:	
Datum:	

Dobavljač:	
Kategorija naručenog:	
Naručeno Količina (m <sup>3</sup> ):	
Način dostave:	Teglenica / Kamion / Terminal

Brod – Spreman za utovar- kontrolna lista		Ovlaštena osoba	
		Odgovor	Opaske
.1	Potvrda da nije bilo promjena u odnosu na prethodno utvrđene kontrolne liste priprema za utovar	DA / NE	
.2	Brod –privezište sigurno	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.3	Brod – obalni bokobrani adekvatno raspoređeni	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.4	Brod –osiguran pristup obali	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.5	Brod –privezište teglenice sigurno	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.6	Brod – obalni bokobrani za teglenicu adekvatno raspoređeni	DA / NE / NIJE	
.7	Brod –pristup teglenice osiguran	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.8	Sigurnost lokacije utovara	Opasno	DA / NE
		Bezopasno	DA / NE
		Sigurno	DA / NE
.9	Zabrana radova s otvorenim plamenom u skladu sa procedurama utovara	DA / NE	
.10	Ugašena nezaštićena električna / elektronska oprema sukladno procedurama utovara	DA / NE	
.11	Sigurnosna vrata i otvori su osigurani u skladu sa procedurama za utovar	DA / NE	
.12	Rasvjeta i ventilacija u funkciji sukladno odredbi	DA / NE	
.13	spremnici za punjenje: utvrđen status napunjenosti u usporedbi sa planom utovara uz potvrdu adekvatnog kapaciteta punjenja	DA / NE	
.14	spojevi razdjelnika postavljeni prema oznakama sa pravilno zatvorenim stop ventilima	DA / NE	
.15	Ventili na crijevima za utovar zatvoreni	DA / NE	
.16	Ako se koristi: brodske dizalice spremne za korištenje	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.17	Ako se koristi: uređaj za obradu pare spreman za upotrebu prema potrebi	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.18	Ako se koristi : priključak sustava za opskrbu parom	DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.19	Ako se koristi se: generator inertnog plina spreman na upotrebu	DA / NE	
.20	Kontrola ispuštanja	Čepovi za drenažu na mjestu	DA / NE



		Filteri čisti i spremni	DA / NE	
		Drenažni ventil otvoren	DA / NE	
		Razina tanka otpadnih voda prihvatljiva	DA / NE	
		Uklonjen otpadni materijal	DA / NE	
.21	Fiksna oprema za gašenje spremna i provjerena	pjena	DA / NE	
		mlaznice	DA / NE	
.22	Prijenosna oprema za gašenje požara dostupna		DA / NE	
.23	Sigurnosna oprema provjerena i spremna za koristiti	Tuševi	DA / NE	
		Stanice za ispiranje očiju	DA / NE	
.24	Osoblje za utovar: svaki osoba opremljena sigurnosnom opremom		DA / NE	
.25	Osoblje za utovar: svaka sa uređajem za detekciju isparavanje metanola		DA / NE	
.26	Provjereni uređaji za komunikaciju među osobljem		DA / NE	
.27	Ako je primjenjivo: simultana provedba procedura u tijeku		DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.28	Ako je primjenjivo: postupci u skladu sa lokalnim odredbama / zahtjevima		DA / NE / NIJE PRIMJENJIVO	
.29	Otklonjene bilo koje negativno označene stavke kontrolnog popisa		DA / NE	

### 13. ZAKLJUČAK

Kako tehnologija napreduje, a zahtjevi za očuvanjem ekologije sve su stroži, sve više se na brodove ugrađuju sustavi za alternativna goriva, od pomoćnih uređaja pa do glavnog motora. Motori za sada dolaze najčešće u izvedbi dual-fuel motora iz razloga što tehnologija još uvijek nije toliko uznapredovala da se s metanolom može postići dovoljno velika iskoristivost i učinkovitost ( u usporedbi s benzinom, dizelom ili etanolom volumetrijski sadržaj je podosta manji). Sve većim korištenjem alternativnih goriva čije su karakteristike drugačije od standardnih fosilnih goriva, dolazi do potrebe za novim sigurnosnim standardima, te je upravo iz tog razloga donesen IGF kodeks. Jasno nam definira sve što se tiče broda na kojemu se koristi gorivo čija je temperatura plamišta niska(od same izgradnje, načina upravljanja brodom pa čak i potrebnoj razini obučenosti posade), sve u svrhu sprječavanja bilo kakve vrste havarije .

Upravo iz tih razloga brod i posada moraju poštivati temeljne sigurnosne standarde kako bi se spriječile havarije u materijalnom smislu, ali i ono najbitnije - kako bi se sačuvali ljudski životi.

## LITERATURA

- [1] <https://www.container-transportation.com/container-ships.html>
- [2] <https://www.dnv.com/maritime/hub/decarbonize-shipping/fuels/bridging-fuels.html>
- [3] [https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2019/09/SEA-LNG-DNV-GL-Comparison-of-Alternative-Marine-Fuels-2019\\_09.pdf](https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2019/09/SEA-LNG-DNV-GL-Comparison-of-Alternative-Marine-Fuels-2019_09.pdf)
- [4] [https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBiMj59rnK8OAUzkt-PH\\_FFx-UNTmg:1689793256207&q=methanol&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjZrZ62upuAAxVqi\\_0HHSxwAngQ0pQJegQICxAB&biw=1920&bih=969&dpr=1#imgrc=Zol3WVikxFuMLM](https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBiMj59rnK8OAUzkt-PH_FFx-UNTmg:1689793256207&q=methanol&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjZrZ62upuAAxVqi_0HHSxwAngQ0pQJegQICxAB&biw=1920&bih=969&dpr=1#imgrc=Zol3WVikxFuMLM)
- [5] [https://www.google.com/search?q=methanol+molecule+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj-o\\_q2upuAAxUD4AIHHX\\_jAusQ2-cCegQIABAA&oq=methanol+molecule+&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQyBwgAEBgQgAQyBwgAEBgQgAQyBwgAEBgQgAQ6BwgAEIoFEEM6BggAEAUQHICICFi-HWCIIGgAcAB4AIAB4AiIAfMTkgELOC4zLjAuMS43LTGYAQCgAQGqAQQnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=6TK4ZL6LK4PAi-gP\\_8aL2A4&bih=969&biw=1920#imgrc=dz6jtMOAWnNMeM](https://www.google.com/search?q=methanol+molecule+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj-o_q2upuAAxUD4AIHHX_jAusQ2-cCegQIABAA&oq=methanol+molecule+&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQyBwgAEBgQgAQyBwgAEBgQgAQyBwgAEBgQgAQ6BwgAEIoFEEM6BggAEAUQHICICFi-HWCIIGgAcAB4AIAB4AiIAfMTkgELOC4zLjAuMS43LTGYAQCgAQGqAQQnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=6TK4ZL6LK4PAi-gP_8aL2A4&bih=969&biw=1920#imgrc=dz6jtMOAWnNMeM)
- [6] <https://www.methanol.org/marine-fuel/>
- [7] [https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBjH2tfueleDDDH0g-6ziGUU\\_jcl2A:1689793460505&q=methanol+production&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwih6NOXu5uAAxU5CBAIHRRIDq4Q0pQJegQICxAB&biw=1920&bih=969&dpr=1#imgrc=NjPGrN3GvGbrM](https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBjH2tfueleDDDH0g-6ziGUU_jcl2A:1689793460505&q=methanol+production&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwih6NOXu5uAAxU5CBAIHRRIDq4Q0pQJegQICxAB&biw=1920&bih=969&dpr=1#imgrc=NjPGrN3GvGbrM) <https://mcgroup.co.uk/news/20140207/methanol-consumption-touched-lose-63-mln-tonnes-mark.html>
- [8] <https://www.offshore-energy.biz/methanol-is-key-solution-for-shipping-decarbonisation/>
- [9] <https://www.alfalaval.com/products/process-solutions/fuel-conditioning-solutions/fuel-conditioning-modules/fcm-methanol/>
- [10] <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/wartsila-32-methanol-engine>
- [11] <https://www.auramarine.com/solutions-for-methanol-operation/>
- [12] <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/stena-line-reveals-order-for-two-methanol-dual-fuelled-vessels-76097>

[13]

<https://www.itfglobal.org/sites/default/files/node/resources/files/ITF%20booklet%20on%20IGF%20Code.pdf>

[4] [https://www.methanol.org/wp-](https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/Methanol_Bunkering_Ship_Bunker>Loading_Consolidated_Checlist_Pack.pdf)

[content/uploads/2020/04/Methanol Bunkering Ship Bunker Loading Consolidated Checlist Pack.pdf](https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/Methanol_Bunkering_Ship_Bunker>Loading_Consolidated_Checlist_Pack.pdf)

[15]

<https://www.unirepository.svkri.uniri.hr/islandora/object/pfri%3A3087/datastream/PDF/view>

[16] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=40381>

[17] <https://www.wartsila.com/insights/article/methanol-fuel-for-thought-in-our-deep-dive-q-a>

[18] <https://marine-offshore.bureauveritas.com/inside-look-methanol-fuel>

[19] <https://www.more.hr/blog/snazni-brodski-motori-na-metanol/>

[20] <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/igf-code.aspx>

[21] [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

[22] [https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

[23] <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/STCW-Convention.aspx>

[24] <https://repozitorij.unidu.hr/islandora/object/unidu%3A1030/datastream/PDF/view>

[25] [http://e-](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf)

[student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija u prometu/Materijali/Nastavni materijal alternativna goriva.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf)

[26]

<https://static1.squarespace.com/static/5f0d42f16639a745affd633e/t/5ff5d082add77853459846ec/1609945229408/DNVGL-RU-SHIP-Pt6Ch2.pdf>

## **POPIS SLIKA**

Slika 1: Prikaz promjene veličine brodova tokom godina [1]

Slika 2: Udio upotrebe alternativnih goriva u svjetskoj floti prema broju brodova i bruto tonaži [2]

Slika 3: Granica zapaljivosti određenih alternativnih goriva [3]

- Slika 4: Sastav metanola [4]
- Slika 5: Izgled molekule metanola [5]
- Slika 6: Prikaz izgleda broda koji koristi metanol [6]
- Slika 7 : Prikaz nekih od načina proizvodnje metanola [7]
- Slika 8: Količina proizvodnje metanola u svijetu [8]
- Slika 9: Brod koji je pogonjen metanolom [9]
- Slika 10: Jedan od sustava koji omogućuju korištenje metanola [10]
- Slika 11: Motor na metanol imena Wartsila 32 [11]
- Slika 12: Prikaz sistema gdje se metanol koristi kao pogonsko gorivo [12]
- Slika 13: Prvi brod kojemu je ugrađen samostalan sustav metanola [13]
- Slika 14: Prikaz sustava Stena Germanice [13]
- Slika 15: Naslovna strana IGF kodeksa [14]
- Slika 16: Shematski prikaz lista provjera [15]

## **POPIS TABLICA**

- Tablica 1.: Prikaz usporedbe dizela i biodizela [16]
- Tablica 2.: Prikaz zapaljivosti i otrovnosti alternativnih goriva [3]
- Tablica 3: Tablica svojstva metanola
- Tablica 4.: Prikaz značajki određenih alternativnih goriva
- Tablica 5. : Primjer liste provjere – Brod spreman za ukrcaj [15]