

# Globalna politika emisije CO2 i zahtjevi u pomorskom prometu

---

**Jović, Josip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:661572>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-30**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel - Brodostrojarški odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij brodostrojarstva i tehnologije pomorskog prometa  
(jednopedmetni - izvanredni)



**Josip Jović**

**Globalna politika emisije CO<sub>2</sub> i zahtjevi u  
pomorskom prometu**

**Završni rad**

Zadar, 2017.

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel - Brodostrojarški odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij brodostrojarstva i tehnologije pomorskog prometa  
(jednopedmetni – izvanredni)

## Globalna politika emisije CO<sub>2</sub> i zahtjevi u pomorskom prometu

Završni rad

Student:

Josip Jović

Mentorica:

Doc. dr. sc. Claudia Kruschel

Zadar, 2017.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Josip Jović**, ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Globalna politika emisije CO2 i zahtjevi u pomorskom prometu** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 21. ožujak 2017.

Sadržaj:

1. UVOD .....	5
2. ABSTRACT.....	6
3. EMISIJE UGLJIČNOG DIOKSIDA (CO <sub>2</sub> ).....	9
3.1. Staklenički plinovi.....	9
3.1.1 Koji plinovi su staklenički plinovi.....	10
3.1.2 Emisije stakleničkih plinova, glavni izvori.....	11
3.1.2.1 Ugljični dioksid.....	11
3.1.2.2 Metan.....	14
3.1.2.3 Dušikovi oksidi.....	16
3.1.2.4 Rashladna sredstva.....	19
3.2 Staklenički efekt.....	20
3.3 Globalno zatopljenje.....	22
3.3.1 Potencijal globalnog zatopljenja.....	23
3.3.2 Utjecaj stakleničkih plinova na globalno zatopljenje.....	24
3.3.3 Posljedice globalnog zatopljenja.....	24
3.3.4 Odgovor na globalno zatopljenje.....	25
3.4 Zakiseljavanje oceana i mora .....	27
3.4.1 Posljedice zakiseljavanja oceana.....	29
3.5 Kyoto Protokol.....	30
4. POMORSKA PRIJEVOZNIČKA INDUSTRIJA U EMISIJI CO <sub>2</sub> .....	34
4.1 Međunarodna pomorska organizacija i CO <sub>2</sub> Emisija .....	35
4.2 Emisije s putničkih brodova.....	38
4.3 Emisije s teretnih brodova.....	40
4.4 Emisije kod proizvodnje nafte i plina .....	42
5. ENERGETSKA UČINKOVITOST .....	44
5.1 Uloga IMO u unapređivanju energetske učinkovitosti.....	44
5.2 Projektni indeks energetske učinkovitosti i Brodski plan upravljanja energetske učinkovitosti.....	44
5.3 Pomorski prijevoz i energetska učinkovitost.....	48
5.4 Operativne mjere za poboljšanje učinkovitosti.....	50
5.5 Pregled tehničkih mjera za unapređenje energetske učinkovitosti.....	53

5.5.1 Optimizacija trupa, propulzivna pomagala.....	58
5.5.2 Alternative propulzije i izvori energije.....	61
5.6 Prikupljanje i skladištenje CO <sub>2</sub> (CCS, Carbon Capture and Storage).....	63
6. MOGUĆE ALTERNATIVE FOSILNIM GORIVIMA.....	68
7. Zaključak.....	72
8. Popis literature .....	73
9. Popis tablica.....	76
10. Popis slika.....	76
11. Sažetak.....	78
12. Summary.....	80

## 1. UVOD

Pomorski prijevoz je globalna industrija te kao takva ima utjecaj na svjetska ekološka pitanja uključivo antropogeno uzrokovane klimatske promjene. Uzimajući u obzir da je industrija pomorskog prijevoza visoko internacionalizirana, emisiju ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) svjetske flote je nemoguće povezati samo sa jednom područjem ili državom, stoga su te emisije još uvijek kategorizirane kao "internacionalne" te kao takve, do sada, isključivale pomorski prijevoz iz bilo kakvih odredbi koje reguliraju emisije ugljičnog dioksida

Moj rad će istražiti utjecaj emisije stakleničkih plinova na globalne klimatske promjene općenito, analizirati utjecaj i udio industrije pomorskog prijevoza kao dijela globalne ekonomije te na koje načine prijevoz morem doprinosi općim klimatskim trendovima. Dio je posvećen međunarodnom pomorskom prijevozu i odzivu i međunarodne prijevozničke zajednice i regulatornih tijela kreiranjem novih regulatornih mjera kao odgovor na ovo složeno pitanje.

Kad je Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime usvojila Kyoto Protokol kao evidentnu posljedicu rastućeg ljudskog utjecaja na klimatske promjene, emisija (CO<sub>2</sub>) kao rezultat izgaranja teških goriva sa brodova je bila pošteđena bilo kakvih obveza nametnutih protokolom, istražiti ću razloge zašto se, na kraju, pažnja kreatora regulatornih instrumenata počela fokusirati na predstavljanje i uvođenje djelotvornih stimulativnih mjera za operativna i tehnička unapređenja postojećeg i novog brodogradnje umjesto donošenja radikalnijih mjera kad je pomorski prijevoz u pitanju.

Predstavljene su, a i uvedene, brojne tehničke, niskobudžetne mjere koje smanjuju emisiju stakleničkih plinova iako treba istaknuti kako trenutni tehnološko-tehnički nivo možda nije i neće biti dovoljan da bi se smanjila stvarna koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi. Iako učinkovitija, uporaba fosilnih goriva otvara velike mogućnosti smanjenju emisije, drastičnije mjere su možda neizbježne.

Također, emisija polutanata kroz izgaranje teških, najprljavijih bunker goriva u brodskim motorima i kotlovima, nije baš bila medijski pokrivena, za razliku od npr. izlivanja nafte sa havariranih tankera koje brzo dospiju na naslovnice. Ove emisije su relativno novo područje javnog ekološkog interesa te bi trebale biti uključene u buduće dogovore o kontroli ispuštanja. Svjedoci smo da kritičke i korisne akcije i pritisci doprinose fokusiranju na ovu vrstu emisija, te je u proteklih nekoliko godina povećani međunarodni pritisak doveo do određenih lokaliziranih mjera ograničenja emisije (SECA, ECA zone).

Sve je više čvrstih dokaza da su kemijske promjene u oceanima uzrokovane ljudskim djelovanjem, povećana koncentracija CO<sub>2</sub> pokretač je tih promjena, mora postaju kiselića što ima značajan i vrlo negativan biološki utjecaj. Zakiseljavanje oceana mijenja morske organizme, njihovu fiziologiju, populacije, zajednice i naposljetku čitav eko sistem mora kojega su oni integralni dio.

Većina istraživanja bazirana je na međunarodnim konvencijama prihvaćenim od strane Međunarodne pomorske organizacije (IMO) i ostalih UN agencija kao i na dostupnoj tehničkoj dokumentaciji te statističkim podacima IMO, EU te ostalih vladinih agencija za zaštitu okoliša.

## **2. ABSTRACT**

---



The maritime shipping industry is a global industry contributing to common and global environmental issues, including the anthropogenically triggered climate change. Considering the high internationalization of the maritime industry, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from ships cannot be assigned to any particular country, so it is classified as "international" and that label, until now, excluded the shipping industry from any emissions inventories and regulations. My thesis paper will try to explore the problem of greenhouse gas (GHG) emissions in general and will subsequently analyse the shipping-industry's part within the global economy and how it contributes to most of the global environmental trends that have economic growth as their root cause. Part of my research will be dedicated to the international maritime industry and how the responses from both, the international shipping community and the regulatory bodies affected newly inspired regulatory actions in response to this complex and global issue.

When the UN Framework Convention on Climate Change adopted the Kyoto Protocol as a consequence of increasing evidence of a manmade global climate change, global bunker fuel emissions from shipping were excluded from any commitment by the protocol. I will explore reasons why eventually the objectives of maritime policy instruments started to focus on the introduction of effective and efficient stimuli in favour of operational and technical improvements on existing and new ships instead of reaching for changes that are more radical. I will explore technical and low-cost operational measures that reduce greenhouse gas emissions and I will raise awareness how presently recommended technology may not be doing so on a level sufficient to actual reduce GHG in the atmosphere even though a truly more efficient usage of fossil fuels does open great opportunities for improvement, eventually a non-usage may be unavoidable.

Emissions of global air pollutants through the burning of maritime bunker fuels have so far not received much cover by the media and have not been making headline news. They are a relatively new area of public environmental concern but must be included in future global emission agreements. In recent years, we have seen increased international actions, which drew more critical and helpful attention to international shipping. There is now substantial evidence of man-induced changes in ocean chemistry due to CO<sub>2</sub> triggered ocean acidification, which has a significant and highly negative biological impact. Ocean acidification changes marine organisms' physiology of organisms and thereby their populations, communities, and the marine ecosystems they are part of.

Most of my research will be based on international conventions adopted by the International Maritime Organization (IMO) and other UN Agencies, as well as on technical documentation available and statistical information.

### **3. EMISIJE UGLJIČNOG DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>)**

#### **3.1. Staklenički plinovi**

Svrhom održavanja postojećeg životnog standarda kao i stalnog porasta svjetske populacije i rasta životnih potreba, velike količine CO<sub>2</sub> i ostalih stakleničkih plinova kontinuirano se ispuštaju u atmosferu što za posljedicu ima utjecaj na klimu Zemlje.

Svi mi na neki način doprinosimo emisiji ugljičnog dioksida kao krajnji korisnici najviše ispuštajućih grana ekonomije: proizvodnje energije i prijevoza. Industrijski proizvodi se proizvode uz enormnu potrošnju energije da se zatim prevoze do krajnjih korisnika, uglavnom bazirano na fosilnim gorivima (plin, tekuća goriva i ugljen). Stalno rastuća uporaba fosilnih goriva rezultira povećanjem koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi koji zauzima najveći udio u emisiji ovih plinova dok istovremeno ljudi svojim aktivnostima smanjuju prirodne kapacitete i mogućnosti smanjivanja koncentracije istih. Ovakav odnos u konačnici vodi k povećanju prosječne temperature te posljedično klimatskim promjenama.

Kad sunčeva energija dosegne Zemaljsku površinu, dio te energije se reflektira natrag prema svemiru kao infracrveno zračenje (toplina). Plinovi sadržani u atmosferskom omotaču apsorbiraju ovo infracrveno zračenje, zadržavaju toplinu u atmosferi šaljući jedan dio natrag prema površini Zemlje remeteći ravnotežu između primljene i reemitirane topline. Što je više stakleničkih plinova prisutno u atmosferi, manje će energije biti ponovo isijano prema svemiru. Poremećajem energetske ravnoteže, povećava se i temperatura atmosfere koja dovode do promjena općenito poznatih kao "klimatske promjene".

Koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi izravno utječe na bilancu energetskog klimatskog sustava (eng. Radiative forcing or climate forcing) tj. razliku u insolaciji, primljenu sunčevu energiju i energiju isijanu natrag u svemir u  $W/m^2$  zemljine površine. Pozitivna energetska bilanca, (više zadržane energije) zagrijava sistem dok negativna bilanca (više isijane energije) ga hladi.

Osim CO<sub>2</sub>, mnogi plinovi imaju "stakleničke" karakteristike. Većina njih, kao i CO<sub>2</sub> nastaju i prirodno te su prisutni u atmosferi (vodena para, metan, dušični spojevi...) dok ostali ne nastaju prirodno (kloroflourokarboni, CFC), sintetički proizvedeni, dugovječni plinovi koji dodatno oštećuju i ozonski omotač, njihovo prisutnost u atmosferi isključivo je posljedica ljudskog djelovanja. U cjelini, zbog ljudskih aktivnosti količina stakleničkih plinova se povećala za 43% od početka industrijalizacije 1750-ih godina.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <https://www.co2.earth/global-co2-emissions> (16.02.2017)

Tokom zadnjih 20 godina, oko  $\frac{3}{4}$  ljudski uzrokovane emisije ugljičnog dioksida je posljedica izgaranje fosilnih goriva.<sup>2</sup> Praćenjem je utvrđeno da se je prosječna globalna temperature Zemlje povećala za oko 0.8° C.<sup>3</sup>

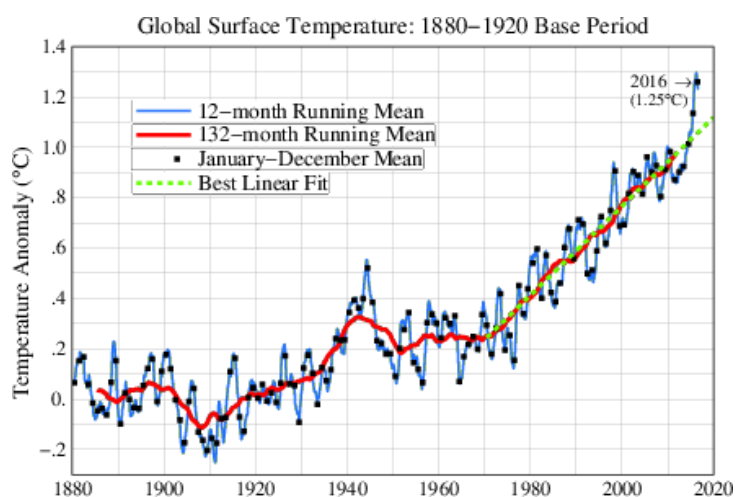
### 3.1.1 Koji plinovi su staklenički plinovi

Atmosfera je sadržana od komponenti sa dovoljno labavim međumolekularnim vezama koje im dopuštaju vibriranje tijekom apsorpcije topline za razliku od ostalih komponenti sa čvrstim vezama koje ne dopuštaju vibriranje (N<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>), dakle ne apsorbiraju toplinu i stoga ne doprinose stakleničkom efektu.

Staklenički plinovi koji nastaju bilo prirodno ili kao posljedica ljudskih aktivnosti uključuju vodenu paru, ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), metan CH<sub>4</sub>, dušikov oksid (NO<sub>2</sub>) i ozon (O<sub>3</sub>).

Ostali staklenički plinovi nemaju prirodnih izvora, nastaju kao usputni proizvodi kod industrijskih procesa ili su svrhovito proizvedeni kao sredstva za čišćenje, rashladni mediji ili kao elektroizolatori. Ova kategorija uključuje fluorove spojeve: klorofluorokarbene (CFC), hidroklorofluorokarbene (HCFC), hidrofluorokarbene (HFC), bromfluorokarbene (haloni), perfluorokarbene, PFCs, dušikov trifluorid, NF<sub>3</sub>, te sumporov heksafluorid, SF<sub>6</sub>.

Kako je spomenuto, povećana prisutnost ovih plinova doprinosi zagrijavanju atmosfere mijenjajući Zemljinu energetska bilancu tj. ravnotežu između dolazeće i odlazeće toplinske radijacije apsorbirajući infracrveno zračenje emitirano od suncem zagrijane Zemlje.



Slika 1. Temperatura površine zemlje, Source: NASA-GISS

<sup>2</sup> <https://www.eia.gov/oiaf/1605/ggcebro/chapter1.html> (accessed 16.02.2017)

<sup>3</sup> <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php> (accessed 16.02.2017)

### 3.1.2 Emisije stakleničkih plinova, glavni izvori

Staklenički plinovi dopjevaju u atmosferu bilo prirodnim nastankom bilo kroz ljudske aktivnosti. Glavni ljudski izvori emisije stakleničkih plinova su: uporaba fosilnih goriva, smanjenje zelenog pokrova krčenjem, intenzivni uzgoj životinja na farmama, prekomjerna uporaba umjetnih gnojiva, neekološki industrijski procesi, intenzivan uzgoj riže, istraživanje i eksploatacija ugljena, nafte i plina.

Glavni prirodni izvori su kroz neophodne životne procese živih bića, površinska isparavanje vode, truljenja organskog materijala, šumskih požara, vulkana...

#### 3.1.2.1 Ugljični dioksid

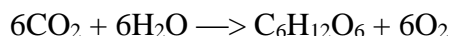
Najznačajniji staklenički plin, nastaje i prirodno ali puno značajnije, antropogeno uzrokovanim emisijama, zadržava se u atmosferi povećavajući koncentraciju zbog povećanog ispuštanje i smanjene mogućnosti prirodne razgradnje, trenutna emisija CO<sub>2</sub> daleko nadmašuje mogućnost prirodne apsorpcije

- Zadržavanje u atmosferi: 5-200 godina (ne može biti jednoznačno definiran radi različitosti u emisiji i apsorpciji)
- Potencijal globalnog zatopljivanja (Eng. Global Warming Potential) 100 godina: 1

Koncentracija ugljičnog dioksida u atmosferi intenzivno raste od početka industrijske revolucije i trenutno je dosegla 40.92 ppm.<sup>4</sup> Prirodni procesi mogu apsorbirati cjelokupnu količinu nastalu prirodnim procesima te tako održavati koncentraciju balansiranom. Ravnoteža je poremećena dodanim količinama uzrokovanim ljudskim aktivnostima.

Ugljični dioksid ima ključnu ulogu u “ugljičkovu ciklusu”, biljke, fotosintetične alge i bakterije koristeći sunčevu energiju koriste CO<sub>2</sub> iz atmosfere i s vodom tvore ugljikohidrate akumulirajući energiju te oslobađajući kisik u atmosferu.

Ugljični dioksid + voda + sunčeva energija -> ugljikohidrati + kisik

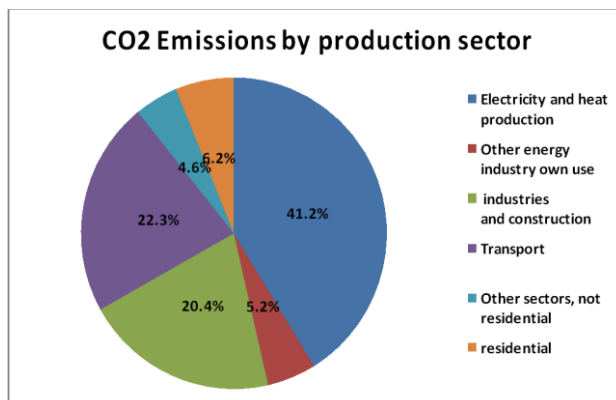


---

<sup>4</sup> <http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/> (accessed 16.02.2017)

### Emisija ugljičnog dioksida: Antropogeni izvori

Ubrzano korištenje nafte, ugljena i plina u industrijskim procesima i proizvodnji električne energije kao i krčenje šumskog pokrova (iako indirektno, smanjujući sposobnost slijevanja) glavni su razlozi povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi (Slika 2.)



**Slika 2.** Antropološka emisija CO<sub>2</sub> ([https://muskerblog.files.wordpress.com/2013/01/fig\\_co21.png](https://muskerblog.files.wordpress.com/2013/01/fig_co21.png))

Fosilna goriva, (ugljen tekuća goriva i prirodni plin) trenutačno su primarni globalni energetske izvori. Samo u 2014 godini uporabom fosilnih goriva ispuštano je u atmosferu 33.3 bilijuna tona CO<sub>2</sub> od kojih je većina generirana od strane 10 najrazvijenijih zemalja svijeta. Obzirom na vrstu goriva, najveći udio u CO<sub>2</sub> emisiji ima ugljen (46%) slijedi nafta (34%) a zatim prirodni plin (19%).<sup>5</sup> Najznačajnije industrijske grane s najvećom uporabom goriva su proizvodnja električne energije, prijevoznika te prerađivačka industrija.

Ove grane odgovorne su o za 42% emisije ugljičnog dioksida nastalog uporabom fosilnih goriva u 2014<sup>6</sup> obzirom da velika većina država većinu potreba za električnom energijom pokriva izgaranjem nekog od fosilnih goriva (od 60 – 90%).

Industrija prijevoza drugi je najveći pojedinačni antropogeni izvor emisije stakleničkih plinova čiji udio iznosi oko 23% ukupne emisije nastale izgaranjem fosilnih goriva<sup>7</sup> koristeći uglavnom, izuzimajući pomorski prijevoz, visokorafinirane čiste derivate (benzin, diesel, kerozin) dok

---

<sup>5</sup> <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487>

<sup>6</sup> International Energy Agency. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2012.

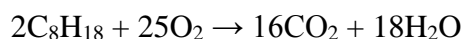
<sup>7</sup> International Energy Agency. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2012. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2012.p.12

brodovlje koristi nečista<sup>8</sup> rezidualna goriva. Ovo je jedan od razloga godišnje emisije od 1 bilijun tona CO<sub>2</sub> samo sa brodova.<sup>9</sup>

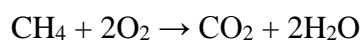
Udio transporta u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova globalno iznosi oko 14%<sup>10</sup> i gotovo u potpunosti (95%)<sup>11</sup> nastaje izgaranjem fosilnih goriva. Glavne grupe ugljikovodika koje se koriste u prijevozu su:

alkalni (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>), parafini, isoparafini (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>), olefini (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>), nafteni (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>), aromati (C<sub>n</sub>H<sub>n</sub>).

Izgaranje čistog tekućeg goriva generira toplinu, vodenu paru i CO<sub>2</sub>. Na primjeru oktana, kemijska reakcija izgaranja je:



Slična reakcija dešava se i kod izgaranja prirodnog plina (metana):



Treći najveći kontributor emisiji ugljičnog dioksida uzrokovan ljudskim aktivnostima su različite industrije (prerađivačka, industrija cementa, prerada nafte...) te je u 2014. iznosila ukupni oko 19% svjetske emisije.<sup>12</sup>

Prenamjene zemljišta (prirodni okoliš pretvoren u područja pogodna za razne ljudske aktivnosti, (poljoprivreda, izgradnja i sl.) imaju važnu ulogu prvenstveno radi smanjivanja prirodnih kapaciteta apsorpcije CO<sub>2</sub> putem fotosinteze, ove promjene su uglavnom nepovratne, krčenje šuma godišnje doprinese 9%<sup>13</sup> ovom smanjenju uz popratne procese erozije tla, ispiranja nutrijenata u vodotokove.

#### Emisija ugljičnog dioksida – prirodni procesi

Oceani, tla, biljni pokrov, životni procesi kod ljudi i životinja te vulkani su prirodni izvori ugljičnog dioksida. Mora su slivnici ali isto tako i emiteri CO<sub>2</sub>, 42.84% dolazi u atmosferu izmjenom ocean-atmosfera.

---

<sup>8</sup> Harrould-Kolieb, Ellycia. *Shipping Impacts On Climate: A Source With Solutions*. Washington, D.C.: Oceana, 2008.

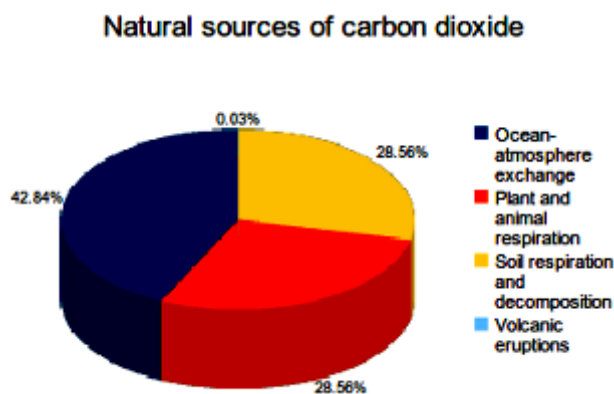
<sup>9</sup> Harrould-Kolieb, Ellycia and Jacqueline Savitz. *Shipping Solutions: Technological And Operational Methods Available To Reduce CO<sub>2</sub>*. Washington, D.C.: Oceana, 2010.

<sup>10</sup> <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

<sup>11</sup> <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

<sup>12</sup> [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion\\_Highlights\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion_Highlights_2016.pdf), 16.02.2017

<sup>13</sup> <http://www.earth-syst-sci-data.net/8/859/2015/essd-8-859-2015.pdf> 17.02.2017



**Slika 3.** Prirodni izvori CO<sub>2</sub> (<http://media.whatsyourimpact.org>)

Životni procesi živih bića doprinose sa 28.56% prirodnoj emisiji. Prirodni izvori također uključuju procese u tlima te truljenje sa udjelom od 28.56% emisije. (Godišnje procesi u tlu generiraju oko 220 mil. tona CO<sub>2</sub>). Nešto ugljičnog dioksida 0,03% se oslobađa i djelovanjem vulkana.<sup>14</sup>

### 3.1.2.2 Metan

- Zadržavanje u atmosferi: 12,4
- Potencijal globalnog zatopljanja: 28

Sljedeći po važnosti staklenički plin metan prisutan u atmosferi, je kao i CO<sub>2</sub> bio balansirani prirodnim procesima sve do početka industrijalizacije i naglog povećanje opsega istraživanja i eksploatacije fosilnih goriva.

Metan je najjednostavniji pripadnik parafinske skupine ugljikovodika, lakši je od zraka (spec. težina: 0,554, točka vrenja -162°C, ledište: -182,5°C), praktički netopiv u vodi, gorenjem oslobađa CO<sub>2</sub> i vodenu paru.

Metan također akumulira infracrveno zračenje (toplinsku radijaciju) reflektiranu od Zemljine površine doprinoseći stakleničkom efektu.

#### Emisije metana: antropogeni izvori

Emisije metana kao rezultat ljudskih djelatnosti daleko nadmašuju one nastale prirodnim procesima, (320 mil. tona godišnje/250 mil. tona). Industrija eksploatacije fosilnih goriva je glavni kontributor globalnoj emisiji metana (crpljenje nafte, ugljena i plina kao i gubitci

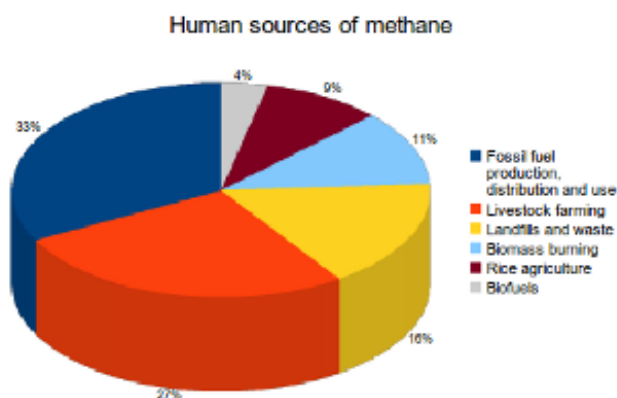
---

<sup>14</sup> <http://whatsyourimpact.org/greenhouse-gases/carbon-dioxide-emissions>. 17.02.2017



prilikom transporta). Značajan izvor metana su i probavni procesi životinja kod intenzivnog stočarstva. Da bi donekle smanjili emisiju metana u atmosferu a i korisno iskoristili bio plin stočarstvo razvija tehnologije prikupljanja. Ova dva izvora su najznačajniji izvori ljudski inducirane emisije metana u atmosferu te odgovorna za oko 60% totalne emisije.

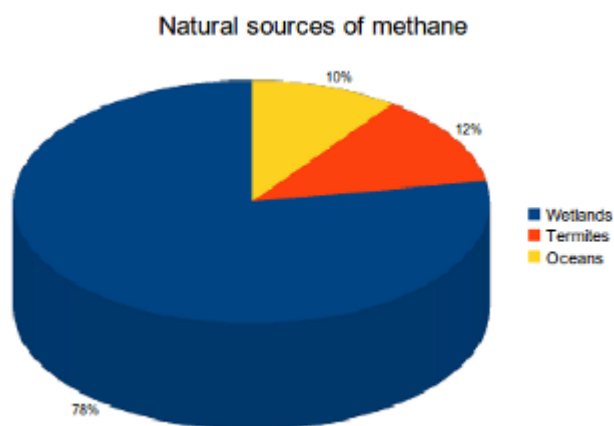
Metan se također proizvodi raspadanjem bio mase bez prisutnosti kisika u odlagalištima otpada (16%), pri proizvodnji riže (9%) koje su u biti umjetno napravljena močvarna područja u kombinaciji s dostatnom vlažnošću, nedostatkom kisika i obiljem biomase čine savršenu okolinu za truljenje i proizvodnju metana, izgaranjem biomase (11%), te uporabom biogoriva (4%).<sup>15</sup>



Slika 4. Antropogeni izvori metana (<http://whatsyourimpact.org>)

#### Emisija metana: Prirodni izvori

Metan se u atmosferu oslobađa iz prirode preko prirodno močvarnih područja, termitnjaka, kopnenih i podmorskih geoloških izvora.



Slika 5. Prirodni izvori metana (Bousquet, P. et al. 2006).

<sup>15</sup> <http://whatsyourimpact.org/greenhouse-gases/methane-emissions> 17.02.2017

Poplavljena močvarna područja, nedostatak kisika te dostatne količine organskog materijala su idealna staništa za bakterije koje proizvode metan koji proizveden na ovaj način predstavlja  $\frac{3}{4}$  ukupne prirodne emisije metana. S druge strane, termiti kao konzumenti širokog spektra celulozne biomase čija probava ovisi o mikroorganizmima koje proizvode metan doprinose u 12 % iznosu prirodnoj emisiji metana.

Metan se iz mora oslobađa uglavnom u priobalnim sedimentalnim bazenima kao biogenički i termogenički metan proizveden mikroorganizmima. Geološki izvori metana uključuju razbacane izvore na kopnu i u podmorju.

### 3.1.2.3 Dušikovi oksidi, NO<sub>x</sub>

- Zadržavanje u atmosferi: 121
- Potencijal globalnog zatopljenja: 265

Dušikovi oksidi su grupa otrovnih, visoko reaktivnih plinova. NO<sub>x</sub> se stvaraju kao nusproizvod kod bilo kojeg procesa izgaranja fosilnih goriva na visokim temperaturama kod mobilnih ili stacionarnih aplikacija ili industrijskih procesa te je vidljiv kao crveno-smeđi plin. NO<sub>x</sub> spojevi su snažni oksidanti i imaju važnu ulogu od atmosferskih reakcija sa hlapljivim organskim spojevima, spojevi sa visokim tlakom pare na sobnoj temperaturi (eng. Volatile organic compounds, VOC) Globalno, NO<sub>x</sub> doprinosi globalnom zatopljenju kao treći najvažnija grupa stakleničkih plinova. NO<sub>x</sub> također pomažu stvaranju ozona u troposferskom sloju atmosfere te nastajanju kiselih kiša. Dvoatomni dušik (N<sub>2</sub>) je inertni plin koji čini 80% atmosfere dok je elementarni dušik (N), reaktivan je i formira nekoliko različitih oksida.

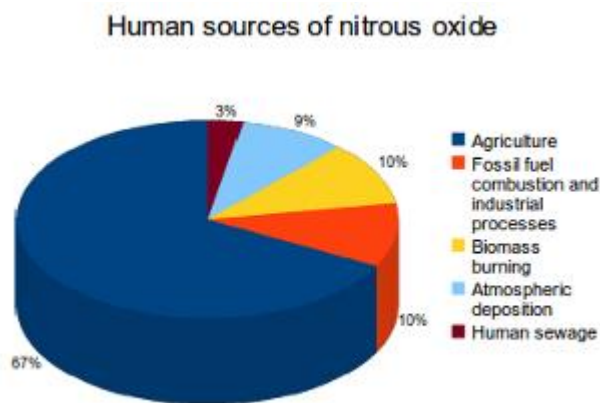
Dušikovi oksidi (N<sub>2</sub>O, NO, i NO<sub>2</sub>) su najzastupljeniji spojevi dušika u zraku. N<sub>2</sub>O razara ozonski omotač reagirajući sa troposferskim i stratosferskim O<sub>3</sub>.

Dušikov oksid (N<sub>2</sub>O) je općepoznat kao “plin za smijanje”, bezbojan, bez mirisa koristi se kao anestetičko sredstvo i analgetik, kod viših koncentracija može uzrokovati smrt zbog nedostatka kisika. Dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>) je snažan oksidant slično molekularnom dušiku.

Dušični spojevi u atmosferu dospijevaju i prirodnim procesima kao i djelovanjem čovjeka.

#### Emisije dušičnih oksida: antropogeni izvori

Kao rezultat intenzivne poljoprivrede, tehničkog i ekonomskog napretka i rastućih zahtjeva za proizvodnjom hrane u svijetu intenzivirana je i uporaba fosilnih goriva i umjetnih gnojiva a time i oslobađanje dušikovih spojeva u atmosferu.



Slika 6: Ljudski uzrokovani izvori Dušičnih spojeva (<http://whatsyourimpact.org>)

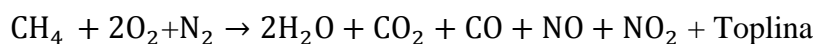
Poljoprivredno tlo predstavlja glavni i rastući izvor dušikovih spojeva kao izravna posljedica intenzivne uporabe sintetičkih gnojiva. U kombinaciji s smanjenom apsorpcijskom sposobnošću tla i prekomjernom primjenom, velike količine ovih spojeva se oslobađaju u atmosferu. Slično se događa i kod raširene i loše kontrolirane uporabe životinjskog gnoja i gnojnice. Vremenski i količinski planirana te ciljana uporaba gnojiva primijenjena pravovremeno i u optimalnim količinama doprinosi smanjenju gubitaka kao i reduciranoj emisiji dušičnih spojeva. Prekomjerne količine se tako ispiru u vodotokove, povećavaju koncentraciju ovih spojeva u pitkim vodama te doprinose eutrofikaciji u vodotokovima i estuarijima.

Zbog neefikasnosti preuzimanje dušika iz tla sa strane biljaka, samo mali dio dušičnih gnojiva primijenjen u poljoprivredi se iskoristi dok se puno veći dio izgubi u okoliš.

Prilikom izgaranje fosilnih goriva koje sadrže i mali dio dušičnih a u kombinaciji sa dušikom iz zraka dušikovi oksidi se kao nusproizvod emitiraju u atmosferu i zajedno sa plinovima izgaranje doprinose stvaranju smoga i kiselih kiša. Višak dušika iz atmosfere se ispire natrag u tlo, putem vodenih tokova dospijeva u vodeni okoliš donoseći dodatne nutrijente te u zatvorenijim ekosistemima pomažu cvjetanju algi i smanjenju koncentracije kisika.

Višak dušika i smanjeni pH su otrovni za vodene organizme i ugrožavaju njihovo preživljavanje.

Pošto atmosfera nije čisti kisik nego sadrži i druge komponente uključujući i dušik koji utječe na proces gorenja djelujući kao kontaminant, a pošto je najzastupljeniji u atmosferi time je i najznačajniji. Kad je N<sub>2</sub> izložen visokim temperaturama u procesu izgaranja a u prisutnosti kisika stvara dušikov oksid i dušikov dioksid (izgaranje metana):



NO<sub>x</sub> se uglavnom kontrolira na sljedeće načine:

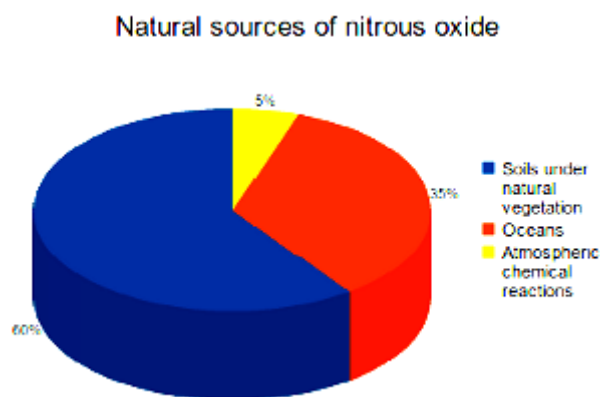
- Regulacijom ubrizgavanja goriva (rate shaping), kontrolirani protok goriva ubrizganog u komoru izgaranja.
- Emulzija vode i goriva (WIF), kontrolirana brzina i temperature izgaranja
- Ovlaživanje ispirnog zraka (Scavenge Air Moistening - SAM)
- Recirkulacija ispušnih plinova (Exhaust Gas Recirculation EGR).
- Selektivna katalitička redukcija (Selective Catalytic Reduction SCR)

Kotlovi i motori se mogu projektirati na način da se izbjegnu visoke temperature kod izgaranja što će djelomice smanjiti NO<sub>x</sub> emisiju. Drugi način je tretiranje plinova poslije izgaranja instaliranjem katalizatora u ispušnoj struji.

Postrojenja za obradu otpadnih voda i septički tankovi mogu biti povoljno okruženje za razvoj bakterija koje stvaraju dušične spojeve prerađujući dušičnu organsku materiju sadržanu u ljudskom otpadu (urea, amonijak, protein...)

#### Emisija dušikovih oksida: Prirodni izvori

Tlo Zemlje, oceani i atmosferske kemijske reakcije su sve prirodni izvori dušičnih oksida ali u puno manjoj mjeri.



**Slika 7.** Prirodni izvori NO<sub>x</sub> (Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, IPCC)

Najveći prirodni izvor su dušični oksidi proizvedeni mikroorganizmima koji se hrane nutrijentima iz nekultiviranih tala, uglavnom tropskih kišnih šuma. Ovaj udio ide i do 60% prirodne emisije. Dobar dio emisije nastaje i u morima kao rezultat mikrobiološke aktivnosti u prisutnosti organske materije u anaerobnim uvjetima.

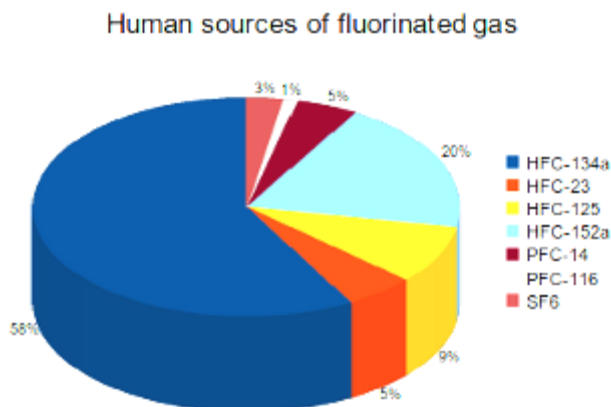
### 3.1.2.4 Rashladna sredstva

- Zadržavanje u atmosferi: 9,2 - 3200
- Potencijal globalnog zatopljenja: 78,2 - 23500

CFC, (klorofluorokarboni) su kategorija stakleničkih plinova s najvećim potencijalom razaranja ozonskog omotača (ODP, Ozone Depleting Potential) visokim potencijalom globalnog zatopljenja (GWP Global Warming Potential). Uporaba ovih spojeva je zabranjena u skladu s Članom 2 (razvijene države) od 1996, i Članom 5 (države u razvoju) od 2010. godine u skladu sa Montrealskim protokolom.

HCFC, (hidroklorofluorokarbon) rashladna sredstva s niskim ODP i visokim GWP. Rashladna sredstva bazirana na HCFC su druga generacija sredstava sa bazom flora te služe kao zamjena za CFC. Zbog njihovog utjecaja na ozonski omotač i doprinosu globalnom zatopljenju, njihovo nova proizvodnja je zabranjena kao i novo dodavanje u bilo koji postojeći sistem.

HFC (hidrofluorokarbon) rashladna sredstva su zadnja generacija rashladnih sredstava bazirana na fluoru. Kategorizirani su kao proizvodi s nultim potencijalom utjecaja na ozon te visokim potencijalom globalnog zatopljenja. S obzirom da se uglavnom radi o zatvorenim sistemima emisije su uglavnom uzrokovane propuštanjem plina tijekom proizvodnje ili održavanja te nepravilnog odlaganje i recikliranja proizvoda nakon isteka život vijeka. Ovi plinovi se koriste i u elektro/elektronskoj industriji.



Slika 8. Ljudski izvori rashladnih plinova (The 2010 Assessment of the Scientific Assessment Panel, UNEP).

Refrigerant type	Refrigerant name	ODP <sup>1</sup>	GWP <sup>2</sup>	Comments
CFC	R11	1.00	4,750	Very high ODP and very high GWP.
	R12	0.82	10,900	No longer sold.
HCFC	R22	0.06	1,810	Medium ODP and medium GWP.
	R124	0.03	610	Phasing out via Montreal Protocol
HFC	R134a	0	1,430	Zero ODP, medium GWP.
	R404A	0	3,920	
	R407C	0	1,770	
	R410A	0	2,090	
	R422D	0	2,730	
HFO	R1234yf	0	4	Zero ODP, low GWP
Natural refrigerants	R717	0	0	Zero ODP, low GWP
	R744	0	1	
	Hydrocarbons e.g. R290	0	<20	

<sup>1</sup> Ozone depletion potential, UNEP (2006). R11 = 1  
<sup>2</sup> Global warming potential (100 year), IPCC 2005, 2007. CO<sub>2</sub> = 1

Tablica 1. Svojstva rashladnih plinova

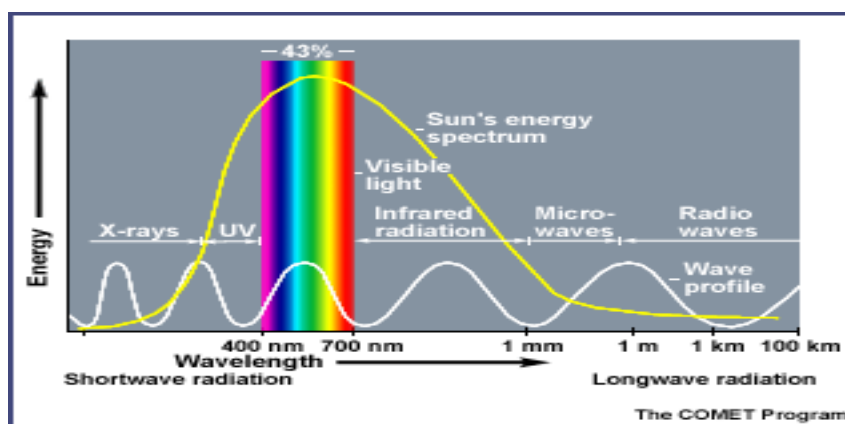
Koncentracija vodene pare je varijabilna i ovisna uglavnom o temperaturi i stalno se mijenja kondenzacijom i nadomješta novim isparavanjem te je uglavnom kontrolirana prirodnim klimatskim procesima.

### 3.2 Staklenički efekt

Sunce isijava energiju u svemir, Zemlja kao dio Sunčevog sustava prima potrebnu energiju, polovinu kao vidljivo kratkovalno zračenje elektromagnetskog spektra, dio kao infracrveno zračenje te jedan dio u obliku ultraljubičastog zračenja.

Vidljivi dio (kratkovalno zračenje) je visokoenergetsko zračenje, puno je snažnije nego dugovana (infracrvena) radijacija.

Zemljina atmosfera, oblaci i površina apsorbiraju solarnu energiju, zagrijavaju se te reemitiraju toplinu kao dugovalno zračenje u obliku infracrvenih zraka.



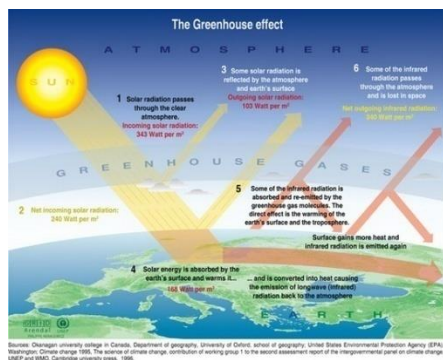
Slika 9. Sunčeva radijacija (www.windows.ucar.edu)

Pojam “staklenički efekt” se koristi u opisu prirodne pojave zadržavanja topline u atmosferi slično kao u stvarnom stakleniku. Kasnije je pojam vezan uz klimatske promjene i mogući utjecaj proširenog efekta staklenika na povećanje temperature Zemljine površine.

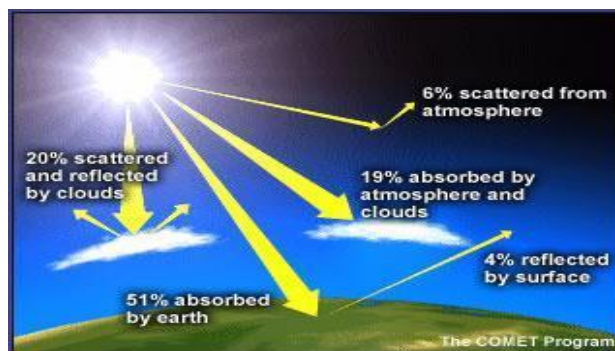
Kod Zemljinog “stakleničkog efekta” jedna od najvažnijih stvari je vrsta površine izložene zračenju sunčeve svjetlosti, tip površine će odrediti količinu apsorbirane, reflektirane i reemitirane energije. Svijetle površine odbijaju većinu toplinskog zračenja nazad u svemir minimalizirajući zagrijavanje površine i donjih slojeva atmosfere suprotno od tamnih pustinjskih površina koje upijaju toplinu, zagrijavaju površinu i neposrednu atmosferu iznad.

Atmosferski uvjeti i stanje naoblake utječu na količinu energije koja dopijeva do zemaljske površine te isto tako utječu na količinu energije reemitiranu prema svemiru. (Albedo – izraz korišten kod reflektiranja, postotak solarne energije reflektiran od površine).

Efekt staklenika održava zemaljsku površinu toplom, zagrijanu upijenom sunčevom energijom, dio reflektirane energije se kroz atmosferu vraća u svemir dok dio apsorbiraju staklenički plinovi te ju usmjeravaju prema površini održavajući donekle stabilnu temperaturu. (Slike 10, 11)



Slika 10. Model stakleničkog efekta, IPCC



Slika11. Zemljina energetska bilanca, IPCC

Staklenički plinovi u atmosferi propuštaju kratkovalno zračenje dok odbijaju dugovalnu radijaciju reemitiranu sa površine i tako zadržavaju toplinu koju potom usmjeruje prema površini. Ova zadržana toplina odgovorna je za povećanje temperature zemljine površine.

Povećanjem koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi, količina topline usmjerena natrag prema površini povećava temperaturu površine sve dok se ponovo ne uspostavi temperaturna ravnoteža na nekom višem nivou. Dakako, u složenom klimatskom sistemu sa povećanjem temperature mogu se očekivati i brojni popratni negativni efekti, (povećano isparavanje i

formiranje oblaka, topljenje leda, smanjenje “permafrost” zona, učestalije i snažnije vremenske nepogode, pojačano zakiseljavanje oceana...) nadalje mijenjajući klimatske uvjete.

Otprilike 1/3 sunčeve energije koja dosegne atmosferu reflektira se natrag od oblaka, snijega, leda i ostalih reflektirajućih površina. (Slika 11)

Preostale 2/3 se apsorbiraju na površini i djelomice u atmosferi, za održavanje ravnoteže Zemlja treba emitirati približno istu količinu energije natrag u svemir.<sup>16</sup>

Ova apsorpcija i radijacija su ključni prirodni procesi izmjene topline i ključni za život na Zemlji. Prirodni staklenički efekt balansira primljenu i izračenu (odlazeću) količinu energije i sve dok količina stakleničkih plinova u atmosferi ostaje ista i dok je količina dolazeće sunčeve energije stalna Zemlja će biti u stanju energetske i temperaturne ravnoteže.

Većina prirodnog stakleničkog učinka je posljedica atmosferskog sadržaja vodene pare i naoblake, tome doprinose i ostali prirodno sadržani plinovi (ugljični dioksid, metan te ostali).

Ono što je zabrinjavajuće je antropološko povećanje koncentracije, primarno CO<sub>2</sub> ali i CH<sub>4</sub> uglavnom radi rastuće potrebe za izgaranjem fosilnog goriva i vjeruje se da je to glavni uzrok globalnog zatopljenja. Trenutačna koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi 405 ppm<sup>17</sup> (usporedivo s preindustrijskim razdobljem kad je koncentracije iznosila oko 270 ppm. Koncentracija metana iako vrlo mala i mjerljiva u ppb, se također povećava pojačavajući staklenički učinak, metan ima puno veći GWP od ugljičnog dioksida.

### 3.3 Globalno zatopljenje

Po definiciji, globalno zatopljenje može se definirati kao opaženo i pretpostavljeno povećanje prosječne atmosferske temperature Zemlje kao posljedica pojačanog stakleničkog učinka koji zadržava toplinu reflektiranu sa površine, koja bi u suprotnom bila emitirana u svemir, može uzrokovati klimatske promjene.<sup>18</sup>

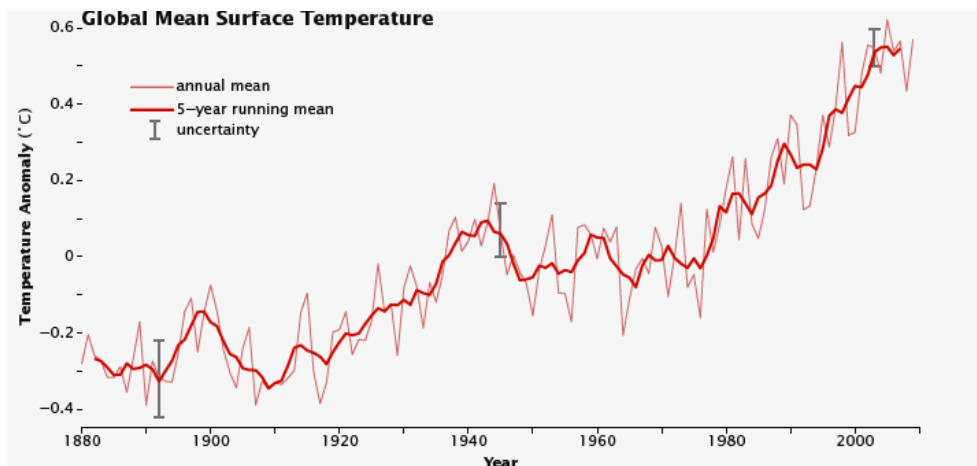
---

<sup>16</sup> <http://climate.ncsu.edu/edu/k12/.eeb>, 17.02.2017

<sup>17</sup> <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>, 17.02.2017

<sup>18</sup> <http://timeforchange.org/definition-for-global-warming-what-is-global-warming>. 17. 02.2017





Slika 12. Globalna srednja temperatura površine Zemlje. (Surface Temperature Analysis.)

Srednja temperatura Zemljine površine se povećala za 0.6 to 0.9 C° između 1906. i 2005., s time da se brzina s kojom se temperatura povećava udvostručila i zadnjih 50 godina.<sup>19</sup>

### 3.3.1 Potencijal globalnog zatopljenja

Potencijal globalnog zatopljivanja (engl. global warming potential – GWP) je mjera kojom se određuje utjecaj jedinične mase pojedinog plina na globalno zatopljenje a u odnosu na istu količinu ugljikovog dioksida koji je uzet kao referentni plin, uzimajući u obzir fizikalna i kemijska svojstva plina te njegov procijenjeni vijek zadržavanja u atmosferi. Drugim riječima, GWP je omjer učinkovitosti apsorpciranja Sunčevog infracrvenog zračenja za 1 kg stakleničkog plina u točno određenom vremenskom razdoblju u odnosu na sposobnost apsorpciranja Sunčevog IR zračenja 1 kg referentnog plina u tom istom vremenskom razdoblju a obično se izračunava za razdoblje od 100 godina i koje se obavezno navodi prilikom prikazivanja vrijednosti GWP-a.<sup>20</sup>

GWP ovisi o sljedećim čimbenicima:

- apsorpcijskom kapacitetu IR zračenja
- valnoj duljini spektra zračenja
- vremenu zadržavanja plina u atmosferi

(Visoki GWP znači visok kapacitet apsorpcije i dugi vijek zadržavanje u atmosferi)

---

<sup>19</sup> <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalWarming/page2.php>, 18.02.2017

<sup>20</sup> [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html), 18.02.2017

Plinovi dugog vijeka zadržavanja se ravnomjerni rasporede u atmosferi utjecajem vjetra, zračnih struja, temperaturnih razlika te stoga imaju izraženiji globalni efekt dok kratkotrajni plinovi (vodena para, CO, troposferski ozon, NO<sub>x</sub>, VOC), imaju više lokalizirano djelovanje.

CO<sub>2</sub>, po definiciji ima GWP, dogovorno je uzet kao referentni polin..

Metan (CH<sub>4</sub>) ima GWP od 28–36 tijekom 100 godina, i ispušten danas, a atmosferi će se zadržati preko desetljeća te će apsorbirati puno više energije nego CO<sub>2</sub>. Ukupni efekt kraćeg zadržavanja i veće absorpcijske sposobnosti se reflektira u relativno visokom GWP.

Dušikov oksid (N<sub>2</sub>O) ima GWP 265–298 puta veći od CO<sub>2</sub> u 100-godišnjem vremenskom periodu, emitiran danas, u atmosferi će se zadržati prosječno, preko 100 godina.

Klorofluorokarboni (CFC), hidrofluorokarboni (HFC), hiroklorofluorokarboni (HCFC), perfluorokarboni (PFC), i sumporni heksaflourid (SF<sub>6</sub>) su plinovi sa izraženo visokim GWP, po jedinici mase, zadržavaju značajno više topline nego CO<sub>2</sub>. GWP za ove plinove se može doseći desetine tisuća.

### **3.3.2 Utjecaj stakleničkih plinova na globalno zatopljenje**

Poremećaji u Zemaljskoj klimatskoj ravnoteži uzrokovan rastućim humanoidnim emitiranjem stakleničkih plinova u atmosferu (prošireni staklenički učinak), kombiniran s smanjenim prirodnim sposobnostima planeta razgradnje CO<sub>2</sub>, te rezultirajuće globalno zatopljenje moglo bi u budućnosti imati ozbiljne posljedice te bi moglo dovesti u pitanje postizanje cilja u ograničenju povećanja temperature Zemlje za maksimalno dva stupnja do kraja stoljeća. Ova granica je postavljen od strane UNFCCC.

### **3.3.3 Posljedice globalnog zatopljenja**

Ukoliko bi globalna emisija i dalje nastavila rasti po "Business as usual" principu, globalno zagrijavanje će imati ozbiljne posljedice, neke od njih već očite, po ekosustave a slijedom toga i život na Zemlji. Zagrijavanje mijenja klimatski sustav u kombinaciji s poremećenim prirodnim ciklusom kruženja ugljika u prirodi moglo bi izmijeniti sliku Zemlje.

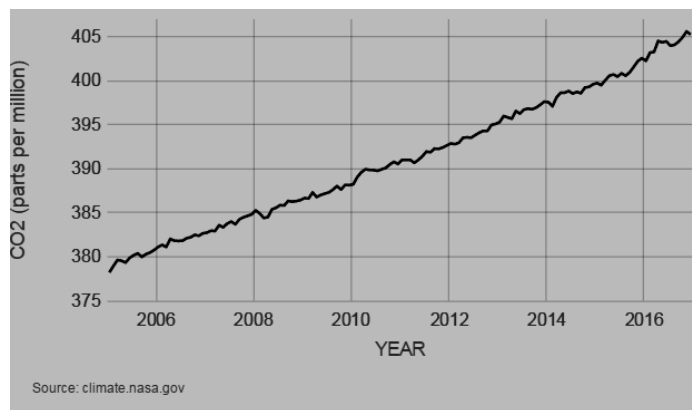
Učinci globalnog zatopljenja su već vidljivi diljem svijeta:

- povišene temperature u kombinaciji sa povećanim sadržajem vlage mogu generirati bolesti i povećati smrtnost.

- povišene temperature mogu biti okidač za klimatski vezane prirodne katastrofe, intenzivne i učestale oluje, toplinske valove, poplave na jednom a suše na drugim područjima. Toplija klima vodi ka promjenama vremenskih obrazaca.
- fizička, kemijska ili biološka onečišćenja emitiranjem štetnih plinova, para, prašine dima te nastankom smoga, kiselih kiša i sl. nepovoljno djeluje na biljni i životinjski svijet.
- toplija klima bi mogla donijeti promjene u mehanizmima širenja nekih bolesti šireći njihov geografski opseg preživljavanja.
- klimatski uvjetovane promjene mogu izmijeniti globalnu proizvodnju hrane, smanjiti prinose na pojedinim područjima.
- Intenzivnija sušna razdoblja mogu reducirati poljoprivredno pogodna područja te povećati zahtjeve za navodnjavanjem, dostupnost vode, kako kvalitativno tako i kvantitativno bi se mogla smanjiti.
- smanjenje kopnenih površina pod ledom bi moglo uzrokovati podizanje nivoa morske površine ugrožavajući priobalne zajednice, infrastrukturu, podzemne izvore pitke vode, promjene u albedo učinku,
- gubitak morskog leda
- smanjenje zaleđenih kopnenih površina (permafrost) i daljnje oslobađanje CO<sub>2</sub>
- ugrožavanje očuvanih prostora divljine i povećane stupnja istrebljenja.
- erozije priobalja
- ubrzano zakiseljavanje oceana zbog povećane količine apsorbiranog CO<sub>2</sub> što predstavlja ozbiljnu prijetnju pogotovu bićima sa karbonatnim ljušturama i kosturima.

### **3.3.4 Odgovor na globalno zatopljenje**

Trenutačna koncentracija CO<sub>2</sub> je na 405,25 ppm (Veljača 2017., Slika 13.) a kako je zatopljenje kompleksan problem, rješenja nisu ni jednostavna, brza niti jeftina.



**Slika 13.** Porast koncentracije CO<sub>2</sub>, NASA

Prvi korak k efektivnom smanjenju globalnog zatopljenja bi bio značajno smanjenje emisije stakleničkih plinova, dokazane tehničke, tehnološke i praktične mjere su dostupne i sve se više primjenjuju u razvijenijem dijelu svijeta:

- Povećanje energetske učinkovitosti: proizvodnja električne energije i prerađivačke industrije su pojedinačno, najveći emiteri stakleničkih plinova, dostupne energijski učinkovite tehnologije omogućuju uporabu manje goriva uz istovremeni zadržavanje istog ili višeg stupnja proizvodnje, usluge ili standarda
- Učinkovitiji i čistiji prijevoz: Prijevozniki kapaciteti su stalnom porastu a time i njihov udio u emisiji stakleničkih plinova. Poboljšana učinkovitost pogonskih uređaja, smanjena potrošnja po prevezenoj jedinici svih vidova prijevoznih usluga, uvođenje niskougljičnih goriva, planiranje ruta i količina tereta, brža primjena najnovijih tehnologija.
- Razvijanje obnovljivih izvora energije: Obnovljivi izvori energije su idealna nadopuna ili čak zamjena fosilnim gorivima, proširuje spektar dostupnih vidova energije, potiču rast i razvoj novih tehnologija, smanjuju stakleničke emisije. Obnovljivi izvori (solarni, vjetar, termalni izvor, bioenergija) globalno su dostupni, brzo primjenjivi a tehnologija postaje cjenovno sve dostupnija.
- Postepeno smanjenje ovisnosti proizvodnje el. energije o fosilnim gorivima: evidentan je utjecaj izgaranja ove vrste goriva na atmosferu te posljedice istog, postepeno bi njihova uporaba trebala biti zamijenjena čistijim vrstama. Ograničenost dostupnosti, i velik napredak u tehnologijama i znanjima može značajno ubrzati postepeni prijelaz na čistije izvore energije
- Upravljanje šumama i održiva poljoprivreda: krčenje šuma, osobito u tropskom pojasu (smanjenjem mogućnosti deponiranja) i poljoprivreda su značajni izvori stakleničkih

plinova, održivo upravljanje šumama i promjena poljoprivredne prakse mogu pomažu smanjenju emisija.

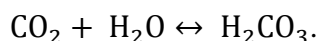
- Daljnje istraživanje nuklearne energije: usprkos lošem publicitetu posebno nakon zadnjeg incidenta u japanskoj Fukushima, nuklearna energija ima zanemariv utjecaj na klimatske promjene ali predstavlja veliku potencijalnu sigurnosnu i ekološku prijetnju.
- Razvoj i primjena novih niskougljičnih tehnologija: trenutačna istraživanja i razvoj vodikovih gorivih ćelija, baterija o prateće opreme bi mogla biti prekretnica u iskorištavanju energije.
- Osigurati održivi razvoj: povećani zahtjevi za energijom, hranom, vodom ne bi smjeli dodatno doprinosti degradaciji okoline i klimatskim promjenama. Sposobnosti država da se nose s ovakvim zahtjevima geografski variraju i tehnološki i financijski te zahtijevaju pomoć pri prijenosu znanja i tehnologija.

### 3.4 Zakiseljavanje oceana i mora

Mora i oceani prirodno upijaju CO<sub>2</sub> iz atmosfere, ljudskim aktivnostima količine CO<sub>2</sub> u atmosferi su u porastu a shodno tome i količine koje dospijevaju u mora i oceane.

Prilikom otapanja ugljičnog dioksida u moru, pokreće se kemijska reakcija kojom se smanjuje pH (povećava kiselost) istodobno smanjujući prisutnost karbonatnih spojeva. Karbonati su ključni u izgradnji oklopa i kostura mnogih vodenih vrsta (školjkaša, rakovi, koralji, kalcificirajući plankton...), smanjenjem dostupnosti karbonata ovi organizmi koriste više energije na gradnju oklopa a manje na bazično preživljavanje što smanjuje populaciju osjetljivijih vrsta. Ovim procesom poznatim kao zakiseljavanje oceana pH vrijednost se smanjuje iako i dalje ostaje alkalna.

Otopljen u vodi, CO<sub>2</sub> reagira sa vodom H<sub>2</sub>O, formirajući karbonsku kiselinu, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:



Karbonska kiselina se brzo razgrađuje formirajući H<sup>+</sup> ions (kiselinu) i bikarbonat, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (base). Kako je morska voda prirodno zasićena drugom bazom, karbonatnim ionima (HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) koji neutraliziraju H<sup>+</sup>, formirajući više bikarbonata:



Promjena u ravnoteži minerala znatno otežava preživljavanje koralja, planktona i drugih bića stvaraju kalcijev karbonat koji je glavni sastojak njihovih tvrdih oklopa ili školjki. Dva glavna oblika kalcijeva karbonata koji koriste morske vrste su kalcit i aragonit, smanjenje njihove

koncentracije u vodi otežava uvjete i za korisnike kalcita, (fitoplankton, vapnenasti organizmi, jednostanične alge), i aragonita (koralji, školjke, pteropodi i heteropodi).

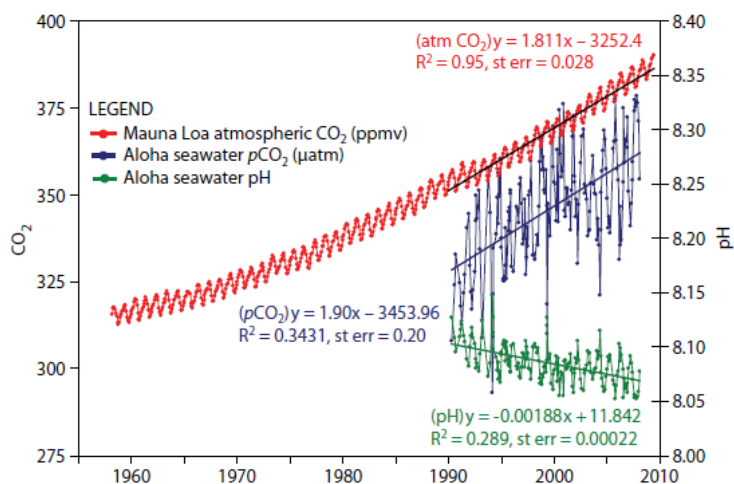
Zakiseljavanje može utjecati na neke planktone gubitak kojih bi imao devastirajući učinak u morskom hranidbenom lancu.

Karbonatni ioni djeluje odbijajuće u odnosu na CO<sub>2</sub>, troše se pomažući održavanju pH, padom njihove koncentracije u opasnosti su svi organizmi kojih preživljavanje ovisi o formiranju oklopa.

Smanjivanjem koncentracije karbonatnih iona smanjuje se i mogućnost preuzimanja antropološkog CO<sub>2</sub>, oceani preuzimaju oko ¼ globalne količine ugljičnog dioksida nastalog izgaranjem fosilnih goriva.<sup>21</sup> Nadalje, smanjenje pH utječe na mnoge biološke procese, uključujući djelovanje enzima, kalcifikaciju i fotosintezu, preciznije, na cjelokupni morski ekosistem. Koraljni grebeni će prestati rasti i početi se rastapati kod koncentracije atmosferskog CO<sub>2</sub> od 560ppm. Ova koncentracija bi mogla biti dosegnuta 2050 pod trenutačnim okolnostima.<sup>22</sup>

Zakiseljavanje oceana znanstvenici zovu i “vražji bliznac” (Evi Twain) globalnog zatopljenja jer je isti CO<sub>2</sub> odgovoran za oba poremećaja.

Ubrzanim zakiseljavanjem oceana postoji opasnost da se mnoge vrste neće biti u stanju prilagoditi tako naglim promjenama okoliša.



**Slika 14.** Godišnje promjene u atmosferskom i oceanskom CO<sub>2</sub>, i površinskoj pH. (<https://skepticalscience.com>)

<sup>21</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ocean-acidification/assessment-1>. 20.02.2017

<sup>22</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ocean-acidification/assessment-1>. 20.02.2017

U period od početka industrijske revolucije oceanski pH se smanjio sa 8.2 na ispod 8.1, što odgovara povećanju kiselosti od 26% (definirano kao koncentracija hidrogenovih iona).<sup>23</sup>

Bez značajnog smanjena CO<sub>2</sub> emisija, oporavak od ljudski induciranog zakiseljavanja je praktički nemoguć, trebale bi stotine godina da priroda uspostavi približno iste uvjete <sup>24</sup>

### 3.4.1 Posljedice zakiseljavanja oceana

Prema nekim istraživanjima morski invazivni organizmi bi mogli imati koristi od povećanje koncentracije ugljičnog dioksida i povećanje kiselosti. Ovakvi uvjeti bi mogli pogodovati organizmima kao što su invazivne alge, meduze, račići, školjke te njihovom širenju na nova staništa s obzirom da su želatinasta jedinke puno tolerantnije od onih sa tvrdim dijelovima kao što su koralji čiji izloženi kosturi se jednostavno otapaju sa porastom kiselosti. Acidifikacija može također voditi ka umiranju i nestajanje koraljnih grebena, masovnom istrjebljenju najosjetljivijih vrsta, bržem rastu i razmnožavanju različitih patogena i sl.<sup>25</sup>, mogući su poremećaji u kvaliteti staništa te promjeni odnosa u hranidbenim lancima. Promjene u kruženju vode, dostupnosti i raspodjeli nutrijenata mogu negativno utjecati na samu bazu hranidbenog lanca, fito i zooplanktone, prekidajući izvor hrane i kisika jer plankton osigurava polovinu kisika potrebnog za održavanje fundamentalnog hranidbenog lanca u moru.

## 3.5 Kyoto Protokol

Kyoto protokol je nastao iz okvirne konvencije UN o promjeni klime (UNFCCC), <sup>26</sup> potpisan 1992. protokol je međunarodni sporazum obvezuje članice potpisnice na razvoj nacionalnih programa za smanjenje emisije stakleničkih plinova te kao takav bio prvi obvezujući sporazum.

Protokol je stupio na snagu u Veljači 2005. (ratificiran od 55 zemalja Aneksa I UNFCC odgovornih za 55% svjetske emisije CO<sub>2</sub> u 1990. godini), do sada, 192 zemlje su potpisale ovaj sporazum.

- Prvi obvezujući period (2008-2012)

---

<sup>23</sup> <http://ocean.si.edu/ocean-acidification>. 21.02.2017

<sup>24</sup> [http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ocean-acidification/assessment-1/#\\_edn7](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ocean-acidification/assessment-1/#_edn7), 21.02.2017

<sup>25</sup> <https://www.plymouth.ac.uk/news/research-suggests-marine-invasive-species-benefit-from-rising-co2-levels>, 21.02.2017

<sup>26</sup> <http://unfccc.int/2860.php>. 22.02.2017

Ciljevi prvog obvezujućeg perioda Kyoto Protokola pokriva emisiji 6 glavnih stakleničkih plinova:

- Ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>)
- metan (CH<sub>4</sub>)
- dušikov oksid (N<sub>2</sub>O)
- Hidroflorokarbone (HFC)
- Perfluorokarboni (PFC); i
- Sumporni haksaflorid (SF<sub>6</sub>)

Industrijalizirane zemlje navedene u Aneksu B Protokola obvezale su se smanjiti njihove emisije stakleničkih plinova za 5% u usporedbi sa emisijama iz 1990. godine od ukupno 40 zemalja Aneksa I, njih 39 je potpisalo i ratificiralo sporazum, od toga broja, 34 su se složile da će reducirati i emisiju CO<sub>2</sub> u skladu sa Aneksom B.

Prema protokolu, zemlje UNFCCC Aneksa I će se posvetiti nacionalnom ili zajedničkom smanjenju i to: 8% kombiniranog smanjenja u Europskoj Uniji, 7% u SAD (neobvezujuće jer SAD nisu ratificirale sporazum, 6% u Japanu, i 0% u Rusiji. Protokol je dozvolio povećanje emisije u Australiji za 8% i Island za 10%.

Međunarodni zračni i pomorski prijevoz nije bio obuhvaćen ovim sporazumom.

- Drugi obvezujući period (2013-2020.)

Na konferenciji o klimatskim promjenama u Dohi, Qatar (COP 18/CMP 8),<sup>27</sup> članice su se sporazumjele o produženju Kyoto Protokola do 2020. Ovaj bi period trebao premostiti jaz između završetka prvog perioda<sup>28</sup> i stupanja na snagu novog ugovora u 2020 godini.<sup>29</sup> Tijekom ovog razdoblja EU i Australija su se dogovorile dodatna smanjenja emisije. Za EU zajedno sa Islandom, ova redukcija bi trebala biti za 20% manja od one 1990 godine.

Novi Zeland, Japan i Rusija su odlučili ne primjenjivati odredbe drugog perioda, pa za sada države koje participiraju ne pokrivaju niti 15% globalnih emisija.

Svaka od država Aneksa I obvezna podnijeti godišnji izvještaj sa navedenim svim emisijama i njihovim izvorima, uključivo mjere za njihovo smanjenje.

---

<sup>27</sup> <http://www.bmub.bund.de/en/topics/climate-energy/climate/international-climate-policy/climate-conferences/chronicle-of-climate-change-conferences/>, 22.02.2017

<sup>28</sup> [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/kyoto\\_1\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/kyoto_1_en), 23.02.2017

<sup>29</sup> [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en), 22.01.2017



U biti, cilj Kyoto protokola je stabilizacija koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi na vrijednost koja bi spriječila opasne klimatske promjene.

Principi Kyoto protokola:

- privrženost – redukciji stakleničkih plinova (GHG) obvezujuće za zemlje Aneksa I, kao i opća privrženost svih članica.
- primjenjivost – priprema smjernica i mjera za redukciju emisije stakleničkih plinova za zemlje Aneksa I, u svrhu postizanja ciljeva protokola
- minimaliziranje utjecaja na zemlje u razvoju – omogućujući financijsku pomoć te prijenos znanja i tehnologije u svrhu osiguranja integriteta protokola.
- suglasnost - uspostava mjera u svrhu nametanja poštivanja odredbi protokola.

Cilj Kyoto protokola je uspostaviti obvezujući međunarodni sporazum koji bi osigurao posvećenost svih zemalja učesnica provođenju i unapređivanju mjera za smanjenje stakleničkih emisija.

Protokol dozvoljava nekoliko tzv. fleksibilnih mehanizama (trgovanje emisijama, ulaganje u čiste razvojne projekta, i mehanizam zajedničkih projekata,) da bi omogućio zemljama Aneksa I ispuniti obveze u smanjenju emisija, dozvolivši im kupovinu kvota bilo kupnjom na tržištu ili financiranjem projekata koji pomažu smanjenju emisija zemalja koje ne pripadaju Aneksu I.

Neke su zemlje ispunile ciljeve smanjenja zbog globalne ekonomske krize a ne zbog stvarnog smanjenja (hot air).

Mehanizam zajedničkih projekata (Joint Implementation), projekt dvije države obvezne smanjiti redukciju po odredbama Kyoto protokola, ako jedna država financira projekt u drugoj državi kredit ide državi koja je investitor.

Čisti razvojni projekti (The clean development mechanism CDM), projekti financirani od strane jedne industrijalizirane zemlje koja je po protokolu obvezna smanjiti emisiju, u zemlji u razvoju, ovako zarađeni kredit ide državi koja je investitor.

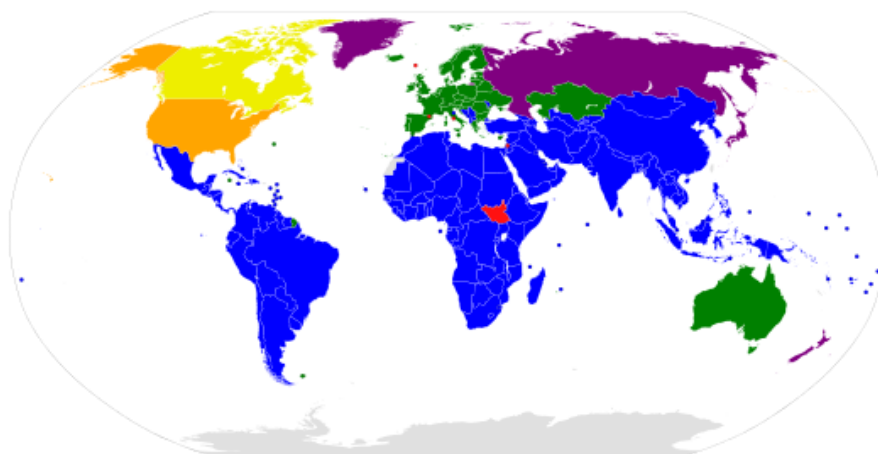
Cilj čistih razvojnih projekata nije prvenstveno smanjenje troškova emisije nego pomoć zemljama u razvoju pri prijenosu znanja i tehnologije u uspostavi eko ekonomije.

Svi ovakvi projekti moraju biti prihvaćeni i odobreno od strane odbora prije nego im se dozvoli kreditiranje emisije.

Da bi koristile Kyoto mehanizme, zemlje moraju:

- ratificirati Kyoto protokol
- ispuniti njihove zahtjeve za redukcijom (Aneks B zemlje)

- izračunati nacionalnu emisije i uspostaviti nacionalni sustav za prikupljanje podataka i inventara stakleničkih plinova za transakcije kredita



Slika 15. Kyoto Protokol zemlje (unfccc.int/kyoto\_protocol)

**Annex B** parties with binding targets in the second period

**Annex B** parties with binding targets in the first period but not the second

**non-Annex B** parties without binding targets

**Annex B** parties with binding targets in the first period but which withdrew from the Protocol

**Signatories** to the Protocol that have not ratified

**Other** UN member states and observers that are not party to the Protocol

Protokol je donekle dodatno opteretio razvijenije zemlje po principu “općih ali različitih odgovornosti” (common but different responsibilities). Činjenica je da su razvijenije zemlje u principu odgovornije za trenutnu visoku koncentraciju stakleničkih plinova kao rezultat 150godišnje industrijske aktivnosti:

- najveći udio prethodnih emisija stakleničkih plinova potječe od razvijenih zemalja es
- “per capita” emisije u zemljama u razvoju su još relativno niske
- udio emisija zemalja u razvoju će rasti da bi se zadovoljile rastuće socijalne i ekonomske

Drugim riječima, Kina, Indija i druge zemlje u razvoju nisu uključene u bilo kakva količinska ograničenja po Kyoto protokolu iz razloga što nisu bile među glavnim emiterima stakleničkih plinova u vremenu prije stupanje ugovora na snagu.

Konačno, po kritičarima Kyoto protokol zahtjeva premalo i prekasno, sa postavljenim ciljem od smanjenja emisije za 5,2% čak i ako ispunjen u potpunosti praktički ne predstavlja napredak zbog prenisko postavljenih ciljeva i zbog činjenice da u zemljama koje protokol ne obvezuje

emisije rastu nekontrolirano. Možda je puno veća zasluga protokola uspostava mehanizama za praćenje i verifikaciju emisija te uspostava mehanizama za prijenos tehnologije, znanja i sredstava.

Sam po sebi Kyoto protokol neće postići značajan napredak jer se ne primjenjuje na sve države, od današnjih glavnih zagađivača Kine i Indije se ne zahtjeva nikakvo smanjenje emisije a najveći zagađivač SAD, nisu ratificirale sporazum. Kao rezultat, svjetska emisija bi mogla biti smanjena samo za nekoliko postotaka, donekle samo uspoređujući emisije stakleničkih plinova.

#### **4. POMORSKA PRIJEVOZNIČKA INDUSTRIJA U EMISIJI CO<sub>2</sub>**

Danas se morem prevozi 90% svih roba po volumenu u, te iz svih 28 članica Europske Unije i oko 80% volumena sve robne razmjena SAD.<sup>30</sup>

Tijekom protekla tri desetljeća aktivnosti u pomorskom prijevozu, mjereno kao metrička tona/milja (MT/mile) je rasla prosječno 5% na godišnjoj razini. Budući da su emisije pomorskog prijevoza donekle umjereno kontrolirane, ovaj rast je bio i razmjerno praćen udjelom u globalnom zagađenju zraka.

Iako je pomorski prijevoz najučinkovitiji oblik prijevoza, zbog velikog volumena prevezenih roba značajno doprinosi emisiji i ugljičnog dioksida, dušikovih oksida, sumpornih spojeva te finih čestica prašine

Pomorska flota je pod jurisdikcijom Međunarodne pomorske organizacije (International Maritime Organization, IMO) posluje van nacionalnih granica te kakva podliježe međunarodnim zakonima.

Čak i u zadnjem tekstu Pariškog dogovora pomorski prijevoz nije spomenut, možda u pokušaju osiguravanja bolje pregovaračke pozicije u naporima da se osigura ravnopravnost svih članica IMO koji sve članice tretira jednako. Ograničavanje emisije stakleničkih plinova sa brodovlja bi vjerojatno značajno povećalo troškove prijevoza i imalo negativne učinke po svjetsku trgovinu i ekonomiju. Nadalje, međunarodne napore za uspostavljanje novih regulatornih okvira i zahtjeva otežavaju kompleksni odnosi koji postoje u pomorskom prijevozu između vlasnika brodova, vlasnika tereta, operatera i sl. Ukoliko se nastavi sa sadašnjim trendovima i projekcijama porasta obujma prijevoza od 50-250%, ako pomorski prijevoz ostane izvan

---

<sup>30</sup> [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing\\_ships\\_2007.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing_ships_2007.pdf), 18. 02.2017

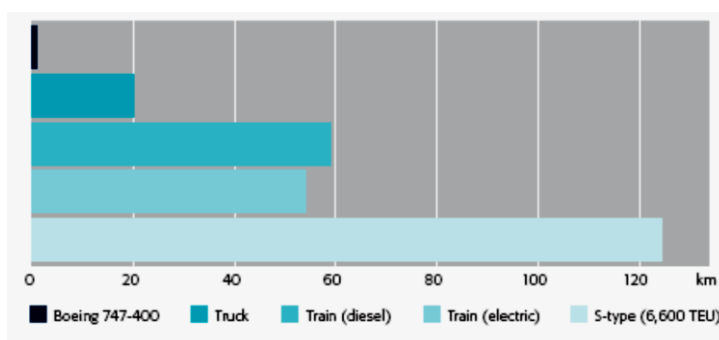
regulatornih okvira, do 2050. udio prijevozničke industrije u emisiji stakleničkih plinova bi mogao doseći 40% ukupne CO<sub>2</sub> emisije. Izostanak regulative i kontrole prijevoza, uključujući pomorskog, bi mogao ugroziti ispunjavanje plana o zadržavanju porasta temperature ispod 2°C. Ipak, i u ovakvim uvjetima, usvajanje čistijih goriva i primjena postojećih mjera za kontrolu onečišćenja može značajno poboljšati učinkovitost zaštite okoliša fokusiranjem na smanjenje emisija. Pogonska goriva s nižim sadržajem sumpora, optimizirani pogonski strojevi i ostali uređaji, obrade ispušnih plinova dokazano i značajno poboljšavaju ekološki učinak.

Dostupne mjere za redukciju NO<sub>x</sub> su sve isplativije. Pojedine države (Sjeverna Europa, SAD, djelomice Kina), su nametnule obvezne mjere kojima nastoje ograničiti emisije štetnih supstanci (obvezna uporaba niskosumpornih goriva za brodove kad operiraju u priobalnim vodama i lukama, ograničenja brzina u pojedinom područjima i unutarnjim plovnim putovima te boravka u lukama).

Ove mjere vode k povećanju uporabe skupljeg odsumporenog goriva i ubrzanom prihvaćanju dokazano učinkovitijih mjera i novih tehnologija. Brodsko pogonsko gorivo je esencijalna komponenta u bilo kojem ciljanom smanjenju emisije SO<sub>x</sub> i finih čestica s brodova, postojeća politika primjene područja kontrole emisije SO<sub>x</sub> (Emission Control Areas, SECA), uporabom goriva s manje od 0,1 % sumpora ili primjena odgovarajućih post-tretmana, će najizglednije biti proširena sa sadašnjih (Sjeverna Europa, SAD) i na druga kritična područja.

#### 4.1 Međunarodna pomorska organizacija i CO<sub>2</sub> Emisija

Pomorski promet je najefikasniji oblik prijevoza robe, (Slika 16) te kao industrija pokušava unaprijediti učinkovitost iskorištavanje goriva.



**Slika 16.** Udaljenost pokrivena 1 tonom tereta s emisijom 1 kg CO<sub>2</sub> (MAERSK Line)

Međunarodna pomorska organizacija trenutačno slijedi zacrtani trostupanjski plan s ciljem implementacije buduće regulative u emisiji stakleničkih plinova:<sup>31</sup>

- razviti sistem prikupljanja podataka o potrošnji goriva, emisiji CO<sub>2</sub>, efikasnosti za svaki brod. (Measurement, reporting and verification, MRV)
- dogovoriti i provesti regulativu i sadržaj budućih tehničkih i operativnih mjera s ciljem smanjenja emisija
- primijeniti prihvaćene mjere.

Nije zadan određen datum za implementaciju.

IMO je u 1997. prihvatio rezoluciju "CO<sub>2</sub> emisije sa brodova" te proveo istraživanje o emisiji stakleničkih plinova sa brodova sa svrhom određivanja količine i relativnog postotka emisije GHG sa brodova u ukupnoj globalnoj emisiji.

Kao prvi korak ikad, MARPOL Annex VI, prvotno prihvaćen u 1997., limitira emisiju glavnih polutanata sadržanih u ispušnim plinovima (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>,) i zabranjuje namjerno ispuštanje tvari koje oštećuju ozonski omotač (ozone depleting substances ODS). MARPOL Anex VI također regulira i uporabu brodskih incineratora, rukovanje lakohlapljivim spojevima na tankerima (volatile organic compounds VOC). Sljedeći korak je bilo prihvaćanje značajno snažnijih mjera, poslije trogodišnjeg monitoringa prihvaćena je revizija MARPOL Aneksa VI prihvaćanjem NO<sub>x</sub> tehničkog kodeksa koji je stupio na snagu 1. Srpnja 2010.

Nadopunjeni MARPOL Aneks VI je predvidio progresivno smanjenje emisijama SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i čestica prašine predstavljanjem zona kontrolirane emisije radi smanjenja emisije ovih polutanata u određenim područjima. U ECA zonama, ograničenje za gornju granicu sadržaja sumpora u gorivu na 0,1% za SO<sub>x</sub> i fine čestice obvezno je od 1. Siječnja 2015.

Nadalje, prema MARPOL Aneksu VI, globalni plafon sumpora u gorivu biti će ograničen sa sadašnjih 3.50% to 0.50%, počevši od 1. Siječnja 2020., ovisno o studiji izvedivosti koja treba biti kompletirana do kraja 2018.

Nadopunjeni NO<sub>x</sub> Tehnički kodeks 2008 uključio je novo poglavlje kojim se reguliraju postojeći (pre-2000) motori, te odredbe za mjerenje i monitoring, metode i postupke certificiranja za postojeće motore te postupke testiranja koji će se primjenjivati kod Tier II i Tier III motora.

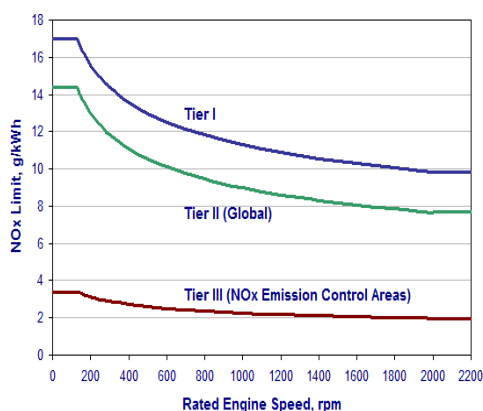
---

<sup>31</sup> <http://www.ssi2040.org/wp-content/uploads/2015/11/CO2-emission-targets-UCL-report-for-SSI.pdf>, 18.02.2017

Smanjenje NOx emisije od strane brodskih diesel motora određuje primjenu "Tier II" standard za strojeve konstruirane poslije 1. Siječnja 2011. Brodski strojevi instalirani na brodovima poslije 1. Siječnja 1990 ali prije 1. Siječnja 2000 morali su udovoljavati "Tier I" standardima te biti certificirani od strane pomorske administracije. MEPC 66 (Travanj 2014) prihvaća amandman na regulaciju 13, MARPOL Aneksa VI određujući obvezu zadovoljavanja "Tier III" standard emisije počevši od 1. Siječnja 2016 brodovima koji operiraju u ECA zoni (North American Emission Control Area and the U.S. Caribbean Sea Emission Control Area). Dodatno, "Tier III" standard je primjenjiv kod operacija i u ostalim zonama kontrole emisije. Nadalje, "Tier III" standard se neće primjenjivati na motore instalirane na brodovima prije 1. Siječnja 2021 a manji su od 500 GRT te namijenjeni isključivo rekreaciji.

Tier	Date	NOx Limit, g/kWh		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
Tier I	2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96

In NOx Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).



Slika17. TIER klasifikacija (MAN)

IMO odbor za zaštitu okoliša, (Marine Environmental Protection Comitee ) MEPC 62 (Srpanj 2011) dodaje MARPOL Aneksu VI novo poglavlje 4 nazvano "Reguliranje energetske efikasnosti brodova", prvi ikad obvezni globalni režim smanjenja stakleničkih plinova koji pokriva čitavi industriju pomorskog prijevoza. Ovim je indeks energetske učinkovitosti (Energy Efficiency Design Index, EEDI) postao obvezan za nove brodove a brodski plan

upravljanja energetsom učinkovitosti (Ship Energy Efficiency Plan, SEEMP) za nove i za brodove u eksploataciji. Ova regulacija je na snazi od 1. Siječnja 2013.

IMO je dogovorio osnovne principe u budućem razvoju regulative emisije CO<sub>2</sub> sa brodova u suradnji sa vladama država članica te će buduća regulative nastojati:<sup>32</sup>

- efektivno reducirati CO<sub>2</sub> emisije
- biti obvezujuće i uključiti sve zastave
- biti isplative
- ne narušavati konkurenciju
- biti bazirane na održivom razvoju, ne ograničavati razvoj i ekonomski rast
- inati zadani cilj i rok, ne favorizirati bilo koju tehnologiju ili metodu
- poticati istraživanje i razvoj čitave industrije pomorskog prijevoza
- uzimati u obzir nove tehnologije
- biti praktične, transparentne, lako primjenjive

Procijenjena emisija CO<sub>2</sub> od strane pomorskog prijevoza je bila 796 mil. tona u 2012., što je bilo oko 2.2% ukupne globalne emisije CO<sub>2</sub> u toj godini. Prije ekonomske krize, u 2007. godini brodarstvo je emitiralo 885 mil. tona CO<sub>2</sub>, što je bilo 2.8% ukupne emisije te godine.<sup>33</sup> Pomorski prijevoz emitira oko 1000 mil. tona CO<sub>2</sub> godišnje što čini oko 2.7% svjetske emisije stakleničkih plinova.<sup>34</sup>

MEPC je prihvatio i obvezujuće amandmane poglavlja 4 aneksa VI koji bi trebali stupiti na snagu 1. Ožujka 2018. kojom se regulira prikupljanje i reportiranje potrošnje goriva te slanja tih informacija u IMO radi formiranja baze podataka. Svakom brodu će se nakon prijave relevantnih podataka izdati “izjava o udovoljavanju”.

## 4.2 Emisije sa putničkih brodova.

Krstarenja morem i turizam emitiraju oko 3% ukupnih stakleničkih emisija vezanih uz brodovlje. Po procjeni, sa ekonomskim oporavkom ova grana pomorske industrije bi mogla rasti po stopi od 2,5 % godišnje do 2035. godine.<sup>35</sup>

---

<sup>32</sup> <https://www.marpol-annex-vi.com/emissions/co2-emissions/>, 24.02.2017

<sup>33</sup> <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Greenhouse-Gas-Studies-2014.aspx>, 25.02.2017

<sup>34</sup> 3<sup>rd</sup>IMO GHG study, 25.02.2017

<sup>35</sup> <http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2016-10-18-02.aspx>, 25.02.2017

Kako se radi o velikim potrošačima fosilnog goriva, emisija CO<sub>2</sub> je velika po jednom putniku, aktivnosti na unapređenju energetske učinkovitosti, uključujući nadogradnje postojećih brodova, mjere za smanjenje potrošnje goriva, razvoj i primjena učinkovitijih tehnologija bi mogli biti nedovoljni za postizanje CO<sub>2</sub> neutralnog T&T (travel and tourism) sektor.

Putnički brod za krstarenje može ispustiti u atmosferu i do 712 kg CO<sub>2</sub> po kilometru po putniku. Prosječna količina ispuštenog stakleničkog plina broda prosječne veličine iznosi 401g CO<sub>2</sub> po putniku/km. S povećanjem broda smanjuje se i emitirana količina stakleničkog plina po putniku pa je prosjek industrije ispuštanje 120g CO<sub>2</sub> po putniku po kilometru,<sup>36</sup> imajući u vidu da ovi brodovi nude smještaj, hranu, zabavu, za što koriste enormne količine energiju kao i za sve ostale prateće servise.

Nadalje, većina putnika do ukrcajne luke putuje avionima te dodatno povećava emisije ugljičnog dioksida.

Brodovi za krstarenje proizvode ogromne količine otpada (3.5 kg smeća po putniku dnevno, uspoređeno s 0.8 kg proizvedeno po čovjeku na kopnu<sup>37</sup>). Ovaj otpad se ili spaljuje u brodskim incineratorima imajući tako lokalizirane učinke na atmosferu ili se odlaže lokalno, a vrlo mali broj njih ima ikakvu politiku potpora ili kompenzacija lokalnim zajednicama.

Procjena je da godišnje ovi brodovi emitiraju 1.2 - 1.6 milijuna tona finih čestica prašine u atmosferu godišnje.

Uzet kao primjer, najveći brod za kružna putovanja na svijetu, „Harmony of the Seas“ za pogon koristi tri 18,860kW Wärtsilä 16V46 16-cilindarske glavna diesel generatora te tri Wärtsilä 12V46 12-cilindarska stroja za pogon elektrogeneratora svaki po 13,860kW. S prosječnom potrošnjim od 170 gr/kwW/h dnevno izgori oko 300 MT najprljavijeg teškog rezidualnog goriva, dnevno ispusti više CO<sub>2</sub> i sumpornih spojeva nego nekoliko milijuna automobile.<sup>38</sup> Za usporedbu, supertanker nosivosti 300000 DWT pri punoj brzini dnevno potroši 100 MT teškog goriva.

Pored emisije stakleničkih plinova, tipičan cruiser sa 3000 putnika dnevno proizvede preko 1000m<sup>3</sup> biološkog otpada i preko 8000m<sup>3</sup> otpadnih voda dnevno.<sup>39</sup>

Svi brodovi su opremljeni uređajima za obradu otpadnih voda, ali po odredbama MARPOL konvencije, legalno ispuštaju crne netretirane vode ako su 12 nm udaljeni od obale osim u

---

<sup>36</sup> <http://www.telegraph.co.uk/travel/hubs/greentravel/739287/Flying-three-times-greener-than-cruising.html>, 25.02.2017

<sup>37</sup> <http://www.responsibletravel.com/copy/how-responsible-are-cruise-liners>, 25.02.2017

<sup>38</sup> <http://www.britishgas.co.uk/business/blog/introducing-the-worlds-largest-cruise-ship/25.02.2017>

<sup>39</sup> <https://www.tourismconcern.org.uk/cruise-ships/>, 25.02.2017



nekoliko područje u kojima se zahtjeva zadržavanje crnih voda u tankovima, sive vode (tuševi, pranje) ispuštaju se nekontrolirano što ima ozbiljne posljedice po život u moru se jednostavno guši zbog velikih količina dušičnih i fosfatnih spojeva.

Brodovi također prenose velike količine balastnih voda povećavajući mogućnosti prijenosa patogena ili invazivnih vrsta u druge ekosisteme a oko 70% najpopularnijih destinacija se nalazi u područjima sa ionako ugroženom bioraznolikošću.<sup>40</sup> Konvencija o kontroli balastnih voda (The International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, BWM Convention) će stupiti na snagu 8. Rujna 2017.

### 4.3 Emisije sa teretnih brodova

Procijenjena ukupna potrošnja bunker goriva u 2013. godini iznosila je 372.30 mil. tona. Očekuje se da će tržište teškog bunker goriva dosegnuti volumen od 460 mil. tona do kraja 2020. godine, (50 mil tona u luci Singapore u 2016.) sa godišnjim rastom od 3.1% u period od 2014 -2020. <sup>41</sup> Vrijednost potrošenog bunker goriva bi mogla porasti s US\$232.72 bn u 2015. na US\$292.42 bn do 2020.

Tri najveće svjetske bunker luke, Singapore, Fujairah (UAE) i Rotterdam, kombinirano, rukuju s 1/3 goriva potrošenog globalno od strane flote. Važnije točke za ukrcaj bunkera su još i Hong Kong, Antwerp, Busan, Gibraltar, Panama.

Obzirom na vrstu, teško gorivo (IFO 380) je daleko najzastupljenije, dok po krajnjim korisnicima suha kontejnerska tonaža je tonaža je najveći korisnik sa udjelom od 44.1% globalne potrošne bunkera, slijede tankere te brodovi za prijevoz rasutog/generalnog tereta.

Geografski, Azija - Pacifik je područje gdje se teško pogonsko bunker gorivo najviše troši te bi do 2020 udio ovog područja mogao doseći 39% globalnog tržišta.<sup>42</sup>

Po nekim prognozama,<sup>43</sup> CO<sub>2</sub> emisije sa brodovlja svjetske flote bi mogle porasti čak i do 250% u sljedećih 35 godina te bi na tom nivou predstavljale 14% ukupne emisije stakleničkih plinova udo 2050. godine (Slika 18) <sup>44</sup>

---

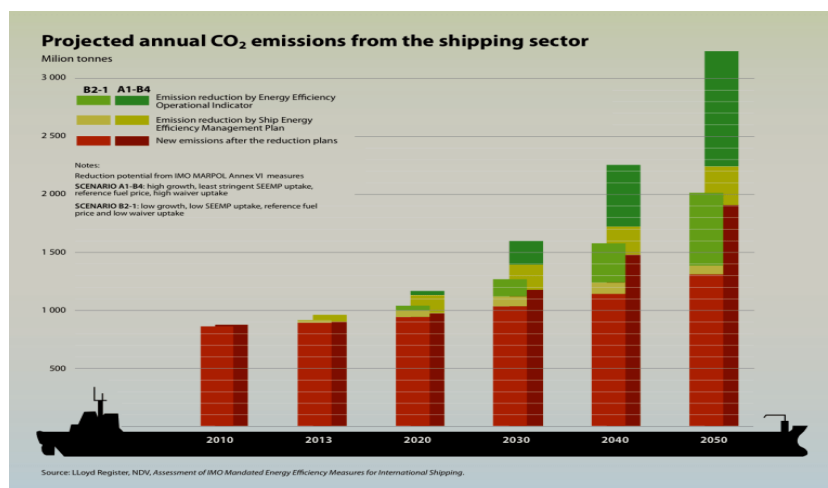
<sup>40</sup> 70% of cruise destinations are in biodiversity hotspots, 25.02.2017

<sup>41</sup> <http://www.transparencymarketresearch.com/>, 25.02.2017

<sup>42</sup> **Bunker Fuel Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2014 – 2020, 25.02.2017**

<sup>43</sup> <https://www.transportenvironment.org/newsroom/blog/paris-don%E2%80%99t-leave-out-planes-and-ships>, 25.02.2017

<sup>44</sup> [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/MEPC 67-INF.3 - Third IMO GHG Study 2014 - Final Report \(Secretariat\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/MEPC%2067-INF.3-Third%20IMO%20GHG%20Study%202014-Final%20Report%20(Secretariat).pdf), 25.02.2017



**Slika18.** Predviđena godišnja emisija sa brodovlja (Lloyds)

Između 2007. i 2012. međunarodni pomorski prijevoz je godišnje u prosjeku, emitirao ekvivalentno, 866 mil. tona CO<sub>2</sub>. To predstavlja 2,4 % globalnih emisija u tom periodu. U 2012 godini, ukupne emisije pomorskog prometa bile su 938 mil. tona CO<sub>2</sub>, odnosno 961 mil. tona CO<sub>2</sub> e za ukupne stakleničke plinove (uključivo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O) što predstavlja oko 2.2% odnosno 2.1% ukupnih emisija CO<sub>2</sub>, i GHG emisija kao CO<sub>2</sub> equivalent (CO<sub>2</sub>e).

Year	Global CO <sub>2</sub>	Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	31,409	1,100	3.5%	885	2.8%
2008	32,204	1,135	3.5%	921	2.9%
2009	32,047	978	3.1%	855	2.7%
2010	33,612	915	2.7%	771	2.3%
2011	34,723	1,022	2.9%	850	2.4%
2012	35,640	938	2.6%	796	2.2%
Average	33,273	1,015	3.1%	846	2.6%

Third IMO GHG Study 2014 CO<sub>2</sub>e

Year	Global CO <sub>2</sub> e	Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	34,881	1,121	3.2%	903	2.6%
2008	35,677	1,157	3.2%	940	2.6%
2009	35,519	998	2.8%	873	2.5%
2010	37,085	935	2.5%	790	2.1%
2011	38,196	1,045	2.7%	871	2.3%

2012	39,113	961	2.5%	816	2.1%
Average	36,745	1,036	2.8%	866	2.4%

**Tablica 2 a)** Shipping CO<sub>2</sub> emissions compared with global CO<sub>2</sub> (values in million tonnes CO<sub>2</sub>);

**Tablica 2b)** Shipping GHGs (in CO<sub>2</sub>e) compared with global GHGs (values in million tonnes CO<sub>2</sub>e).

Konzistentno za sve brodove, glavni pogonski strojevi, su očekivano dominantni potrošači. Sva tri glavna segmenta pomorskog prijevoza, gledajući sa perspective emisija CO<sub>2</sub>, dijele globalna ekonomska kretanja i trendove (nisku razinu aktivnosti i smanjenu produktivnost), što je imalo utjecaj in a kretanja u globalnom prijevozu roba morem.

Slijedom toga, u periodu 2007–2012. svjetska flota je primjenjivala usporeni režim plovidbe kao posljedicu diktata tržišta. Tako je prosječni smanjenje brzine u odnosu na dizajniranu brzinu iznosilo 12% dok je prosječna dnevna potrošnja goriva smanjena za 27%.<sup>45</sup>

#### 4.4. Emisije kod proizvodnje nafte i plina

Eksploatacija fosilnih goriva je također dio karbonskog ciklusa, emisije stakleničkih plinova vezane uz istraživanje i eksploataciju nafte, plina i ugljena su poprilične.

Crpljenje nafte i plina su energetske intenzivne aktivnosti, većina CO<sub>2</sub> emisija potiče od uređaja (plinskih turbine, motora) smještenih na proizvodnim platformama te oko naftnih i plinskih polja a služe za generiranje terenske el. energije te od spaljivanja usputnog plina.

Tehnologija proizvodnje je ista na kopnenim i na “offshore” instalacijama, trenutna tehnološka razina u proizvodnji nafte i plina rezultira sljedećim glavnim načinima ili izvorima stakleničkih emisija:

- ispušni plinovi strojeva, turbina i terenskih zagrijača.
- izgaranje plina u bakljama.
- testiranje bušotina
- ostali tehnološki procesi (napredne metode crpljenja nafte, (enhanced oil recovery EOR).

Izgaranje plina putem baklji (flaring) je kontrolirano izgaranje prirodnog plina kao nusproizvoda pri crpljenju nafte čime se u atmosferu emitiraju CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub>.

---

<sup>45</sup><http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>, 22.02.2017

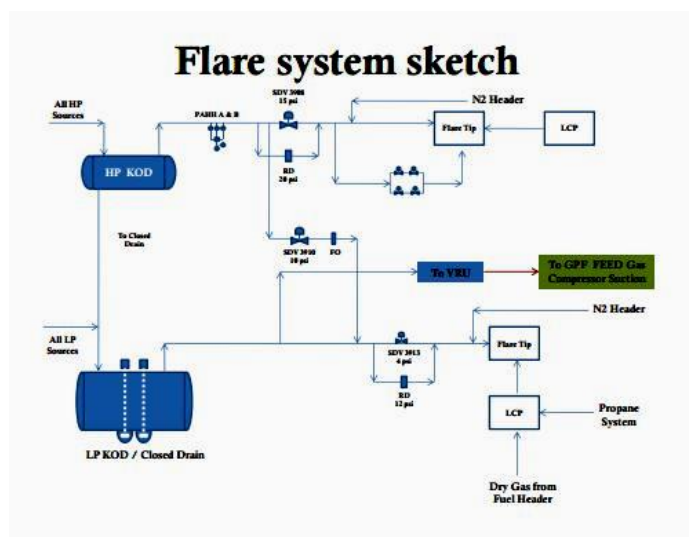
Taj se plin ispušta i neizgoren direktno u atmosferu kroz kontrolirano ventiliranje.

Zbog nedostatka infrastrukture, postrojenja za prikupljanje i obradu ovakvog plina te poteškoća pri prijevozu i do 30% plina se spali.<sup>46</sup> (Slika. 19, 20)

Tehnologija za prikupljanje i obradu je dostupna ali ovakva postrojenje zahtijevaju velika ulaganja kao i želju da se smanji emisija stakleničkih plinova (Slika. 20)

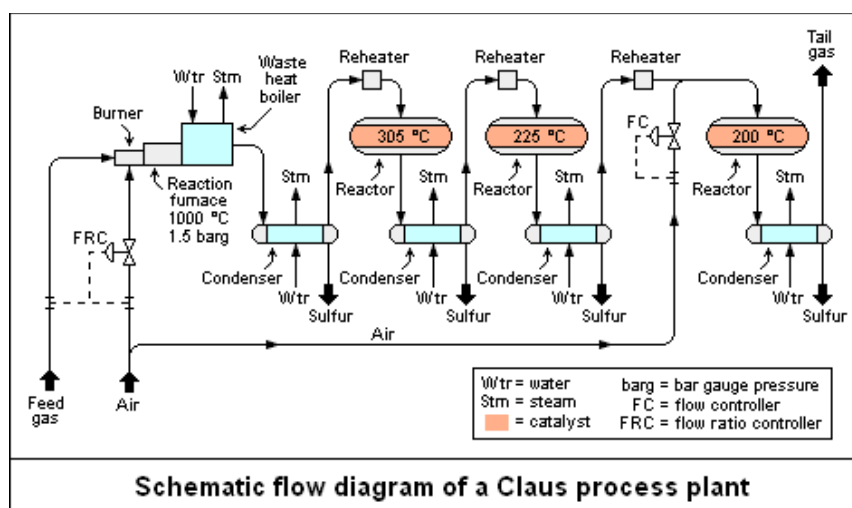
Činjenica da se pri proizvodnji u svim etapama do krajnjih potrošača, izgubi i do 30% plina to bi mogao biti poticaj industriji nafte i plina te proizvođačima opreme i uređaja procjene mogućnosti primjene postojećih te ubrzaju razvoj i primjenu novih praktičkih i tehničko-tehnoloških mjera prikupljanja, obrade i prijevoza plina u svrhu smanjenja gubitaka i ispuštanje plina u atmosferu.

Hlapljivi organski spojevi (VOC) se emitiraju isparavanjem iz otvorenih tankova koji nisu opremljeni uređajima za prikupljanje i recikliranje, prilikom operacija prekrcaja i prijevoza, ventiliranja, testiranja bušotina, propuštanja i sl.



Slika 19. Sistem baklji (Petrowiki)

<sup>46</sup> <http://petrowiki.org/Emissions from oil and gas production operations>, 22.02.2017



Slika 20. Claus-ovo postrojenje, <https://chemengineering.wikispaces.com/Claus+process>

## 5. ENERGETSKA UČINKOVITOST

Cilj IMO-a kao krovne pomorske organizacije je kreirati pošten, učinkovit, i primjenjiv regulatorni okvir koji će obuhvatiti čitavu industriju pomorskog prijevoza te od država članica zahtjeva primjenu, nametanje i udovoljavanje zahtjevima kroz kontrole pomorske administracije zastave pripadnosti i luke u koju brod pristane (Flag and Port States) koje imaju pravo nametnuti svaku mjeru koju smatraju potrebnom uključujući zadržavanje broda ili ogromne kazne od kojih nisu isključene ni posade u slučaju namjernog kršenja odredbi. Od brodovlasničkih udruga se očekuje podrška i aktivno sudjelovanje u provedbi odluka.

### 5.1. Uloga IMO u unapređivanju energetske učinkovitosti

Zaštita mora, posebno istaknuta još u Konvenciji UN pravu mora naglašava važnost zaštite morskog okoliša te razvoja i primjene odgovarajućih mehanizama kroz certificiranje i kontrole.

Kao dio globalnih nastojanja u smanjenju emisija stakleničkih plinova, industrija pomorskog prijevoza, dosada isključena iz bilo kakvih dogovora o smanjenju emisije, treba rukovati i upravljati nisko emitirajućim/visoko učinkovitim brodovljem. Ostvarivanje ovog cilja zahtjeva angažiranje svih zainteresiranih (brodovlasnika, pomorskih administracija, zakonodavaca, brodograditelja, proizvođača opreme, vlasnika tereta, unajmitelja...).

## **5.2 Projektni indeks energetske učinkovitosti i Brodski plan upravljanja energetsom učinkovitosti**

Prva ikad donesena mjera u cilju poboljšanja učinkovitosti je bila nadopuna MARPOL konvencije, Prilog VI dodavanjem novog poglavlja 4: Pravila za energetske učinkovitost brodova. Odredbama ovog poglavlja Projektni indeks energetske učinkovitosti (Energy Efficiency Design Index, EEDI) postaje obavezan za svaki novi brod dok Brodski plan upravljanja energetsom učinkovitosti (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP) mora imati svaki brod. Regulacija je stupila na snagu 1. Siječnja 2013. i primjenjiva je na sve brodove iznad 400 GRT. Regulacija zahtjeva od svih brodova izgrađenih poslije 2013. godine povećanje učinkovitosti za 10% s povećanjem na 20% u periodu od 2020. - 2024. godine te a 30% povećanje učinkovitosti poslije 2024. godine usporedivo sa bazičnom (referentnom) vrijednošću postavljenom 2013. godinu baziranoj na regresijskoj analizi efikasnosti brodova građenih u periodu 1999. – 2009. EEDI je bio prva planetarno obvezujuća mjera ciljano namijenjena povećanju energetske učinkovitosti novoizgrađenih brodova. Indeks se bazira na učinkovitosti dozvoljavajući industriji slobodu izbora tehnologije broskog dizajna i izbora opreme sve dok je postignut projektni indeks energetske učinkovitosti.

Očekuje se da bi EEDI trebao dovesti do smanjenja emisije stakleničkih plinova do 2030. za očekivanih 25-30, usporedivo sa trenutnim trendovima. Brodski plan upravljanja energetsom učinkovitosti (SEEMP) uspostavlja mehanizme za rukovatelje i vlasnike brodova u svrhu poboljšanja iskorištenja energije kroz bolje vođenje i upravljanje primjenom dostupnih, brzo primjenjivih mjera.<sup>47</sup> Do 2020 godine, očekivano godišnje smanjenje emisije CO<sub>2</sub> je i do 180 mil. tona uvođenjem i primjenom EEDI na novoj floti i SEEMP na svim brodovima u eksploataciji. Ove brojke bi do 2030. trebale iznositi 390 mil. tona CO<sub>2</sub> godišnje<sup>48</sup>. Novo

---

<sup>47</sup> <http://www.ictsd.org/bridges-news/biores/news/imo-adopts-mandatory-energy-efficiency-standards>, 26.02.2017

<sup>48</sup> <https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/>, 26.02.2017

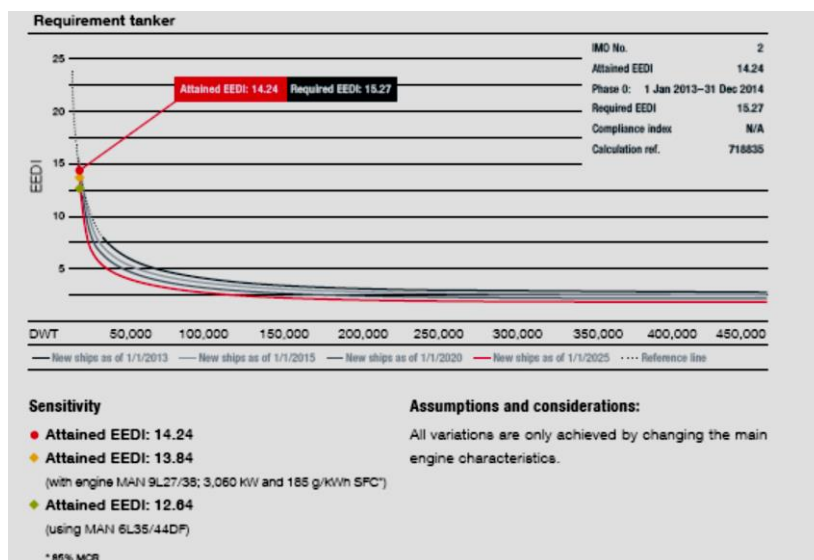
poglavlje također uključuje i odredbe o tehničkoj suradnji i prijenosu tehnologije vezano za energetske učinkovitost brodovlja.

EEDI se koristi za izračun energetske učinkovitosti po složenoj formuli bazirano na tehničkim parametrima i dizajnu za svaki pojedini ili seriju brodova uzimajući u obzir potrošnju i kapacitet, (EEDI=CO<sub>2</sub> emissions/prijevozni učinak) ili pojednostavljeno EEDI je količina CO<sub>2</sub> emisije novog broda/količina prevezenog tereta, niži indeks znači energetski učinkovitiji brod. U skladu sa IMO zahtjevima IMO brod mora zadovoljiti minimalnu učinkovitost, tj. EEDI izračunat za brod („Attained EEDI“) treba biti manji od traženog („Required EEDI“) izražen kroz emisiju CO<sub>2</sub> u gramima po milji kapaciteta. (Slika 21)

Indeks energetske učinkovitosti za nove brodove je najznačajnija tehnička mjera usmjerena ka korištenju energijski učinkovitije opreme. Donesena regulative bi trebala imati stimulirajući učinak na kontinuirano razvijanje opreme koja utječe povećanje efikasnosti goriva. EEDI procjenjuje brodsku potrošnju energije u normalnim uvjetima mora za propulziju i prateće potrebe posade. Energetske potrebe za održavanje i rukovanje teretom i balastom te manevriranje nisu uračunate. Detaljne upute za izračun su specificirane u MEPC.1/Circ. 681 uključuju određene faktore u ovisnosti o klasi broda, eksploatacijskim uvjetima, temeljna pojednostavljena formula:

$$EEDI = \frac{P \cdot SFC \cdot C_f}{DWT \cdot V_{ref}}$$

Gdje je P 75% nazivne instalirane snage na osovini, SFC je specifična potrošnja goriva, C<sub>f</sub> je CO<sub>2</sub> emisija temeljena na vrsti goriva, DWT je tonaža, i V<sub>ref</sub> je brzina na dizajniranom opterećenju. (Fig. 22)



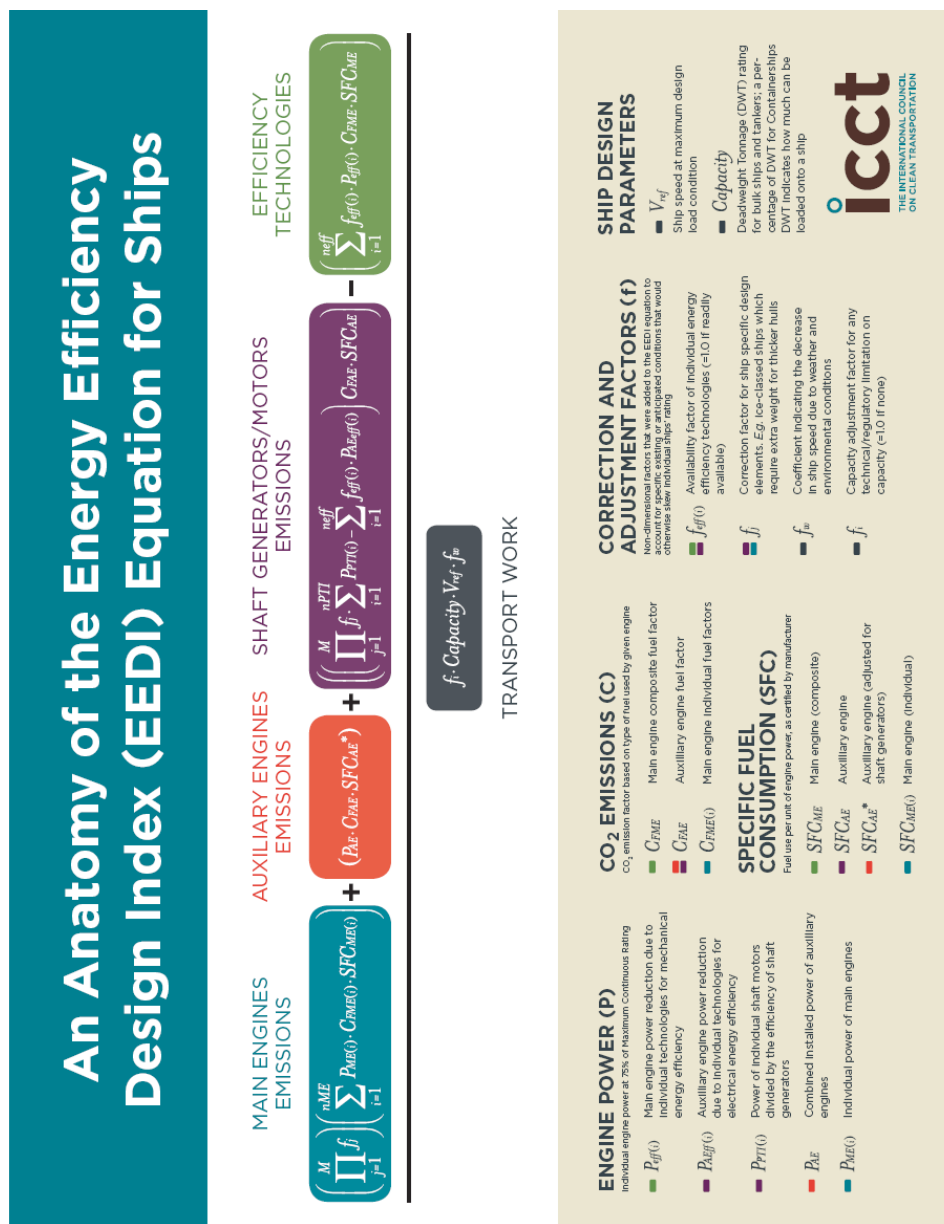
Slika 21. EEDI Diagram (MAN)

Slično kao i s ostalim IMO regulacijama, država zastave pripadnosti (uobičajeno, Klasifikacijsko društvo u njeno ime) je odgovorna za osiguravanje udovoljavanja odredbama EEDI. Verificirane se provodi u dvije faze; preliminarna verifikacija temeljena na dizajnu te finalna verifikacija koja se provodi prilikom ispitivanja na probnim vožnjama. Nakon potvrde udovoljenja odredbama brodu se izdaje svjedodžba: “International Energy Efficiency Certificate (IEEC)”.

Stvarni učinci primjene EEDI otkrivati će se postepeno tijekom vremena kako novi brodovi budu zamjenjivali postojeću flotu, što može potrajati uzimajući u obzir vijek uporabe brodovlja koji može doseći i 25 godina.

Visoka cijena pogonskog goriva (trenutačno iznad 50% ukupnih operativnih troškova) je učinkovit faktor koji pokreće istraživa nje razvoj i primjenu novih tehnoloških i dizajnerskih rješenja u pravcu smanjenje troškova i naglašene učinkovite potrošnje goriva





Slika 22. EEDI izračun (ICCT)

Dok se EEDI fokusira na razvoj energetski učinkovitijih tehnološko-tehničkih rješenja, Brodski plan upravljanje energetskom učinkovitošću (SEEMP) je kolekcija operativnih mjera i mehanizama usmjerena oplemenjivanju učinkovite uporabe energija. Predviđen je i alat za praćenje učinkovitosti, Operativni pokazatelj energetske učinkovitosti (Energy Efficiency

Operational Indicator, EEOI) koji posadi i kompanijama omogućuje praćenje i usporedbu efikasnosti broda i flote tijekom vremena.

SEEMP je specifičan plan, njegova učinkovita zahtjeva:

- planiranje, uključivo specifičnih brodskih i mjera kompanije, ljudskih resursa, razvoja i postavljanja cilja
- primjena, uključivo razvijanje sistema za pravovremenu primjenu pojedinih etapa plana
- praćenje i korištenje dostupnih alata za kvalitativnu i kvantitativnu recenziju učinka.
- samovrednovanje, povećava svijest te posvećenost.

SEEMP je samo prvi korak prema sveobuhvatnom upravljanju energijom na brodu, (temeljen na analizama područja djelovanja, brzini tijekom vremena, stvarnoj potrošnji goriva, zahtjevima unajmitelja...) usmjeren na smanjenje emisije stakleničkih plinova uz povećanjem operativne učinkovitosti koje rezultira smanjenom potrošnjom goriva.

Brodski plan upravljanje energetskom učinkovitošću obuhvaća najbolju praksu ("best practices)" za učinkovito korištenje goriva na brodovima koje značajno snižavaju potrošnju goriva a time i emisije CO<sub>2</sub>.

### **5.3 Pomorski prijevoz i energetska učinkovitost**

Učinkovita uporaba brodskog goriva ovisi o mnogim faktorima koji su varijabilni i ovise o trenutačnim uvjetima u kojima brod operira. (Slika 23.) Brzina broda je najvažnija varijabla u potrošnji goriva, kako je odnos brzine i snage eksponencijalan, uzimajući u obzir da su troškovi goriva najveći pojedinačni izdatak koji čini preko polovine fiksnih troškova, čak i malo smanjenje brzine za posljedicu ima značajno smanjenje potrošnje goriva. Ova činjenica bi mogla biti poticaj prema poboljšanju učinkovitosti razvojem novih tehnologija i operativnih rješenja.

Prihvatanje mjera za poboljšanje operativne učinkovitosti je u znatnom porastu pogotovo nastupom globalne ekonomske krize i zadnjih nekoliko godina, ova činjenica se reflektirala u vidu smanjenja emisija CO<sub>2</sub>. U puno slučajeva, ovisno o odredbama ugovora o prijevozu, potrošnja goriva je diktirana od strane unajmitelja u svrhu udovoljavanja operativnim ili komercijalnim zahtjevima.

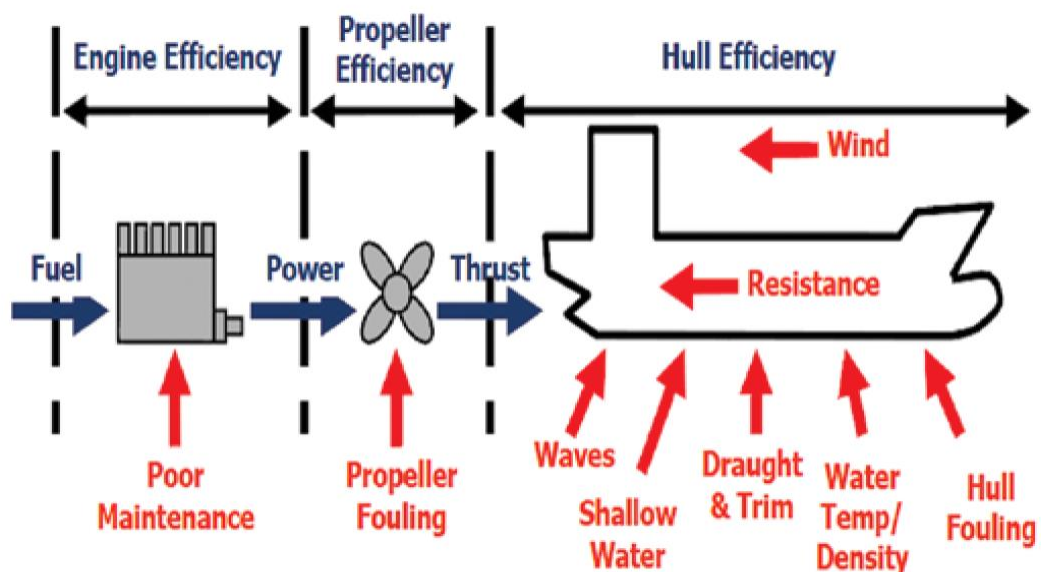


Figure 1 Variables influencing energy efficiency (Pedersen BP, 2009)

Slika 23. Varijable koje utječu na potrošnju goriva (Pedersen BP, L. J., 2009.)

Povećanje energetske učinkovitosti je važna strategija kao odgovor na klimatske promjene, brojne mjere (Slika 24.) su prepoznate kao mjere koje bi mogle rezultirati dobitcima na učinkovitosti, općenito podijeljene na tehničke i operativne, (ekonomski i energetske isplative) mjere, neke primjenjive na nove, neke na postojeće a neke na sve brodove.

Pritisnuta novim regulatornim zahtjevima a djelujući u tržišnim uvjetima gdje je učinkovitost ključna, industrija pomorskog prijevoza mora tražiti nove načine kako unaprijediti potrošnju energije.

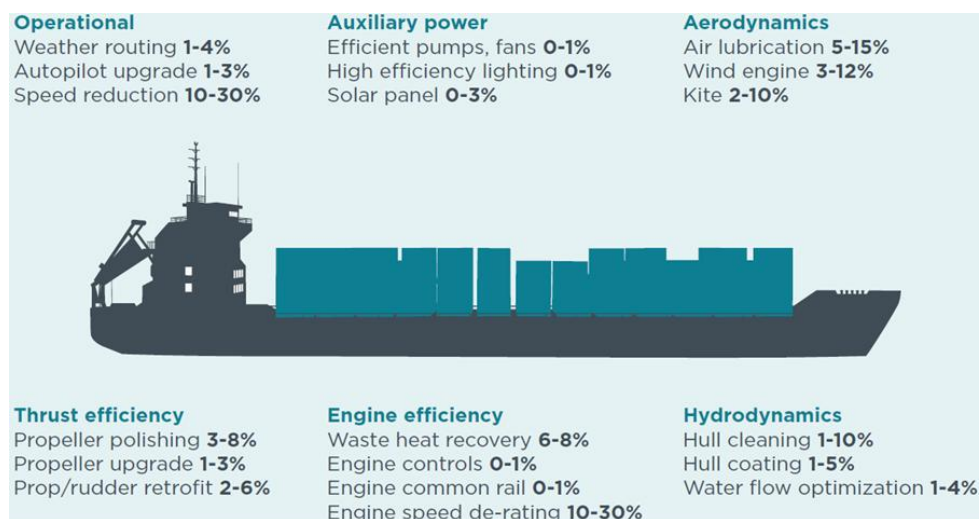


Figure 1: Potential fuel use and CO<sub>2</sub> reductions from various efficiency approaches for ships (International Council on Clean Transportation (ICCT), July 2013). Long-term potential for increased shipping efficiency through the adoption of industry-leading practices.

Slika 24. Potencijali za smanjenje goriva i CO<sub>2</sub> emisije (ICCT, July 2013)

#### 5.4 Operativne mjere za poboljšanje učinkovitosti.

Učinkovita potrošnja goriva je postala ključni diferencijator u opstanku brodskih kompanija. Dva su glavna pokretača u unapređenju učinkovitosti potrošnje goriva broda.

- promjene u hidrodinamičkom dizajnu broda
- smanjenje gubitaka unapređenjem upravljanja

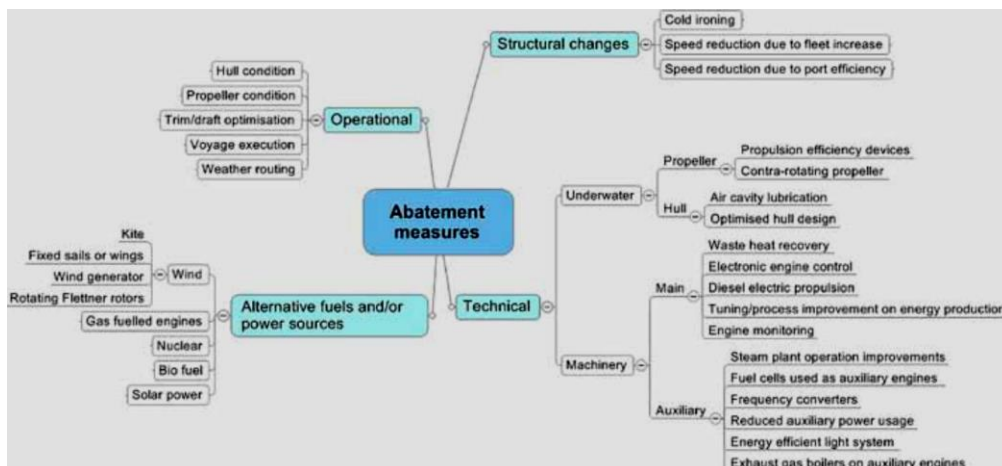
Ugovori o prijevozu određuju gdje, kada, i u kojem vremenskom periodu teret treba biti dostavljen uzimajući u obzir izvedbu putovanja i jamstva na brzinu i potrošnju goriva. Mnogi ugovori o prijevozu naglašavaju mogućnost optimizacije potrošnje goriva kroz smanjenje brzine, planiranje putovanja i namještanje pravovremenog dolaska u luku održavajući minimalnu potrebnu brzinu. Stavljajući naglasak na učinkovitost i racionalnost potrošnje goriva, posljedično, smanjiti će se emisije kao i operativni trošak u kojem je trošak goriva daleko najveća pojedinačna stavka.

Početak pouzdanog procesa uštede energije te optimizacija njenog korištenja je procjena trenutnog stanja u njenom korištenju, uočavanje mogućnosti optimizacije te donošenje odluka i implementacija dogovorenih mjera.

Praćenje i objektivno izvještavanje je sljedeći korak primjenjiv na brodsko i osoblje u uredima na kopnu.

Analiza prikupljenih podataka, dnevno uspoređivanje ključnih indikatora putem dnevnih izvještaja je od esencijalne važnosti. U to spada:

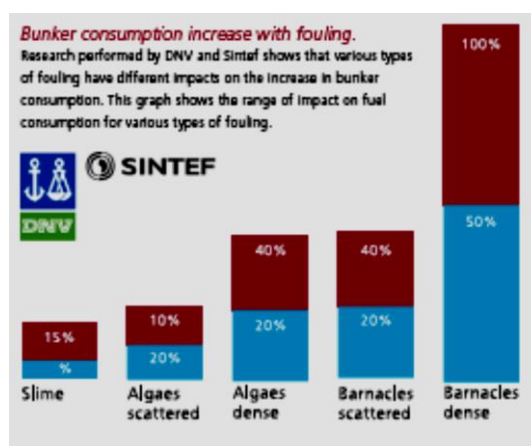
- upravljanje te analiza učinka zahtjeva praćenje i upravljanje putem planiranog sistema održavanja u svrhu osiguranja funkcioniranja broda na najoptimalnijem stupnju.
- kontinuirano i pravovremeni praćenje ključnih indikatora.
- snabdijevanje referentnim vrijednostima, ciljevima, rokovima i sl
- Dostupne mjere moraju biti u potpunosti primijenjene ako se želi postići maksimalni učinak uštede na svim područjima gdje postoji potencijal. Dobar dio operativnih mjera je dostupan i brzo primjenjive (Slika 25); usporena plovidba, napredno planiranje putovanja, planiranje rute u skladu sa vremenskim uvjetima, optimizacija trima, održavanje trupa i propelera čistim, efektivna uporaba pogonskih strojeva kotlova te pomoćnih uređaja, balastiranje u skladu s potrebama, poboljšano održavanje strojeva i uređaja su neke od njih. Primjena te intenzitet primjena ovih mjera ovisi o vrsti broda, području plovidbe, vremenskim uvjetima, te komercijalnim zahtjevima.



Slika 25. The emission reduction measures main categories (DNV GL)

Operativne mjere ovise o načinu operiranja i održavanja broda, ne zahtijevaju značajnije investicije niti veće zahvate promjene opreme ili uređaja te uglavnom zahtijevaju promjene u managementu, traže određeni trening te unaprjeđeno održavanje. Glavne mjere kojima unapređuju iskoristivost energije primjenjive u svakoj instalaciji:

- smanjenje hrapavosti trupa i propelera smanjuje koeficijent otpora, dakle smanjuje utrošak goriva, redovito čišćenje i održavanje trupa glatkim može rezultirati uštedom u potrošnji do čak 20% .(Slika 26.) Obraštanje može biti očišćeno u suhom doku a i podvodno od strane ronilaca ili daljinski upravljanim uređajima.



Slika 26. Potrošnja bunkera u ovisnosti o tipu obraštanja ([www.cleanhull.no](http://www.cleanhull.no))

- Pristup servisu planiranja putovanja u ovisnost o vremenskim uvjetima (weather routing) radi optimiziranja uporabe pogonskih uređaja
- Reduciranje brzine i njeno prilagođavanje vremenskim uvjetima, stanju mora i struja

- Optimiziranje položaja u vodi uzimajući u obzir operacijske uvjete (trim) ima značajan utjecaj na otpor kretanja a time i na potrošnju goriva., za bilo koji gaz određen je i optimalan trim.
- Optimiziranje brzine radi dolaska u luku zahtjevano vrijeme.
- Operativna mjera s najvećim potencijalom je usporena plovidba (slow steaming) kao atraktivna mjera u vremenima ekonomske krize i prekomjernoj ponudi brodskog (Slika 27.).
- Poboljšanje učinkovitosti luka i terminala bi smanjilo vrijeme zadržavanja broda u luci, sa kraćim zadržavanjem brzina plovidbe onda može biti manja.

Ship speed	24 knot	20 knot	- 16 %
M/E fuel consumption	225 ton/day	130 ton/day	- 42 %
M/E fuel cost (@ 600 USD/MT)	134,800 USD/day	78,000 USD/day	
CO2 emission	696 ton/day	403 ton/day	

**Slika. 27.** Uštede i smanjenje emisije usporenom plovidbom za 8000 TEU Containership (Journal of ETA Maritime Science Vol. 1, No. 2, (2013), 65-72)

- upotreba generatora na najvećem mogućem dozvoljenom opterećenju smanjujući broj radnih sati, “Power Managenent “ bi trebao biti korišten kao alat u optimizacija rada generatora
- učinkovita uporaba palubne opreme i dizalica
- optimiziran rad kotlova u lukama, koristiti paru za grijanje samo nužno potrebnih potrošača, održavanje dimne strane kotla čistom
- priključenje na opskrbu strujom sa kopna za vrijeme boravka u luci gdje je to omogućeno (Cold Ironing ili Alternate Marine Power ,AMP). Ovakva tehnologija je još rijetka jer zahtjeva velika ulaganja u infrastrukturu.
- remodeliranje ili naknadna ugradnje (retrofits) postojećih brodova, najmanje popularna mjera jer zahtjeva znatne troškove a sve sa upitnim rezultatom.
- uporaba autopilota može smanjiti potrošnju goriva ispravljajući nagle i velike otklone kormila u svrhu održanja stabilnog kursa dozvoljavajući manje devijacije i manje otklone

Iako postoji veliki potencijal za smanjenje emisije sa brodova kroz tehnike uštede goriva postoje neke tržišne barijere:

- nedostatak odgovarajućih i pravovremenih informacija, brodovlasnici, operatori, unajmitelji mogu biti neupoznati sa pravim stanjem broda.
- podijeljena motivacija (Split incentives) kad organizacije koja ima korist od poboljšanja učinkovitosti goriva nije i organizacija koja ga plaća, npr. brodovlasnik treba uložiti novac u poboljšanje efikasnosti ali gorivo plaća unajmitelj. Brodovlasnik izbjegava investiranje osim ako mu se to u potpunosti ne vraća kroz vozarinu.

### **5.5 Pregled tehničkih mjera za unapređenje energetske učinkovitosti**

Najpogodnije vrijeme za primjenu svih dostupnih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti je faza dizajniranja te ona ima svoje prednosti: udovoljava svim trenutnim i pravilima iz bliže budućnosti kojih se primjena tek očekuje, viša energetska učinkovitost, niži troškovi primjene, udovoljavane eko zahtjevima... Naknadne ugradnje nikad nisu učinkovite kao i mjere primijenjene od početka projektiranja i gradnje.

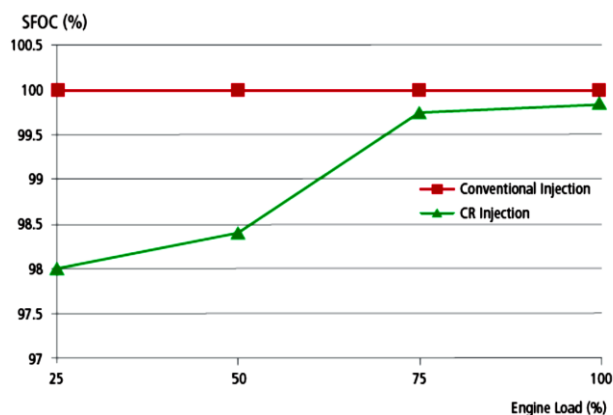
Brojne tehnologije su razvijene ili se razvijaju a koje pomažu poboljšanju učinkovitosti pomorskog prijevoza. Nova pravila IMO u tranziciji sa teških rezidualnih goriva na čišća a time i skuplja goriva također rezultiraju stalnim naporima u smanjenju potrošnje.

Sporokretni diesel motori su i dalje prvi izbor jer imaju najnižu specifičnu potrošnju goriva (SFOC). Današnji sporokretni motori iskoriste i do 50 %<sup>49</sup> energije dobivene izgaranjem goriva sa trenutnim stanjem razvija tehnologije. Srednjekretni motori su nešto manje efikasni (3 -4%). Ako su spojeni na propeler preko reduktora očekivan je dodatni gubitak od oko 2% u isporučenoj snazi propeleru, s električnim porivnim sistemom ovi gubici se penju i do 10%.

Elektronski upravljani sporokretni diesel motori (ME tipovi motora tvornice MAN te Wärtsilä Flex tip) uštede oko 2 to 2.5% od SFOC. Motori su opremljeni software auto tuning funkcijom koja omogućuje stalnu optimizaciju i može uštedjeti do 1% goriva udovoljavajući Tier II zahtjevima. (Slika 28)

---

<sup>49</sup> <http://www.marineengineering.org.uk/page35.html>



Slika 28. Redukcija SFOC elektronski kontroliranog stroja (MAN)

Novi sistemi podmazivanja cilindara pogonskih strojeva, ovisno o opterećenju i sadržaju sumpora u gorivu doziraju točno potrebnu i pravovremenu količinu mazivog ulja kod svih režima opterećenja, (za MAN strojeve nazvan Alpha Lubricators a za Wärtsilä Pulse Lubrication System) smanjujući potrošnju cilindričnog ulja i ispod 0.7 g/kWh što je smanjenje od 25 – 30% u odnosu na konvencionalne sisteme. Ova sistema mogu biti naknadno ugrađivani. Smanjena spec. potrošnja goriva (2-4 g/kWh) i smanjena NO<sub>x</sub> emisija posebice kod djelomičnih opterećenja može se postići kontrolom toka ispušnih plinova putem elektronski kontroliranih turbopunjača (Variable Turbocharger Area, VTA kod MAN motora) i (Variable Turbine Geometry, VTG kod Wärtsilä sistema). Ovakvi sistemi mogu biti podešeni za djelomična (65 to 85% MCR) ili niska opterećenja (50 to 65,5 MCR). Općenito, smanjenje specifične potrošnje goriva će rezultirati povišenjem NO<sub>x</sub> emisija (viši tlakovi i temperature u cilindrima smanjuju potrošnju ali istovremeno povećavaju emisije NO<sub>x</sub>), tako da Tier II NO<sub>x</sub> zahtjevi donekle ograničavaju moguća smanjenje spec. potrošnje goriva.<sup>50</sup>

Sličan učinak se postiže isključivanjem pojedinih turbopunjača kad ih je instaliran veći broj ili mimovođenjem ispušnih plinova.

Deratiranjem pogonskih strojeva smanjuje se brzina broda od 10 - 15%, mjera koja je osobito relevantna u današnjim okolnostima usporene vožnje. Ova mjera obično zahtjeva i promjenu propelera jer su i pogon i propeler obično optimizirani za maksimalne brzine, te utječe i na ponašanje turbopunjača. Potencijal uštede se procjenjuje na 2 - 10% ukupne potrošnje glavnog pogonskog stroja. Ovo se postiže:

- instaliranjem podloški između križne glave i stapajice

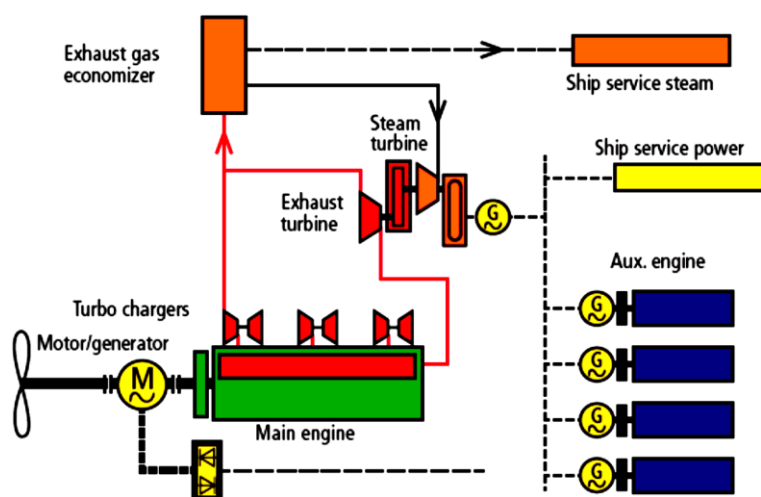
<sup>50</sup><https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/Capability%20Brochures/ShipEnergyEfficiency>, 22.02.2017



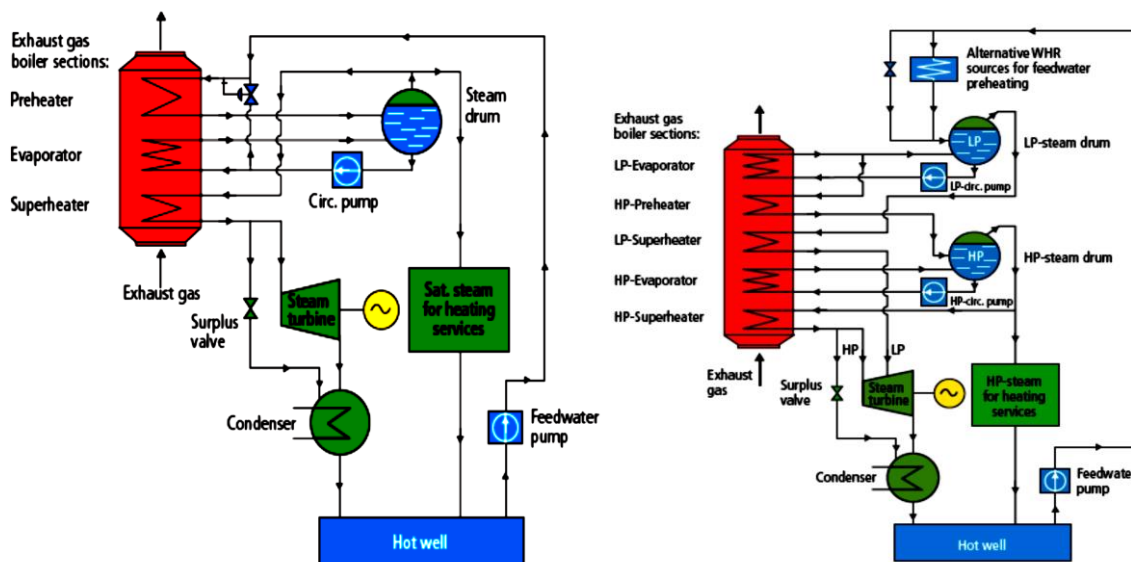
- isključivanjem pojedinih turbopunjača, za stalno ili uporabom fleksibilnih prirubnica
- deaktiviranjem cilindara
- raznim metodama podešavanja i postavki (slow steaming kits)

Usprkos 50% učinkovitosti, gubitci topline dosežu oko 5% kroz sisteme hlađenja i prijenosom na rashladnu vodu te 25% kroz ispušne plinove.

Ukupno do 12%, uštede može biti ostvareno instaliranjem sistema za iskorištavanje otpadne topline (Waste Heat Recovery, WHR) iskorištavajući toplinu sadržanu u ispušnim plinovima za pokretanje plinske turbine i/ili generiranje pare za pogon parne turbine. Sistem se u pravilu sastoji od plinske turbine, kotla na ispušne plinove, parne turbine/turbogeneratora (neki sistemi nemaju plinsku turbinu). Dostupnost snage će ovisiti o kompliciranosti izvedbe. (Slike 29. 30. 31)



**Slika 29.** Prikaz sporohodnog diesel motora u kombinaciji sa plinskom turbinom, utilizacijskim kotlom te parnom turbinom ( Wärtsilä)

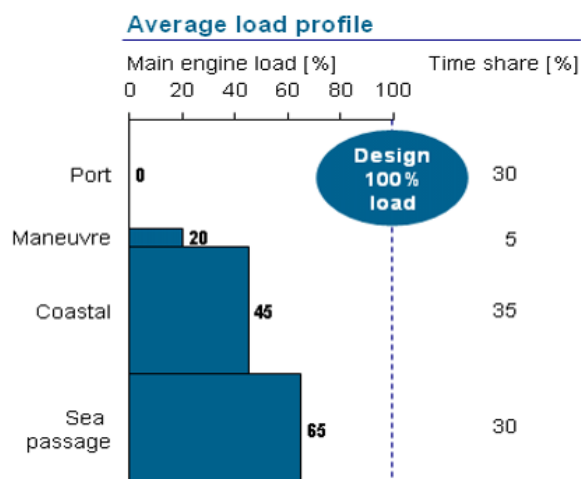


Slika 30. Jednostavan jednotlačni sistem pare (MAN) Slika 31. sistem s dualnim tlakom pare (MAN)

U slučaju da je dostupno više snage nego što zahtjeva tipična brodska potrebe za električnom energijom, može biti instaliran sistem koji omogućuje uporabu dijela snage kao propulzijske snage (Power take in, PTI). Na ovaj način sva generirana snaga može biti iskorištena.

Azipod pogoni, pogodna vrsta pogona za određene vrste brodova (trajekti, brodovi korišteni kod dinamičkog pozicioniranja...) radi bolje protočnosti mogu biti učinkovitiji, s obzirom da mogu rotirati puni krug, pogon također služi i kao kormilo. Prednost proizlazi iz fleksibilnosti diesel-električne propulzije te može pridonijeti značajnom povećanju učinkovitosti (i do 15%)<sup>51</sup> Većina brodskih sistema je dizajnirana i konstruirana za najekstremnije uvjete koji se mogu očekivati tokom eksploatacije broda, uglavnom, većina opterećenja tijekom normalnih operacije je ispod 80%, primjenom tehnike usporene vožnje i ispod 50% dok su poznati slučajevi kad su se pogonski uređaji koristili i sa samo 10% snage. (Slika 32.)

<sup>51</sup><https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/Capability%20Brochures/ShipEnergyEfficiency>



**Slika 32.** Srednji profil opterećenja (DNV GL)

Optimizacija pomoćnih uređaja je primjenjiva na sve vrste brodova, potencijal uštede goriva može biti ostvaren kroz frekvencijsko kontrolirane uređaje, (pumpe, ventilatore, kompresore...) kojim se omogućuje njihovo korištenje točno po potrebi.

Trošak primjene i potencijal uštede ovisi o tome dali se sistem ugrađuje pri gradnji ili se instalira naknadno, složenosti sistema, uvjetima i zahtjevima korištenja a uštede mogu biti do 5% ukupne brodske potrošnje.

Energetska učinkovitost proizvodnje električne energije može se poboljšati kroz povećanje opterećenja pomoćnih motora, smanjenjem broja generatora u funkciji istovremeno

U slučaju osovinskog generatora upravljanim od strane glavnog motora, brzina generatora će varirati u ovisnosti o različitim operativnim situacijama te rezultirati varijacijama u naponu i frekvenciji osovinskog generatora. Na novijim brodovima, tu su i razne dostupne tehnologije, s različitim načinima održanja stabilne frekvencije. Uštede mogu iznositi 3-5% ukupne potrošnje goriva.

Broj generatora u radu i opterećenje je potrebno pratiti te jedinice pokretati ili zaustavljati radi držanja opterećenja od 60 - 90% uzimajući u obzir sigurnost. Ovaj proces je automatiziran i kontroliran putem sustava za upravljanje snagom.

Ostala pomoćni uređaji, pumpe, kompresori i ostala oprema, po uvjetima klasifikacijskih društava, IMO, te zahtjeva zastave pripadnosti, temelje se na potrebi zalihosti u slučaju otkazivanja pojedinih uređaja u pogonu i broj instaliranih jedinica je odabran kako bi se zadovoljili najteži uvjeti, operateri sustava moraju biti svjesni tih zahtjeva, uzimajući u obzir sigurnost, uključivati samo neophodan broj jedinica potrebnih za ispunjenje stvarnih zahtjeva.

Korištenje energetski štedljivih tehnologija (rasvjeta) u kombinaciji s elektronički kontroliranim sustavima će dodatno smanjiti potrebe održavanja i operativne troškove. Energetski učinkoviti sustav rasvjete može biti instaliran na svim vrstama plovila ali putnički brodovi imaju najveći potencijal uštede. Energija potrošena za rasvjetu na trgovačkom brodu procijeniti se na 0,25% do 5% ukupno potrošene električne energije, na kruzerima i putničkim brodovima može doseći i do 10%.

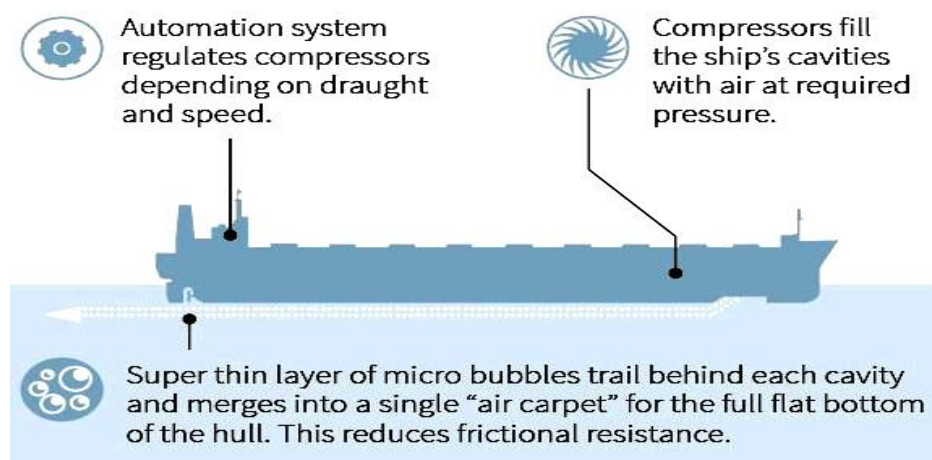
### 5.5.1 Optimizacija trupa, propulzivna pomagala,

Napredni premazi trupa smanjuju otpor kretanju broskog trupa kroz vodu, smanjuju potrebnu snagu motora čime se smanjuju potrošnja goriva.

Trošak premaza trupa ovisi o veličini plovila, donekle ovisi o vrsti broda, te o vrsti premaza koji je odabran. Napredni premazi mogu povećati učinkovitost u rasponu od 1% - 4% od ukupne potrošnje glavnog motora

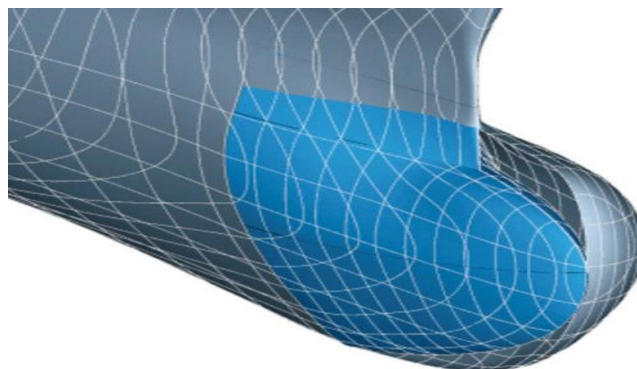
Inovativni "air cavity system" (ACS) sistem zračnog podmazivanja omogućuje uštede goriva i do 10%, koristi kompresore za tlačenje zraka u kanale ispod ravnog dijela trupa, zračni jastuk smanjuju kontaktnu površinu između trupa i vode te tako smanjuje otpor kretanju trupa kroz vodu.

Zračno podmazivanje trupa primjenjivo za novogradnje, maksimalni redukcijski potencijal može se postići za brodove sa niskim Froudeovom brojem ( $Fr = V / c$ ) kojima otpor trenja dominira, kao bulk, tankera i kontejnera. (Slika 33).



Slika 33. Princip zračnog podmazivanja trupa (Silver Stream)

Minimiziranje otpora forme trupa dovodi do smanjenja potrošnje goriva od oko 1%. Prilagodba trupa obično se izvodi u manjoj mjeri, može biti skupa i rezultati često mogu biti niži od očekivanih. (Slika 34).



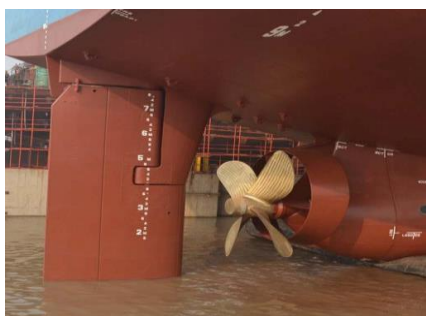
**Slika 34.** Bulbasti pramac, modifikacija (DNV GL)

Propeleri su obično dizajnirani za maksimalne brzine i niske kavitacije. Nadogradnja na učinkovitiji propeler učinkovitosti može smanjiti ukupne troškove goriva posebno ako je provedeno deratiranje stroja ili se „usporena plovidba“ planira za duže vremensko razdoblje, povećanje učinkovitosti može biti u rasponu od 2% - 5% potrošnje goriva motora.

Naprave za poboljšanje rada vijka (Propulsion improving devices, PID-a) ili štedni uređaji (ESDS) su različiti tuneli/mlaznice, vrtložni peraje, peraje na trupu ili kormilu, različite izvedbe kape propelera, kontra-rotirajući propeler (CRP) ili druge izmjene na trupu ili propeleru sa ciljem poboljšanja učinkovitost. Glavni cilj za ovih dodataka je smanjiti potrošnju goriva poboljšanjem protoka oko trupa i propelera.

Najpogodnije pozicije za montažu ovih dodatka su ispred ili iza propelera te preinake na kapi. Skretne lopatice i tuneli za predrotaciju vode poboljšaju kvalitetu pritjecanja te smanjuju rotaciju vode iza propelera.

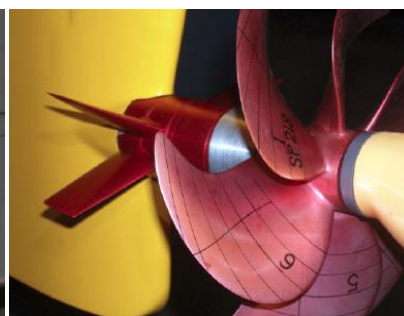
Iste učinke na rotacije vode prije i poslije propelera imaju moderne izvedbe propelerske kape kojima se dodaju krilca za smanjenje centralnog vrtloga mlaza čime se smanjuje podtlak iza propelera i kavitacije. Rezultat je poboljšanje učinka propulzije, a može uznositi i do 5%... (Slika 35, 36, 37)



Slika 35. HHI Duct (ABS)



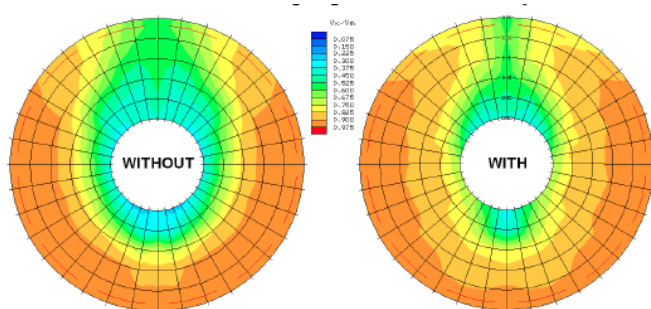
Slika 36. HHI Thrust Fins (ABS)



Slika 37. SHI Post-stator (ABS)

Naknadna ugradba je općenito moguća te uz odgovarajuću pripremu, ne zahtjeva puno vremena, ali može varirati u primjenjivosti ovisno o vrsti broda.

Vortex peraje (VG- fins) se primjenjuju na trupu broda sa ciljem poboljšanje priljeva te smanjenju vibracija ispred propelera, primjena na trupu može povećati učinkovitost i do 2%.<sup>52</sup>



Slika 38. Strujanje u brazdi sa i bez VG-peraja



Slika 39. DSME pred kovitlajući stator



Slika 40. Integrated Lammeren Duct, ABS



Slika 41. ModelBMS Mewis Duct®- ABS

<sup>52</sup> Hydrodynamic Trends in Optimizing Propulsion Dr.-Ing. Uwe Hollenbach 1) , Dipl.-Ing. Oliver Reinholz 2, Second International Symposium on Marine Propulsors smp'11, Hamburg, Germany, June 2011, 22.02.2017

### 5.5.2 Alternative propulzije i uzori energije

Modularni sustav gradnje plovila novi koristi dizajn trupa, četiri neovisno upravljiva propelera namjenski izgrađen te u usporedbi s plovilima tradicionalnog dizajna s pogonom na krmu, ova izvedba nudi iznimno visoku upravljivost i pouzdanost, te ukupni operativni trošak može biti manji i do 20%.



**Slika 42.** Viking Lady OSV LNG-hibridni pogon, DNV GL



**Slika 43.** Futura Carrier, modularna konstrukcija

Kod hibridnog pogona broda, dio snage kako za pogon tako i sa prateće potrebe dolazi iz baterija. „Plug-in“ hibridni brod ima mogućnost punjena baterije pomoću priključka na kopneni mrežni napon te dodatno, ima i konvencionalni motor. Brod može raditi na baterije na pojedinim dijelovima rute, prilikom manevriranja u luci, tijekom pripravnosti.

Veliki potencijal leži ne samo u uporabi vodika kao goriva nego i u uporabi plina i biogoriva kao, za sada, alternativnog goriva za primjenu u pomorskom prometu.

Ukapljeni prirodni plin (LNG) ima široki spektar potencijalne uporabljivosti, kao pogonsko gorivo je već dokazan kao primarni izvor kod tankera za prijevoz plina korištenjem u motorima koji koriste dualno gorivo. Uz potrebnu opskrbnu infrastrukturu, strojevi pogonjeni čistim plinom mogu se koristiti priobalnim i trajektnim uslugama smanjujući CO<sub>2</sub> emisiju za oko 20%.

Primjenom sve razvijenijih nanotehnološki premazi na svim pokretnim dijelom motora može se postići 5% uštede energije, razumno očekivati primjenjuju i na brodskim motorima.

Energija vjetra je također obećavajući izvor, neke brodske kompanije imaju instaliran eksperimentalan sustav korištenja energije vjetra. Ovi sustavi mogu smanjiti i potrošnju goriva do 35% ovisno o vjetru te se može postaviti na bilo koji brod. Za očekivati je da bi zbog nepraktičnosti i kompliciranog rukovanja (iako kompjuterski upravljano) ovakvi sistemi

mogli imati širu primjenu na manjim plovilima. Za sad postoje samo eksperimentalni prototipovi.<sup>53</sup>



Slika 44. Skysails, (efficiency-from-germany)



Slika 45. Teretni brod opremljen čvrstim jedrima, (IWSA)

Stabilne instalacije na brodovima u obliku fleksibilnih, čvrstih ili turbo jedara mogu djelomice energijom vjetra zamijeniti energiju fosilnih goriva pri korištenju za pogon broda. Sve ove opcije su još u eksperimentalnoj fazi. Uštede izraženo ovise o vremenskim uvjetima na području djelovanja broda i primjenjive su na brodove čije poslovanje nije vezano uz uporabu palubnog prostora dok utjecaj na stabilitet zbog dodatnih struktura i težina na palubi tek treba detaljnije testirati. Ovakvi uređaji mogu davati i do 700 kW jedinici. Glavni nedostatak ove tehnologije je niska pouzdanost zbog ovisnosti o prevladavajućim vremenskim uvjetima i stoga imaju ograničenu pouzdanost i učinkovitost.<sup>54</sup>



Slika 46. Flettner rotor on E Ship1

---

<sup>53</sup> Beluga Projects produce huge kitesurf rigs which can be fitted to almost any ship, offering 15% to 30% fuel savings, 22.02.2017

<sup>54</sup> <http://www.efficiency-from-germany.info/ENEFF/Navigation/EN/Energyefficiency/Transport/MaritimeShipping/maritime-shipping.html>. 23.02.2017



Flettnerovi rotori su vertikalni cilindri se okreću te razvijaju potisak zbog Magnusovog učinak (pojava pri gibanju brzo rotirajućega tijela kroz realni fluid koja se iskazuje naglim skretanjem tijela od početnoga pravca gibanja) u struji zraka (vjetar). Flettnerovi rotori moraju biti mehanički pogonjeni da bi razvili potisak, fleksibilnost je ograničena brzinom vjetra, mogu biti korišteni kao eventualna nadopuna glavnom pogonskom sistemu. Učinkovitost rotora ovisi o području djelovanja, veličini plovila, vremenu, dok potencijal smanjenja potrošnje goriva se kreće od 3% - 15%

Solarni paneli kao uređaji koji pretvaraju svjetlosnu energiju sunca u električnu energiju nisu jako zastupljeni iako ima pokušaja u proteklih nekoliko godina da se ovakvi sistemi instaliraju na slobodnim palubnim površinama na brodovima koji djeluju u područjima sa dovoljnom količinom insolacije. Kapacitet im se procjenjuje na  $1000\text{W}/\text{m}^2$  pri  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , (pri standardnim testnim uvjetima)



**Slika 48.** Solarni paneli na NYK's Auriga Leader



**Slika 49.** MV Auriga Leader

Glavna svrha je proizvesti električne energije za nadopunu diesel generatorima te na taj način smanjiti potrebnu snagu tih jedinica. Solarni sustav zahtijeva dodatnu opremu osim samih modula što uključuje kabele, pretvarače, upravljačke module. Procijenjeni potencijal uštede je oko 0,5% do 2% potrošnje goriva diesel generatora.

## **5.6 Prikupljanje i skladištenje CO<sub>2</sub> (CCS, Carbon Capture and Storage)**

Prikupljanje i skladištenje CO<sub>2</sub> se kao tehnologija pri kemijskoj te industriji nafte i plina koristi dugo vremena. Teoretski, ista tehnologija se može koristiti za prikupljane CO<sub>2</sub> emitiranog sa brodova, doduše, postoji problem kako uskladištiti, gdje i kako odložiti tako

prikupljeni CO<sub>2</sub> uzimajući i obzir globaliziranu strukturu pomorskog prometa prihvatne kapacitete u lukama.

Prikupljanjem i skladištenjem ugljika (CCS) teoretski se može prikupiti do 90%<sup>55</sup> emisije ugljičnog dioksida iz bilo koje instalacije, (prikupiti, obraditi, uskladištiti, prevesti te odložiti).

Proces uključuje tri glavna koraka:

- prikupljane CO<sub>2</sub> na izvoru, odvajanje od ostalih plinova procesa proizvodnje
- prijevoz prikupljenog CO<sub>2</sub> na pogodnu lokaciju skladištenja (obično u kompresiranom stanju)
- pohranjivanje CO<sub>2</sub> na način da ostaje odvojen od atmosfere (u podzemne geološke formacije, oceane, iskorištene naftne i plinske bušotine)

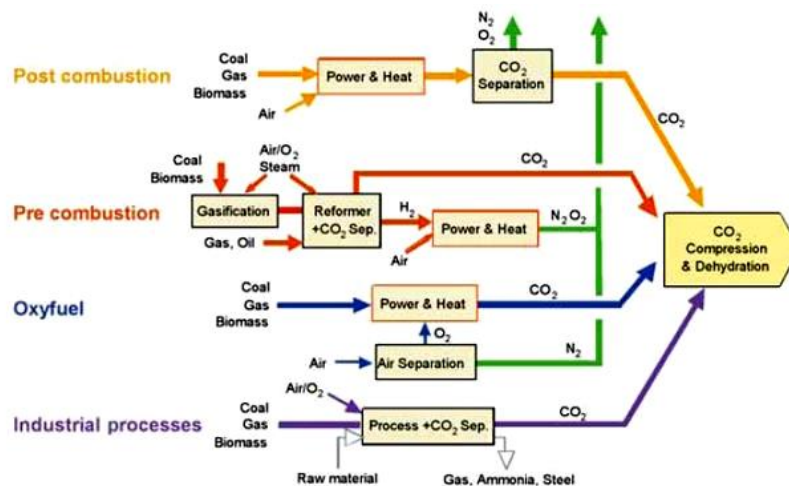
Iako skupa, tehnologija je dostupna te se sve više primjenjuje za sada samo u manjem opsegu, procjena je da troškovi prikupljanja CO<sub>2</sub> mogu povećati utrošak energije i do 30% što je i najvažnija činjenica koja usporava širu primjenu.

Ovisno o procesu ili izvoru, postoje tri glavna pristupa prikupljanju CO<sub>2</sub>:

- prikupljanje nakon izgaranja, odvajanje CO<sub>2</sub> iz proizvedenih dimnih plinova pomoću tekućeg apsorbera, ovom metodom je moguće odvojiti 85-95% CO<sub>2</sub>. U modernim postrojenjima u sustavima za nakon izgaranja koriste se organska otapala kao što su monoetanolamin (MEA).
- sustavi za prikupljanje prije procesa izgaranja kemijskim razbijanjem primarnog goriva zagrijavanjem pod pritiskom u rasplinjaču dobivajući smjese koja se sastoji uglavnom od ugljičnog monoksida i vodika ("sintetskog plina"). Dodatni vodik, zajedno sa CO<sub>2</sub>, dobiven reakcijom ugljični monoksida s parom u drugom reaktoru ("shift reaktor"). Nastala smjesa vodika i CO<sub>2</sub> se može odvojiti, obraditi i uskladištiti.
- „oxyfuel“, sustavi za izgaranje zahtijeva kisik za sagorijevanje goriva i proizvodi dimni plin sastavljene uglavnom od vodene pare i CO<sub>2</sub>. Voda se kondenzira te separira dok se CO<sub>2</sub> kompresira. Sustav zahtijeva separaciju kisika iz zraka s čistoćom od 95-99% kisika te je još u fazi razvoja.

---

<sup>55</sup> <http://www.greenfacts.org/en/co2-capture-storage/1-3/3-capture-co2.htm>, 07.02.2017

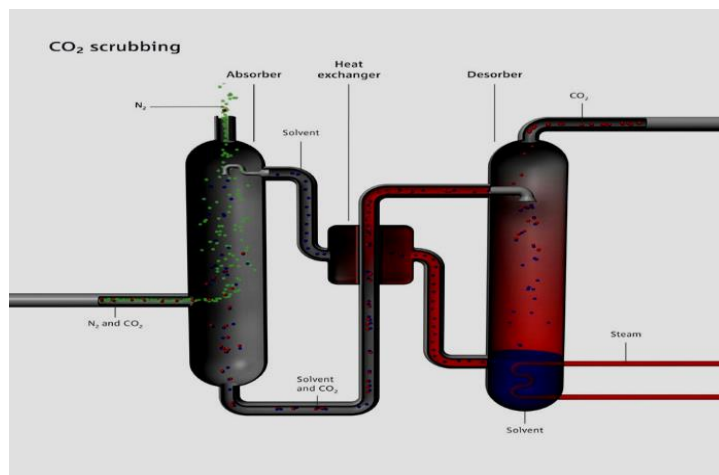


Slika 50. CO<sub>2</sub> capture schematic (www.greenfacts.org)

Proces izdvajanje CO<sub>2</sub> iz mješavine se odnosi na prikupljanje nakon izgaranja, najčešće koristeći apsorpcijski medij ili alternativno suhu apsorpciju CO<sub>2</sub> iz struje plinova poslije izgaranja fosilnih goriva u konvencionalnom procesu izgaranja uključujući i uklanjanje prašine, odsumporavanje, denitrifikaciju... Korištenjem „mokrog“ procesa, dodatne povećanja učinkovitosti može se očekivati zbog poboljšanja kvalitete apsorbenata kroz povećanu kemijsku stabilnost.

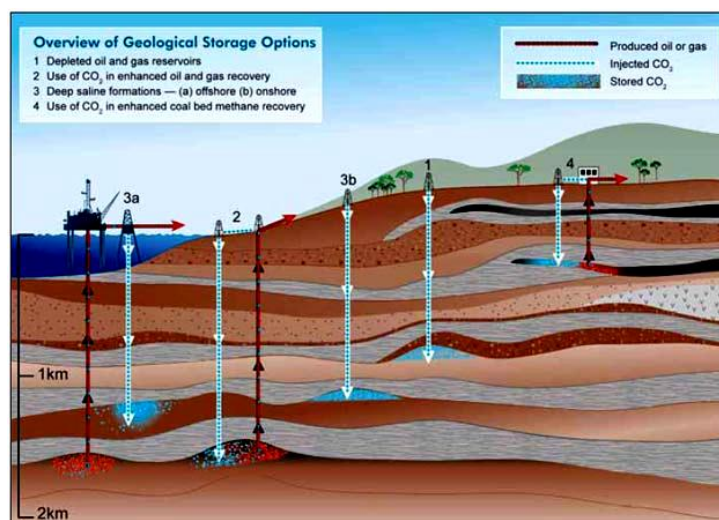
Očekuje se da će ova tehnologija biti dostupna na tržištu do 2020. godine, buduća postrojenja se mogu pripremiti za ugradnju ove tehnologija ("capture ready") te smanjiti kasnije troškove prilagodbe sistema. Korištenjem amina, apsorvent se raspršuje u struju dimnih plinova. Nakon apsorpcije, amin koji sadrži CO<sub>2</sub> se termički regenerira u desorberu na 100 - 130 °C . Nakon regeneracije u desorberu, otapalo se nanovo koristi .

Druga dostupna tehnologija je suha apsorpcija CO<sub>2</sub>, temeljeni na primjeni aditiva lužnatog (NaHCO<sub>3</sub>) ili vapnenačkog (Ca(OH)<sub>2</sub>) porijekla relativno su jednostavni za konstrukciju, uporabu i održavanje, ali zahtijevaju značajne količine energije.



Slika 51. Shema procesa prikupljanja ([www.rwe.com](http://www.rwe.com))

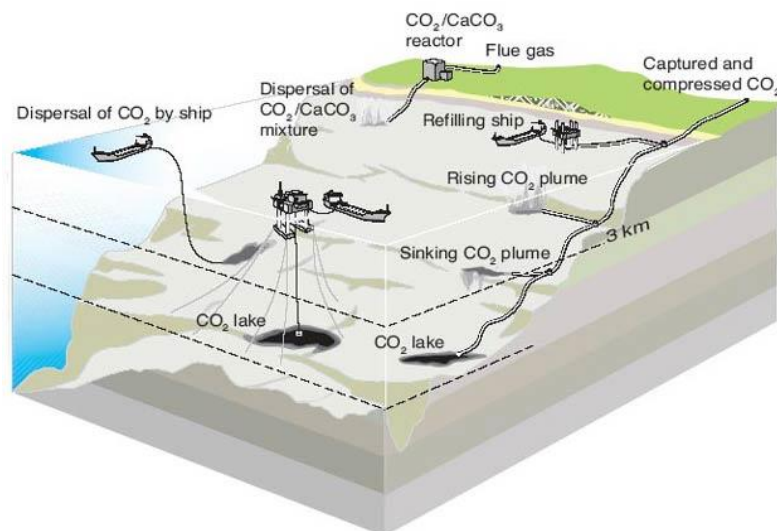
Osim ako se postrojenje ne nalazi neposredno iznad geološkog lokacije skladištenja, prikupljeni CO<sub>2</sub> moraju biti prevezen do mjesta skladištenja te se u svrhu pojeftinjenja komprimira ili ukapljuje.



Slika 52, Geološko skladištenje CO<sub>2</sub> ([www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org))

Prikupljeni CO<sub>2</sub> može biti pohranjen u iskorištenim ležištima nafte i plina, (Slika 52) dubokim slanim formacijama i neiskoristivim ležištima ugljena upumpavanjem pod tlakom.

Slična tehnika ubrizgavanja CO<sub>2</sub> u duboke geološke formacije već se koristi u istraživanju nafte i plina. Tehnika bušenja i nadzora dubokih bušotina razvijene kod istraživanja nafte u potpunosti se može primijeniti na skladištenje CO<sub>2</sub>. Fizičko sprečavanje curenja osigurano je nepropusnim slojem škriljevca i gline u geološkoj formaciji iznad lokacije skladištenja (“cap rock”).



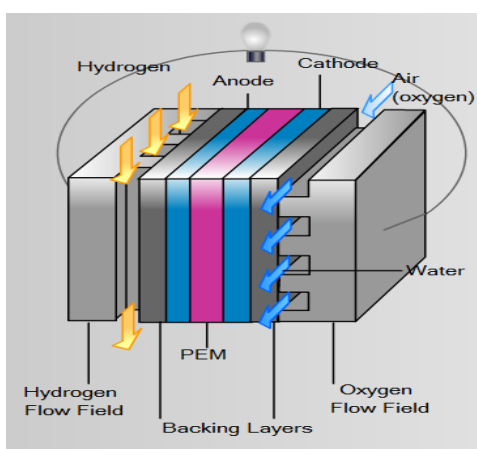
Slika 53. CO<sub>2</sub> Skladištenje u moru (<http://www.greenfacts.org>.)

Moguća opcija skladištenja prikupljenog CO<sub>2</sub> je i njegovo odlaganje duboko u ocean gdje bi trebao ostati izoliran. S vremenom, otopljeni i raspršeni CO<sub>2</sub> će postati dio globalnog karbonskog ciklusa. za (Slika 53). Ova opcija je još uvijek u fazi istraživanja. Većina otopljenog CO<sub>2</sub> je koncentrirana površinskom sloju vode, iako bi odlaganje CO<sub>2</sub> na maksimalnim dubinama protokom vremena sav odloženi CO<sub>2</sub> će eventualno naći put do atmosfere.

## 6. MOGUĆE ALTERNATIVE FOSILNIM GORIVIMA

Solarna energija, energija vjetra, gorive ćelije, nuklearna energija, konverzija termalne energije oceana, hidroenergija, etanol i biogoriva, su najizgledniji alternativni a istovremeno i održivi izvori energije i zamjena fosilnim gorivima . Vodik se izdvaja kao obećavajući izvor energije, čini se kao savršena alternativa fosilnim gorivima u proizvodnju električne energije korištenjem samo vodika i kisika i nema nikakvih štetnih emisija. Nažalost, iako najzastupljeniji element na planeti, u prirodi se nalazi samo kao sastavni dio drugih spojeva.

Čisti vodik, pogodan kao gorivo se mora proizvesti korištenjem drugih izvora energije, nesiguran je za transport i skladištenje. Vodik se proizvodi elektrolizom iz vode ili cijepanjem lanaca ugljikovodika što su procesi koji sami po sebi emitiraju stakleničke plinove u atmosferu.



Slika 55 Shema gorive ćelije ([www.hydrogenics.com](http://www.hydrogenics.com))

Goriva ćelija je uređaj koji pretvara potencijalnu kemijsku energiju u električnu (Slika 55)

Rezultat reakcije su voda, elektricitet i toplina bez emisije štetnih sastojaka.

Goriva se ćelija sastoji od elektrolita u koji su uronjene dvije elektrode. Putem anode dolazi vodik dok putem druge elektrode, katode, dolazi kisik. Uz pomoć katalizatora na anodi se električki razdvajaju atomi vodika uz nastajanje slobodnih elektroni koji vodičem preko trošila idu prema katode. Pozitivna jezgra vodika kroz elektrolit teče prema katode, atom vodika se regenerira na samoj katodi spajajući se da kisikom. a kao posljedica nastaje toplina i vodena para.<sup>56</sup> Razvijena temperatura zavisi o vrsti elektrolita u uporabi a varira od 100-1000 °C.<sup>57</sup> Vodik ima veliki potencijal kao način smanji ovisnost o konvencionalnim izvorima energije.

---

<sup>56</sup> <http://nauka.adsoglas.com/energijamaterija/gorivecelije.php>, (01.02.2017.)

<sup>57</sup> [www.hr.wikipedia.org/wiki/Goriva\\_%C4%87elija](http://www.hr.wikipedia.org/wiki/Goriva_%C4%87elija) (01.02.2017.)

Glavni problem je skupoća gorivih ćelija, nesavršenost membrana, a potrebno gorivo nije jeftino za proizvesti.

Drugi izvor energije u budućnosti mogla bi biti nuklearna energija, nuklearne fisije oslobađa štetna i dugotrajna zračenja i proizvodi velike količine radioaktivnog otpada koji ostaje aktivan godinama a ako se oslobodi u okoliš ima devastirajuće posljedice.

Konverzija termalne energije oceana (Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC)

je tehnologija dobivanja elektriciteta na osnovu temperaturne razlike morske vode između površinskih i dubinskih voda. Što je veća temperaturna razlika veća je i učinkovitost konverzije dok je cjelokupna potrebna tehnologija je dostupna. OTEC tehnologija zahtjeva ogromna ulaganja u skupe cijevi velikih promjera koje se moraju postaviti barem kilometar duboko u more, a kako bi mogle dovoditi hladniju vodu sa većih dubina, a što je naravno vrlo skupo. Tipovi OTEC sistema su slijedeći:

- sistemi zatvorenog kruga (Closed-Cycle), koriste tekućinu niskog vrelišta, topla površinska voda prolazi kroz izmjenjivač topline sa lakohlapljivom tekućinom koja isparava i pokreće turbinu generatora, te se zatim kondenzira dubinskom hladnijom vodom i vraća u ciklus.
- sistemi otvorenog kruga (Open-Cycle), koristi tople površinske vode izložene niskom tlaku, nastala para pogoni niskotlačnu turbinu te se kondenzira koristeći hladniju dubinsku vodu

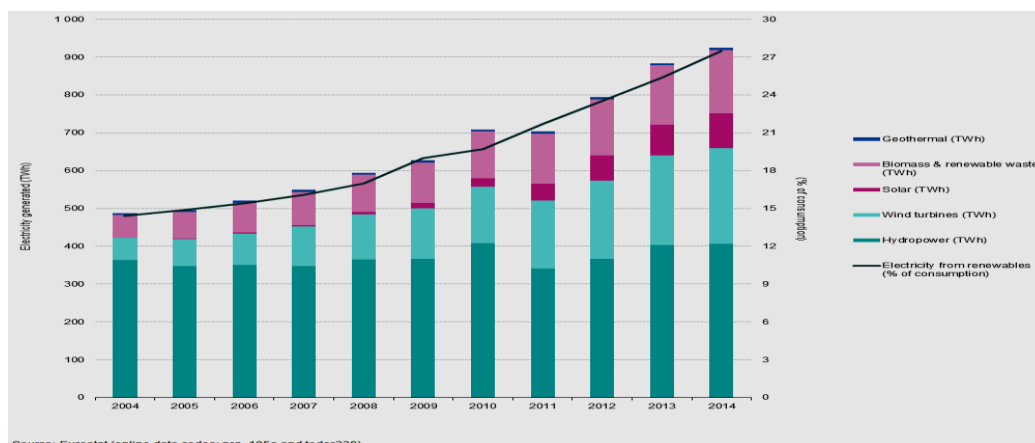
Ovi sistemi rade na malim temperaturnim razlikama pa su stoga učinkoviti sami 1-3%.

Energija valova, kinetička energija dostupna stalnim kretanjem valova i vjetra, te može biti iskorištena za pokretanje turbina dok ogromne količine energije sadržane u gibanju mora joj daju veliki energetske potencijal. Podizanjem valova u komorama, nastale sile istiskuju zrak kroz turbine te tako pokreću generatore.

Energija plime i oseke posebno provediva u područjima a velikom plimnom razlikom te koristi energiju kretanja vode.

Energija vode (hidroenergija) je najznačajniji, najizdašniji ekonomski prihvatljiv, obnovljivi izvor energije te kao takav glavni konkurent energiji fosilnih goriva te nuklearnoj energiji ujedno i jedini koji je ekonomski konkurentan fosilnim gorivima i nuklearnoj energiji. U strukturi Europskog elektroenergetskog sustava 27,5% čine izvora čini hidroenergija, te oko

43%<sup>58</sup> svih Europskih obnovljivih izvora energije. Kad je Hrvatska u pitanju, situacije je povoljnija, naša država polovinu električne energije dobiva uporabom vodene snage. (Slika 55)



Slika 56. Električna energija generirana obnovljivim izvorima u EU-28, 2004–14

Energija biomase ili biogoriva, oslobađa kemijsku energiju pohranjenu u organskoj materiji (drvo, usjevi, životinjski otpad), ovo je najbrže rastući Europski izvor obnovljive energije, Za razliku od ostalih obnovljivih izvora energije, uporaba bio goriva emitira značajne količine stakleničkih filmova.

Količina elektroenergije proizvedena vjetrom u EU se povećala 3.3 puta u zadnjih 10 godina te je dosegla 7% ukupno proizvedene obnovljive energije. Trenutačno, energija vjetra pokriva samo 0.1% svjetskih potreba za električnom energijom.

Korištenje solarne energije uvelike ovisi o insolaciji, ne zahtjeva dodatnu energiju i nema apsolutno nikakvih štetnih emisija. Solarna energija se može koristiti na dva glavna načina:

- energija korištena kao izvor termalne energije
- pretvorena u električnu energiju uporabom fotoelektričnih ćelija potpomognuto primjenom heliostatsa. Danas, solarna energija daje oko 6,1% od Europske obnovljive energije.

Za potrebe prijevoznike industrije, pogotovo kopnene, EU je pred svaku članicu postavila cilj o korištenju obnovljivih izvora energije (uključujući tekuće biogoriva, vodik ili 'zelena' struja). Tako uporaba obnovljivih oblika energije treba iznositi najmanje 10% svih goriva u prometu

<sup>58</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics), 27.02.2017



do 2020. godine. Prosječni udio obnovljivih izvora energije u potrošnji goriva transportnog sektora u cijeloj EU-28 u 2014. godini je iznosila 5,9%.<sup>59</sup>

## **7. Zaključak**

---

<sup>59</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics)

Kao konačni zaključak, mora se posvetiti pažnja i tražiti rješenja sadašnjoj ovisnosti o fosilnim goriva i posljedično, emisiji stakleničkih plinova.

Izbjegavanje ozbiljnih klimatskih promjena zasigurno će zahtijevati značajno smanjenje trenutačnih i predviđenih emisija stakleničkih plinova, bez obzira na strategiju smanjenja emisije ugljičnog dioksida, ista ne bi smjela ugroziti ekonomski rast.

Pomorska prijevozna industrija, dosad isključena i regulatornih okvira smanjenja emisije ugljičnog dioksida, zbog sve rigoroznijih pravila u zaštiti okoliša mora nastojati pronaći tehnička, tehnološka i operativna rješenja kojima bi se štetne emisije svele na što manju mjeru. Pred svim sudionicima u industriji je veliki izazov ako odgovoriti na postavljene zahtjeve a da sva rješenja budu istovremeno tehnički provediva, široko dostupna i ekonomski isplativa ne ugrožavajući ravnomjeran razvoj prijevoza niti diskriminirajući niti jednog sudionika. goriva od čak 10%. Povećanjem omjera kompresije u kombinaciji s odgođenim vremenom

## **8. Literatura i izvori**

1. European Commission, Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat>

2. Energy Information Administration. Greenhouse Gases, Climate Change, and Energy, (dostupno na: <https://www.eia.gov/oiaf/1605/ggccebro/chapter1.html>)
3. Global carbon emissions, statistical data, 2017, dostupno na: <https://www.co2.earth/global-co2-emissions>
4. Temperature anomaly, NASA Earth Observatory, (dostupno na: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php>)
5. International Energy Agency: CO<sub>2</sub> Emissions from fuel combustion, 2014 (dostupno na: <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487>)
6. Earth System Science Data: Global Carbon Budget 2015. (dostupno na: <http://www.earth-syst-sci-data.net/8/859/2015/essd-8-859-2015.pdf>)
7. <http://media.whatsyourimpact.org>
8. <http://www.windows.ucar.edu>
9. Intergovernmental Panel on Climate Change ( <https://www.ipcc.ch/>)
10. International Chamber of Shipping, ([www.ics-shipping.org/](http://www.ics-shipping.org/))
11. Federal Ministry for Economic Affairs and energy, (dostupno na :[http://www.inefficiency-from-germany.info/ENEFF/Redaktion/EN/Standardartikel/einfuehrung\\_hintergrund.html;jsessionid=BA6D8E3FA495FC4BA95BB3149F434CBC](http://www.inefficiency-from-germany.info/ENEFF/Redaktion/EN/Standardartikel/einfuehrung_hintergrund.html;jsessionid=BA6D8E3FA495FC4BA95BB3149F434CBC))
12. Global maritime energy efficiency partnership, <http://glomeep.imo.org/>
13. National Aeronautics and Space Administration, <https://www.nasa.gov/>
14. European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu>
15. Skeptical Science, <https://skepticalscience.com>
16. United Nations Framework Convention on Climate Change [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)
17. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, <http://www.bmub.bund.de>
18. European Commission data, <https://ec.europa.eu>
19. Live Scene, <http://www.livescience.com>
20. International Energy Agency: Transport, Energy and CO<sub>2</sub>, 2009 (dostupno na: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>)
21. Ship Energy Efficiency Measures, Status and Guidance, American Bureau of Shipping, 2013. (dostupno na:

<https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/Capability%20Brochures/ShipEnergyEfficiency>)

22. Technological and Operational Methods Available to Reduce CO<sub>2</sub>, Ellycia Harrould-Kolieb and Jacqueline Savitz, Oceana 2010. (dostupno na:

[http://oceana.org/sites/default/files/reports/Shipping\\_report\\_2010.pdf](http://oceana.org/sites/default/files/reports/Shipping_report_2010.pdf)

23. Managing refrigerants the responsible way (dostupno na: [http://www.lindegas.com/internet.global.lindegas.global/en/images/Refrigerants%20Environmental%20Impact%20brochure17\\_108598.pdf?v=4.0Linde](http://www.lindegas.com/internet.global.lindegas.global/en/images/Refrigerants%20Environmental%20Impact%20brochure17_108598.pdf?v=4.0Linde))

24. Ocean Acidity, August 2016 (dostupno na:

[https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/print\\_acidity-2016.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/print_acidity-2016.pdf))

25. Global Methane Emissions and Mitigation Opportunities, dostupno na;

[http://www.globalmethane.org/documents/analysis\\_fs\\_en.pdf](http://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_en.pdf)

26. Kyoto Protokol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1998 (dostupno na: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>)

27. Energy, transport and environment indicators, 2016 edition, Eurostat, (dostupno na:

<http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-DK-16-001>)

28. Inženjerstvo zaštite okoliša, predavanja, poglavlje IV - Utjecaji emisije u atmosferu, Prof. dr. sc. Z. Prelec, (dostupno na:

[http://www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zvd\\_teh\\_term\\_energ/katedra4/Inzenjerstvo\\_zastite\\_okolisa/4.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvo_zastite_okolisa/4.pdf)

29. International Council on Clean Transportation: The Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships, 2011, (dostupno na:

[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate15\\_EEDI\\_final.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate15_EEDI_final.pdf))

30. Global Carbon Project: Global Methane Budget Published on 12 December 2016,

(dostupno na:

[http://www.globalcarbonproject.org/methanebudget/16/files/GCP\\_MethaneBudget\\_2016.pdf](http://www.globalcarbonproject.org/methanebudget/16/files/GCP_MethaneBudget_2016.pdf))

31. Fleet Performance Management, DNVGL, Jan 2016 (dostupno na:

<https://performance.dnvgl.com/>)

32. EEDI, Energy Efficiency Design Index, MAN Diesel and Turbo, (dostupno na:

<https://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/4-Stroke-Engines/eedi-energy-efficiency-design-index.pdf?sfvrsn=6>)

3. United Nations Framework Convention on Climate Change, UN 1992. (dostupno na:

<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>)

34. Third IMO Greenhouse Gas Study 2014. Executive Summary (dostupno na: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>)
35. Carbon Dioxide Capture and Storage, 2005, Intergovernmental Panel on Climate Change, dostupno na: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_wholereport.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf))
36. Exhaust Gas Scrubber Systems (Exhaust Gas Scrubber Systems Status and Guidance, 2016, ABS, dostupno na: [http://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/2013/Scrubber\\_Advisory.pdf](http://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/2013/Scrubber_Advisory.pdf))
37. Calculating and Comparing CO2 Emissions from the Global Maritime Fleet (Rightship, May 2013, dostupno na: [http://site.rightship.com/media/14710/Rightship\\_GHG\\_Emission\\_Rating.pdf](http://site.rightship.com/media/14710/Rightship_GHG_Emission_Rating.pdf))
38. Reducing Transport Greenhouse Gas Emission, International Transport Forum, 2010, (dostupno na <http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/09ghgsum.pdf>)
39. Targeting the Environmental Sustainability of European Shipping The Need for Innovation in Policy and Technology, 2014, EPSD – European Panel of Sustainable Development (dostupno na [http://www.gmv.gu.se/digitalAssets/1481/1481978\\_epsd\\_rapport\\_webb.pdf](http://www.gmv.gu.se/digitalAssets/1481/1481978_epsd_rapport_webb.pdf))
40. About greenhouse gases and CO2 emissions, 2008. A.P. Moller – Maersk (dostupno na: <http://www.maerskoil.com/Documents/reports/2007-apmm-about-greenhouse-gasses-and-co2-emissions-only-english.pdf>)
41. International Chamber of Shipping, Annual Review 2014 (dostupno na <http://www.ics-shipping.org/docs/default-source/Annual-Review-2014/ics-annual-review-2014.pdf>)
42. The Liner Shipping Industry and Carbon Emissions Policy, September 2009, World Shipping Council (dostupno na [http://www.worldshipping.org/pdf/liner\\_shipping\\_co2emissions\\_policy\\_september.pdf](http://www.worldshipping.org/pdf/liner_shipping_co2emissions_policy_september.pdf))
43. Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships. International Council on Clean Transportation, 2008 (dostupno na [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing\\_ships\\_2007.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing_ships_2007.pdf))

## 9. Popis tablica

**Tablica 1.** Svojstva rashladnih plinova

**Tablica 2 a)** Shipping CO<sub>2</sub> emissions compared with global CO<sub>2</sub> (values in million tonnes CO<sub>2</sub>);

**Tablica 2b)** Shipping GHGs (in CO<sub>2</sub>e) compared with global GHGs (values in million tonnes CO<sub>2</sub>e).

## 10. Popis slika

**Slika 1.** Temperatura površine zemlje, Source: NASA-GISS

**Slika 2.** Antropološka emisija CO<sub>2</sub> ([https://muskerblog.files.wordpress.com/2013/01/fig\\_co21.png](https://muskerblog.files.wordpress.com/2013/01/fig_co21.png))

**Slika 3.** Prirodni izvori CO<sub>2</sub> (<http://media.whatsyourimpact.org>)

**Slika 4.** Antropogeni izvori metana (<http://whatsyourimpact.org>)

**Slika 5.** Prirodni izvori metana (Bousquet, P. et al. 2006).

**Slika 6.** Ljudski uzrokovani izvori Dušičnih spojeva (<http://whatsyourimpact.org>)

**Slika 7.** Prirodni izvori NO<sub>x</sub> ( Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, IPCC).

**Slika 8.** Ljudski izvori rashladnih plinova (The 2010 Assessment of the Scientific Assessment Panel, UNEP).

**Slika 9.** Sunčeva radijacija ([www.windows.ucar.edu](http://www.windows.ucar.edu))

**Slika 10.** Model stakleničkog efekta, IPCC

**Slika11.** Zemljina energetska bilanca

**Slika 12.** Globalna srednja temperatura površine Zemlje. ([Surface Temperature Analysis.](#))

**Slika 13.** Porast koncentracije CO<sub>2</sub>, NASSA

**Slika 14.** Godišnje promjene u atmosferskom i oceanskom CO<sub>2</sub>, i površinskoj pH. (<https://skepticalscience.com>)

**Slika 15.** Kyoto Protokol zemlje ([unfccc.int/kyoto\\_protocol](http://unfccc.int/kyoto_protocol))

**Slika 16.** Udaljenost pokrivena 1 tonom tereta s emisijom 1 kg CO<sub>2</sub> (MAERSK Line)

**Slika17.** TIER klasifikacija (MAN)

**Slika18.** Predviđena godišnja emisija sa brodovlja (Lloyd)

**Slika 19.** Sistem baklji (Petrowiki)

**Slika 20.** Claus-ovo postrojenje, <https://chemengineering.wikispaces.com/Claus+process>

**Slika 21.** EEDI Diagram (MAN)

**Slika 22.** EEDI izračun (ICCT)

**Slika 23.** Varijable koje utječu na potrošnju goriva (Pedersen BP, L. J., 2009.)

**Slika 24.** Potencijali za smanjenje goriva i CO<sub>2</sub> emisije (ICCT, July 2013)

**Slika 25.** The emission reduction measures main categories (DNV GL)

**Slika 26.** Potrošnja bunkera u ovisnosti o tipu obraštanja ([www.cleanhull.no](http://www.cleanhull.no))

**Slika. 27.** Uštede i smanjenje emisije usporenom plovidbom za 8000 TEU Containership (Journal of ETA Maritime Science Vol. 1, No. 2, (2013), 65-72)

**Slika 28.** Redukcija SFOC elektronski kontroliranog stroja (MAN)

**Slika 30.** Prikaz sporohodnog diesel motora u kombinaciji sa plinskom turbinom, utilizacijskim kotlom te parnom turbinom ( Wärtsilä)

**Slika 30.** Jednostavan jednotlačni sistem pare (MAN)

- Slika 31.** sistem s dualnim tlakom pare (MAN)
- Slika 32.** Srednji prifil opterećenja (DNV GL)
- Slika 33.** Princip zračnog podmazivanja trupa (Silver Stream)
- Slika 34.** Bulbasti pramac, modifikacija (DNV GL)
- Slika 35.** HHI Duct (ABS)
- Slika 36.** HHI Thrust Fins (ABS)
- Slika 37.** SHI Post-stator (ABS)
- Slika 38.** Strujanje u brazdi sa i bez VG-peraja
- Slika 39.** *DSME* pred kovitlajući staror
- Slika 40.** Integrated Lammeren Duct, ABS
- Slika 41.** Model *BMS Mewis Duct*®-. ABS
- Slika 42.** Viking Lady OSV LNG-hibridni pogon, DNV GL
- Slika 43.** Futura Carrier, modularna konstrukcija
- Slika 44.** Skysails, (efficiency-from-germany)
- Slika 45.** Teretni brod opremljen čvrstim jedrima, (IWSA)
- Slika 46.** Flettner rotor on E Ship1
- Slika 48.** Solarni paneli na NYK's Auriga Leader,
- Slika 49.** MV Auriga Leader
- Slika 50.** CO<sub>2</sub> capture shematic ([www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org))
- Slika 51.** Shema procesa prikupljana ([www.rwe.com](http://www.rwe.com))
- Slika 52.** Geološko skladištenje CO<sub>2</sub> ([www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org))
- Slika 53.** CO<sub>2</sub> Skladištenje u moru (<http://www.greenfacts.org>.)
- Slika 55.** Električna energija generirana obnovljivim izvorima u EU-28, 2004–14
- Slika 56.** Električna energija generirana obnovljivim izvorima u EU-28, 2004–14

## 11. Sažetak

---

Za postizanje postavljenih ciljeva, primarna strategija je povećane efikasnosti korištenja goriva u kombinaciji sa povećanjem korištenja obnovljivih izvora energije te proizvodnja energije korištenjem goriva niske emisije ugljikovog dioksida.

Naposljetku, mogu se izvući sljedeći zaključci:

- Fossilna goriva su glavni izvor energije i svi su izgledi da će tako i ostati u godinama koje slijede.
- U budućnosti se fossilna goriva neće biti dostatna, čovječanstvo će biti prisiljeno na istraživanje, razvoj i korištenje održivih i alternativnih izvora i metoda.
- Izgaranje fosilnih goriva ispušta velike količine CO<sub>2</sub> i povećava koncentraciju u atmosferi što je mjerljivo i dobro dokumentirano.
- Proizvodnja električne energije stvara najveće emisije CO<sub>2</sub>.
- Nakon proizvodnje el. energije, transport je drugi najveći emiter CO<sub>2</sub>.
- Ograničavanje emisije CO<sub>2</sub> je teško postići s obzirom na sve veće potrebe rastućeg stanovništva.

Predviđa se daljnji rast emisije CO<sub>2</sub> s obzirom da i zemlje u razvoju nastoje poboljšati standard povećavajući potrebu premještanja roba i sirovina širom svijeta.

Pomorski transport dijeli sudbinu ostalih gospodarskih aktivnosti i industrija je ostvarila napredak u smanjenju emisije CO<sub>2</sub> i poboljšanja energetske učinkovitosti putem dostupnih operativnih i tehnoloških rješenja. Međutim, ove mjere same po sebi ne mogu biti dovoljna i industrije zahtijeva pažnju kreatora politike.

Prikupljanje pouzdanih i točnih podataka je presudno za preciznu analizu i utvrđivanje činjeničnog stanja i služe kao osnova daljnjim aktivnosti na razvoju pouzdanih mehanizama tržišta te brži razvoj i primjenu novih tehnologija.

Vrlo važno za bilo koji napredak je široka dostupnost i razmjena tehničkih i iskustvenih podataka unutar industrije.

Sustav provjere i certificiranje mjera za unapređenje učinkovitosti brodovlja također može biti koristan u smislu da bi novi propisi mogli ubrzati zamjenu starijih učinkovitijim brodovima.

Istovremeno, ove obveze predstavljaju nove mogućnosti za tvrtke koje nude rješenja u vidu energetski učinkovitih motora, dizajna trupa, premaza, proizvodnje goriva s niskim sadržajem sumpora; proizvođači raznih uređaja za pročišćavanje, dobavljači opreme i sl.



Ta rješenja su multidisciplinarna i uključuju razne industrije: proizvođače strojeva , brodograditelje, kemijsku industriju, prometnu infrastrukturu (luke, terminali), preradu nafte i plina (rafinirana goriva sa niskom razinom sumpora, LNG) i transport.

Regulative poput MARPOL i direktive EU postavljaju standarde, ne preporučuju bilo koje određeno rješenje. Industrija može slobodno koristiti bilo rješenje ili tehnologiju koja može zadovoljiti zahtjeve a često ovisi o mnogim čimbenicima (globalnoj ekonomskoj situaciji, državnim potporama, tržišnim uvjetima, inovacija, tehnološkim preprekama i rješenjima, kretanju cijena goriva, razvoj infrastrukture ... itd.).

Ključne riječi: Ugljični dioksid, emisija, Pomorski prijevoz, Efikasnost, Skupljane, Međunarodna Pomorska Organizacija, MARPOL, Staklenički plinovi, Tehnologija, Okoliš, Zakiseljavanje, Atmosfera, Oceani, Alternativni izvori.

## **12. Summary**

### **Global CO2 policies and the rule of maritime traffic**

As conclusion, humans need to address present dependence on usage of fossil fuels and consequently, greenhouse gas emissions.

Avoiding serious climate change will definitely require a significant reduction in projected greenhouse gas emissions. Moreover, whatever strategy used to reduce anthropological carbon dioxide emissions must not interfere with the projected economical growth.

To achieve set targets, the most plausible strategy is combination of increased fuel efficiency, usage of renewable energy, low-carbon electricity and use of low-carbon biomass-derived fuels. After all, the following conclusions can be drawn:

- Fossil fuels are the major energy source used by humankind, for the many years that follows it will most likely stay that way.
- In the future, the fossil fuels will not suffice, humankind will be forced to explore, develop and implement sustainable energy sources.
- The burning of fossil fuels emits large quantities of CO<sub>2</sub> increasing its concentration in the atmosphere. This is measurable well documented.
- Electricity production generates the most of CO<sub>2</sub> emissions
- After energy generation, transportation is the second largest CO<sub>2</sub> emitter globally.
- Limiting CO<sub>2</sub> emissions will be difficult to achieve considering ever-growing needs of growing population.

Shipping shares fate of other economic activities and industry made progress in reducing CO<sub>2</sub> emissions and improving energy efficiency though many cost effective efficiency measures and technology solutions.

However, these actions alone may not be sufficient and industry requires attention from policy-makers.

Most of the measures applicable to any other energy consuming industry are also applicable to the shipping sector. Critical to any progress is better sourcing and sharing of technical and experiential data within the industry.

At the same time, legal requirement create opportunities for companies that offer solutions through energy efficient engines, designs, coatings, low-sulphur fuel producers; scrubber manufacturers and LNG producers...etc, for variety of industries: machinery developers and builders, chemical industry, transportation infrastructure (ports, terminals), oil and gas (refined fuels production, low-sulphur fuel, LNG) and transportation (shipping). Binding regulations only set the standards; they do not recommend any particular solution.

Keywords: Carbon Dioxide, Emission, Shipping, Efficiency, Capture, IMO. MARPOL. Greenhouse, Operational, Technology, Environment, Acidification, Atmosphere, Oceans, Alternative Sources