

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technologijų ir gamtos mokslų fakultetas

Jūrų inžinerijos katedra

Erikas Sabulis

RO-RO TIPO LAIVŲ ENERGETINIO EFEKTYVUMO RODIKLIŲ VERTINIMAS IR GERINIMO TYRIMAI

Jūrų laivyno techninės eksploatacijos valdymo magistro baigiamasis darbas

Klaipėda, 2019

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

.....
(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas magistro baigiamasis darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.

.....
(magistro darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

.....
(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

.....
(data)

.....
(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Magistro baigiamąjį darbą ginti

.....
(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentu(-ais) skiriu

.....
(įrašyti recenzento(u) vardą, pavardę)

.....
(data)

.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

TURINYS

ĮVADAS	7
I. ORO TARŠA IR TARPTAUTINIS ATSAKAS	11
1.1 Klimato kaita ir šiltnamio efektas	11
1.2 Tarptautinis atsakas į klimato kaitą.....	14
1.2.1 ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo, atsinaujinančiosios energijos ir energijos vartojimo efektyvumo veiklos tikslai ir bendrieji tikslai	15
1.3 Transporto sektorius ir jame išmetamas CO ₂ kiekis	18
1.3.1 Jūrų transporto sektoriaus šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos.....	20
1.3.2 Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo tikslo įtraukimas į bendrą ES teršalų mažinimo įsipareigojimą	22
1.3.3 Griežtų ir suderintų stebėsenos ir ataskaitų teikimo taisyklių įgyvendinimas.....	24
1.4 Tarptautinės jūrų organizacijos strategija sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją iš laivų.....	26
II. LAIVO ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO VALDYMAS	28
2.1. Technologinis ir operacinis išmetamųjų dujų iš laivų mažinimo potencialas	28
2.2. Energijos efektyvumo projektavimo indeksas	30
2.2.1. Projektinio energijos vartojimo efektyvumo indekso sertifikavimas ir gerinimas	32
2.2.2. Energijos vartojimo efektyvumo techninės priemonės	35
2.3. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas operacinėmis priemonėmis.....	39
2.3.1. Laivo energijos efektyvumo valdymo planas, dokumentacija ir šaltiniai	39
2.3.2. Energijos efektyvumo planavimas, personalas ir atsakomybės.....	41
2.3.3. Energijos efektyvumo standartų kontrolė, įvertinimas ir pažanga	43
2.3.4. Operacinės energijos efektyvumo didinimo priemonės ir technologijos.....	45
2.4. Diferento optimizavimas.....	47
2.5 Optimalaus greičio parinkimas.....	51
III. RO-RO LAIVO ENERGETINIO EFEKTYVUMO ANALIZĖ IR TYRIMAI	54
3.1. Energetinio efektyvumo operacinių rodiklių gerinimo tyrimai	54
3.1.1. Tyrimai, rezultatai ir jų aptarimas	54
IŠVADOS	62
LITERATŪRA	63
PRIEDAI	65

Santrauka

Energetika ir klimato kaita šiuo metu yra glaudžiai susijusios, nes energijos gamybos, kurią iš esmės sudaro iškastinio kuro transformavimas ir deginimas, ir energijos naudojimo, pavyzdžiui, pramonėje ir transporto sektoriuje, išmetama 79 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio. Todėl, siekiant kovoti su klimato kaita, labai svarbu imtis veiksmingų veiksmų energijos vartojimo efektyvumo srityje.

Pasauliniu mastu jūrų transporto sektoriaus išmesto CO₂ kiekis šiuo metu sudaro 3 proc. viso pasaulyje išmetamo šių teršalų kiekio. Laivų transporto sektoriaus išmetamas CO₂ susijęs su sunaudojamu kuru. Mažinti išmetamą CO₂ kiekį reikštų mažinti kuro suvartojimą.

TJO ėmėsi priemonių mažinti išmetamą ŠESD kiekį 1997 m., remdamasi visiems vienodų sąlygų užtikrinimo ir nediskriminavimo principais, nustatytais MARPOL konvencijoje ir kitose TJO konvencijose. 2011 m. priimti MARPOL konvencijos VI priedo pakeitimai dėl oro taršos iš laivų prevencijos projektinio energijos vartojimo efektyvumo indekso ir dėl laivų energijos vartojimo efektyvumo valdymo plano yra didelė pažanga. Šiomis priemonėmis, ypač energijos vartojimo efektyvumo indekso, tikimasi smarkiai pristabdyti išmetamų teršalų kiekio didėjimą, palyginti su įprastų technologijų taikymo scenarijumi.

Tyrimai rodo, kad įvairios techninės ir operatyvinės priemonės, kuriomis visų pirma siekiama pagerinti laivų energijos vartojimo efektyvumą, gali padėti smarkiai sumažinti laivų transporto sektoriaus išmetamą teršalų kiekį. Kadangi spėjama, jog ateityje kuro kainos kils, dauguma šių techninių ir operatyvinių priemonių būtų efektyvios ekonomiškai ne tik ekologiniu, bet ir ekonominiu aspektais.

Raktiniai žodžiai: anglies dioksidas, CO₂, energijos efektyvumas, projektinis energijosvartojimo efektyvumo indeksas, laivo energijos vartojimo efektyvumo valdymo plano.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

Eil. Nr.	Lentelės pavadinimas	Puslapis
1.	lentelė Laivo eksploatacijos veiksniai.	42
2.	lentelė Pagrindinės laivo „Gardenia Seaways“ techninės charakteristikos.	55
3.	lentelė Laivo kuro sąnaudos	55
4.	lentelė Greičio optimizavimo įtaka laivo “Gardenia Seaways” kuro sąnaudoms	57
5.	lentelė. Diferento įtaka laivo “Gardenia Seaways” pagrindinių variklių kuro sąnaudoms ir CO ₂ emisijoms	58
6.	lentelė. Ventiliacijų kroviniuose deniuose naudojimo optimizavimas	59
7.	lentelė. Balastinių siurblių naudojimo optimizavimas.	60

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

Eil. Nr.	Paveiklo pavadinimas	Puslapis
1.	pav. Šiltnamio efektas	12
2.	pav. ES atsparios energetikos strategija.	13
3.	pav. ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos, prognozės ir mažinimo veiklos tikslai ir bendrieji tikslai.	16
4.	pav. Išmetamieji teršalai pagal valstybes nares 2015 m	17
5.	pav. ES transporto sektoriuje išmetamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos	18
6.	pav. Išmetamo CO ₂ kiekio vidurkio perskaičiavimo koeficientai, taikomi krovinių vežimui, 2016m	20
7.	pav. Apskaičiuotasis jūrų transporto sektoriaus išmetamo CO ₂ kiekis (susijęs su ES ir pasaulinis, atsižvelgiant į projektinį energijos vartojimo efektyvumo indeksą.	21
8.	pav. Pagrindiniai įrenginiai darantys įtaką PEVEI	31
9.	pav. Inovatyvių technologijų kategorijos	34
10.	pav. Laivapriekis su bulba	35
11.	pav. Korpuso padengimas specialia danga “antifouling”	36
12.	pav. Oro tepimo sistemos schematinė iliustracija	36
13.	pav. Vėjo energijos panaudojimas	38
14.	pav. Laivo veiklos efektyvumo parodymai optimizavimo sistemos ekrane .	50
15.	pav. Diferento optimizavimo sistemos rekomendacijos sistemos ekrane.	50

Eil. Nr.	Paveikslo pavadinimas	Puslapis
16. pav.	Kuro sąnaudų, CO ₂ emisijų ir greičio priklausomybė.	52
17. pav.	Operacinių priemonių ekonominis ir ekologinis sumažinimo efektas.	61

Įvadas

Problemos formulavimas

Žmogus nuo industrializacijos pradžios pradėjo keisti atmosferos cheminę sudėtį taip sustiprindamas šiltnamio efektą, Žemės atmosferoje. Įvairios dujos, kurias išmeta transportas, pramonė, bei žemės ūkis, kaupiasi atmosferoje. Atmosferoje susikaupusios antropogeninės dujos praleidžia Saulės spindulius, tačiau sulaiko šilumą, sklindančią nuo Žemės paviršiaus. Natūraliomis sąlygomis ši šiluma būtų išspinduliuota į kosmosą. 2010 m. gruodžio mėn. Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos (JTBBKK) šalys pripažino, kad visuotinis atšilimas turi neviršyti iki pramoninės revoliucijos buvusios temperatūros, daugiau kaip 2°C. Tai itin svarbu norint sumažinti neigiamus žmonių veiklos padarinius klimato sistemai.

Europos Vadovų Taryba ir Europos Parlamentas nutarė jog prie išmetamųjų teršalų kiekio mažinimo turėtų prisidėti visi ekonomikos sektoriai. Siekiant prisidėti prie strategijos „Europa 2020“ įgyvendinimo, 2011 m. Komisijos baltojoje knygoje dėl transporto teigiama, kad iki 2050 m. jūrų transporto išmetamo CO₂ kiekis turėtų būti sumažintas 40 proc. (jeigu įmanoma – 50 proc.), palyginti su 2005 m. lygiu. (Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui, Briuselis, 2013 06 28 COM(2013) 479 final).

Manoma, kad 2050m. Pasaulio mastu jūrų transporto išmetamų teršalų kiekis sudarys 5 proc., kadangi numatomas ekonomikos augimas, kartu su ja turėtų augti ir transporto paklausa. Šis padidėjimas numatomas net ir tuomet, jei bus taikomos operatyvinės priemonės ir esamos technologijos, skirtos konkrečiam energijos suvartojimui ir laivų išmetamam CO₂ kiekiui sumažinti iki 75 proc (Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui, Briuselis, 2013 06 28 COM(2013) 479 final).

Laivų transportas tebėra santykinai mažiau taršus nei kitų rūšių transportas, tačiau technologinė pažanga kituose sektoriuose, pernelyg didelė priklausomybė nuo naftos ir griežtas visuomenės raginimas mažinti išmetamą ne tik CO₂, bet ir kitų teršalų (SO_x, NO_x, kietųjų dalelių) kiekį, o taip pat ir bendrą aplinkosauginį pėdsaką (susijusį su balastiniu vandeniu, atliekų atskyrimu) yra tvirti argumentai veikti ir šiame sektoriuje. Tarptautinė jūrų organizacija (TJO) ir pramonė imasi aktyvaus vaidmens, bet naujų technologijų ir operatyvinių priemonių diegimo rezultatai išlieka netolygūs. Sumažinus kuro išlaidas ir efektyviau tenkinant vartotojų poreikius padidės sektoriaus veiksmingumas bei tvarumas ir bus išlaikytas jo konkurencingumas (pasauliniu lygiu – užtikrinant

prekybos ryšių funkcionavimą, o ES lygiu – nuolat lyderiaujant kokybės požiūriu). TJO nustatė minimalius efektyvaus energijos vartojimo standartus naujiems tam tikrų kategorijų laivams. (Europos parlamento ir tarybos reglamentas dėl jūrų transporto išmetamo anglies dioksido kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo, 2013 06 28).

Laivyno valdymas ir eksploatavimas atlieka reikšmingą įtaką mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, bendroje visų strategijų grandinėje. Laivybos kompanijų vadovybės yra atsakingos už visas procedūras, reikalingas sumažinti CO₂ išmetimą, nors ir laivo energijos panaudojimo efektyvumo planai yra sudaryti konkrečiai kiekvienam laivui, vadovybė privalo visus laivus laikyti kaip vieną ir siekti maksimaliai sumažinti ŠESD emisijas.

Šiame darbe nagrinėjant laivybos valdymą, siekiama nustatyti energijos efektyvumo didinimo priemones, procedūras ir sistemas; atlikti tyrimus, kuriais išanalizuosime procedūrų ir priemonių veiksmingumą, didinant energijos panaudojimo efektyvumą ir mažinant CO₂ emisijas.

Temos aktualumas

Energijos efektyvumas yra tiesiogiai susijęs su oro tarša ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimu. Išmetamų teršalų kiekis jau ilgą laiką buvo Tarptautinės Jūrų organizacijos problema. Tarptautinė konvencija dėl teršimo iš laivų prevencijos (MARPOL), 1997 m. priėmė VI priedą, daugiausia dėmesio skirdama oro taršai. Kitas žingsnis buvo sutelkti dėmesį į šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. 2011 m. Tarptautinė Jūrų organizacija priėmė rezoliuciją MEPC.203 (62), tai komplektas techninių ir operacinių priemonių, kurios kartu teikia ir energijos vartojimo efektyvumo valdymo sistemą laivams.

Šios privalomos taisyklės įsigaliojo 2013 m. sausio 1 d. kaip nurodyta 4 skyriuje MARPOL VI priede. Tolesni tų reikalavimų pakeitimai reiškia, kad laivų tipams, kurie išmeta maždaug 85% anglies dioksido (CO₂) kiekio tarptautinėje laivyboje turi būti taikomi griežtesni reikalavimai. Šios taisyklės yra pirmasis privalomas pasaulinis režimas CO₂ išmetimo mažinimui visame pramonės sektoriuje.

Darbo objektas – atlikti energijos vartojimo optimizavimo tyrimą, įgyvendinant laivo energijos vartojimo efektyvumo valdymo planą, sutelkiant dėmesį į gerą patirtį laivybos pramonėje.

Darbo tikslas – išanalizuoti CO₂ emisijų mažinimo iš laivų technines ir operacines galimybes.

Mokslinis naujumas: Tarptautinės konvencijos dėl taršos iš laivų prevencijos (MARPOL) VI priedo 4 skyriaus išanalizavimas ir pritaikymas ro-ro laive.

Praktinė vertė: Tarptautinės Jūrų Organizacijos rekomendacijų ir gairių praktinis ir teorinis

įgyvendinimas siekiant padidinti laivo energetinį efektyvumą.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti šiltnamio efektą sukeliančių dujų, emisijų mažinimo strategijas Pasauliniu, Europos sąjungos ir Tarptautinės jūrų organizacijos mastu.
2. Apžvelgti TJO energijos vartojimo efektyvumo taisykles laivams ir su jomis susijusias gaires. Išsamiai aprašyti MARPOL VI priedo 4 skyrių, konkrečiai paaiškinti projekcinio energijos vartojimo efektyvumo indeksą ir laivų energijos efektyvumo valdymo planą.
3. Atlikti tyrimus: ro-ro tipo laivo energetinio efektyvumo gerinimas, optimizuojant laivo eksploataciją. Ištirti veiksnius didinančius efektyvų energijos panaudojimą, laivui esant eigoje ir uoste.

Tyrimo metodai – tyrimams atlikti buvo naudojamas tyriamųjų metodų derinys: mokslinių straipsnių, įskaitant internetinių straipsnių peržiūrą, tarptautinių konvencijų ir literatūros ataskaitų analizę, eksperimentiniai tyrimų metodai. Be to, tyrime pasinaudota darbo autoriaus profesine patirtimi. Aptariant anksčiau atliktų mokslinių tyrimų rezultatus pritaikyta, loginės analizės ir apibendrinimo metodai. Eksperimentai buvo atlikti ro-ro tipo laive “Gardenia Seaways”, kursuojant maršrutu Rotterdam – Immingham Šiaurės jūroje ir laivui stovint uostuose.

Darbe naudojami sutrumpinimai

Angl. – terminas anglų kalba.

ATLPS–apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema

CO₂ – anglies dioksidas.

EA– Europos bendradarbiavimas dėl akreditacijos

EAA – Europos aplinkos agentūra

EEE– Europos ekonominė erdvė

ES - Europos Sąjunga.

JAV – Jungtinės Amerikos Valstijos

JTBKKK (angl. UNFCCC) – Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos .

IPCC – Tarpyriausybinė klimato kaitos komisija.

LEEVP – laivo energijos efektyvumo valdymo planas.

MARPOL 73/78 - 1973 m. – Tarptautinė konvencija dėl teršimo iš laivų prevencijos, iš dalies pakeista 1978 m. Protokolu.

PEVEI – projektinis energijos vartojimo efektyvumo indeksas.

PVZ – pavyzdžiui.

SOLAS – Tarptautinė konvencija dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje.

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos.

TJO – Tarptautinė jūrų organizacija.

t.y. – tai yra.

I. ORO TARŠA IR TARPTAUTINIS ATSAKAS

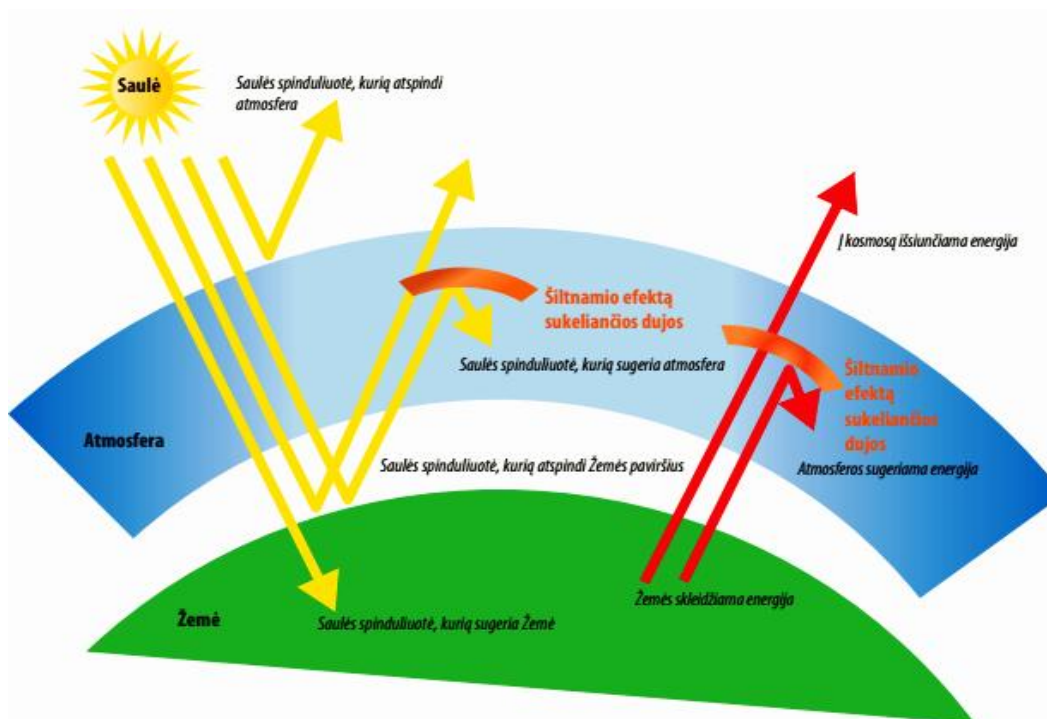
1.1 Klimato kaita ir šiltnamio efektas

Viena iš klimato kaitos ir šiltnamio efekto priežasčių – didėjantis anglies dvideginio kiekis atmosferoje. Kasdienė žmogaus veikla ir augantis vartojimas generuoja vis daugiau išmetamų CO₂. Pagrindiniai taršos šaltiniai - transporto priemonės, elektros ir šilumos energijos gamyba. Naršydami internete, įjungdami šviesą ar kitaip naudodami termofikacinių elektrinių elektros energiją, pirkdami iš toli atvežtas prekes prisidedame prie didesnės CO₂ emisijos.

Atmosferinio anglies dioksido (CO₂) lygiai 2015 m. pabaigoje pasiekė naujas aukštumas. Remiantis visais pagrindiniais paviršiaus temperatūros duomenų rinkiniais, galima teigti, kad 2016 m. buvo rekordiškai šilti metai: pasaulinė temperatūra, palyginti su iki pramoniniu laikotarpiu, vidutiniškai buvo 1,1°C šiltesnė. 2016 m. Arkties ledynas pasiekė mažiausią savo dydį nuo 1979 m., kai buvo pradėti fiksuoti palydoviniai stebėjimo duomenys (ES veiksmai energetikos ir klimato kaitos srityje, Europos audito rūmai, 2017).

Dėl klimato kaitos ir jos priežasčių jau nebekyla didelių mokslinių ginčų. Beveik tris dešimtmečius tūkstančiai mokslininkų iš viso pasaulio, veikdami per Tarpvyriausybinę klimato kaitos komisiją (angl. IPCC), teikia mokslines žinias apie klimato kaitą ir jos poveikį aplinkai bei socialinį ir ekonominį poveikį. Pagal IPCC, žmogaus įtaka klimato sistemai yra aiški ir pasireiškia per vis didėjančias CO₂ emisijas ir pastebimą šiltėjimą.

Šiltnamio efektas - Saulės šviesai pasiekus Žemės atmosferą, dalis jos grįžta į kosmosą dėl atspindžio debesyse ir ore sklindančiose dalelėse. Didžioji dalis šviesos perskrodžia atmosferą ir pasiekia Žemės paviršių. Dalis šios šviesos atsispindi visų pirma dėl šviesių paviršių, pavyzdžiui, sniego, o kitą dalį sugeria tamsūs Žemės paviršiai, pavyzdžiui, augalija arba keliai. Žemė taip pat natūraliai išskiria energiją infraraudonosios spinduliuotės forma. Dalį Žemėje atsispindėjusios arba Žemės išskirtos energijos, kuri skrodžia atmosferą, sugeria atmosfera. Kuo didesnė šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) koncentracija atmosferoje, tuo didesnę energijos dalį sugeria atmosfera. Tuomet ši energija šildo atmosferą; panašiai kaip šiltnamyje. Ilgainiui šiltesnė atmosfera keičia Žemės klimatą. Didžiausią išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio dalį sudaro anglies dioksidas (CO₂) – apie 80% viso išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio, – mažiau išmetama metano (CH₄) (11%), azoto suboksido (N₂O) (6%) ir fluorintų dujų (3%). (Europos aplinkos agentūra, Tendencijos ir projekcijos Europoje 2016 m).



1 pav. Šiltnamio efektas
Šaltinis: Europos Audito Rūmai.

Šiltnamio efekto susidarymas priklauso nuo energijos vartojimo, nes energijos gamybos, kurią iš esmės sudaro iškastinio kuro transformavimas ir deginimas, sudaro didžiausią dalį visų procesų išmetamų ŠESD. Todėl, siekiant kovoti su klimato kaita, labai svarbu pertvarkyti energijos gamybą ir naudojimą. Energijos poreikių patenkinimas kartu sumažinant išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį yra pagrindinis išsivysčiusių valstybių uždavinys.

Taip pat pagrindinis Europos Komisijos prioritetas yra atsparios energetikos sąjungos ir perspektyvios klimato kaitos politikos kūrimas. Energetikos sąjungos strategija, įskaitant jos penkias dimensijas, sudaro šio prioriteto įgyvendinimo pagrindą (2 pav.). Komisija įgyvendindama šią strategiją, 2016 m. pasiūlė keletą svarbių energetikos ir klimato kaitos srities teisės aktų ir su teisėkūra nesusijusių iniciatyvų projektų, visų pirma švarios energijos visiems europiečiams dokumentų rinkinį.



2 pav. ES atsparios energetikos strategija

Šaltinis: Atsparios energetikos sąjungos ir perspektyvios klimato kaitos politikos pagrindų strategija (COM(2015) 80 *final*, 2015 2 25).

Energijos tiekimo saugumo, solidarumo ir pasitikėjimo dimensija yra orientuota į energijos šaltinių, tiekėjų ir tiekimo maršrutų įvairinimą, valstybių narių bendradarbiavimą ir didesnę skaidrumą sudarant dujų tiekimo sutartis.

Visiškai integruotos vidaus energijos rinkos dimensijos paskirtis – sudaryti sąlygas laisvam energijos tiekimui visoje ES per tinkamą infrastruktūrą ir nesukuriant techninių ar reguliavimo kliūčių.

Energijos vartojimo efektyvumo dimensija yra susijusi su energijos vartojimo efektyvumu kaip atskiru energijos šaltiniu ir ja valstybės narės skatinamos prioriteta teikti energijos vartojimo efektyvumo politikai, kuria siekiama mažinti priklausomybę nuo energijos importo, mažinti išmetamą teršalų kiekį ir sąskaitas už energiją.

Ekonomikos priklausomybės nuo iškastinio kuro mažinimo dimensijos nuostatoje teigiama, kad „plataus užmojo klimato politika yra sudedamoji mūsų energetikos sąjungos dalis“, kuria siekiama užtikrinti, kad ES taptų pasauline lydere atsinaujinančiosios energijos naudojimo srityje.

ES veiksmai energetikos ir klimato kaitos srityje apima dvi vienas kitą papildančias politinio atsako į klimato kaitą priemones: klimato kaitos švelninimą ir prisitaikymą prie klimato kaitos. Klimato kaitos švelninimo veiksmais siekiama sumažinant arba ribojant išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ir didinant natūralius šiltnamio efektą sukeliančių dujų absorbentus, panaikinti klimato kaitos priežastis. Prisitaikymo prie klimato kaitos veiksmais siekiama numatyti

klimato kaitos pasekmes ir imtis tinkamų veiksmų siekiant užkirsti kelią potencialiai žalai arba kuo labiau ją sumažinti.

Energetika ir klimato kaita yra dvi pagrindinės sritys, kuriose ES ir valstybės narės turi pasidalijamąją kompetenciją. Tai reiškia, kad ES ir valstybės narės gali imtis teisėkūros veiksmų ir priimti teisiškai privalomus aktus. Valstybės narės gali veikti pagal savo kompetenciją, išskyrus atvejus, kai ES suformuluoja ir įgyvendina energetikos ir klimato kaitos politiką ir strategijas.

1.2 Tarptautinis atsakas į klimato kaitą

Klimato kaitos problema negali būti sprendžiama pavienių šalių ar regionų pastangomis. ES tai pripažįsta. ES ir jos valstybės narės išmeta apie 12 % pasauliniu mastu išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio („Climate Analytics“, Paryžiaus susitarimo ratifikavimo stebėjimas, 2017), todėl jos atliko pagrindinį vaidmenį derantis dėl tarptautinių klimato kaitos susitarimų pagal Jungtinių Tautų bendrąją klimato kaitos konvenciją (UNFCCC), kuria remiantis buvo susitarta dėl Kioto protokolo ir Paryžiaus susitarimo.

Kioto protokolas buvo priimtas 1997 m. ir įsigaliojo 2005 m. Protokole 37-ioms šalims ir Europos Sąjungai nustatytas tikslas 2008–2012 m. sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 5 %, palyginti su 1990 m. lygiais. Pati Europos Sąjunga įsipareigojo savo išmetamųjų teršalų dalį vietoj 5 % sumažinti 8 %. Pagal Dohoje iš dalies pakeistą Kioto protokolą ES ir jos valstybės narės įsipareigojo iki 2020 m. 20 %, palyginti su 1990 m. lygiais, sumažinti savo išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. (2002 m. balandžio 25 d. Tarybos sprendimas dėl Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolo patvirtinimo Europos bendrijos vardu ir bendro jame numatytų įsipareigojimų vykdymo (2002/358/EB), 2002). Norint pasiekti užsibrėžtų tikslų, ES kuria ir įgyvendina klimato kaitą mažinančias strategijas ir planus.

Pagal Paryžiaus susitarimą vyriausybės sutarė siekti, kad vidutinės pasaulio temperatūros padidėjimas, palyginti su ikipramoninio laikotarpio lygiu, būtų gerokai mažesnis nei 2 °C ir dėti pastangas, kad jis neviršytų 1,5 °C. Paryžiaus susitarimą pasirašiusios šalys, įskaitant ES ir kiekvieną valstybę narę, pateikė išsamią informaciją apie tai, kokiomis priemonėmis jos sieks šio tikslo (Europos aplinkos agentūra, Tendencijos ir projekcijos Europoje 2016 m. – Europos klimato ir energetikos tikslai, 2016 12 1). Pagal UNFCCC šių priemonių nepakaks siekiant užtikrinti, kad pasaulinė temperatūra didėtų ne daugiau kaip 2 °C (Paryžiaus klimato kaitos konferencija 2015 m.). Todėl pasirašiusios šalys sutarė susitikti kas penkerius metus, kad praneštų viena kitai apie padarytą pažangą ir, atsižvelgdamos į mokslinius reikalavimus, nustatytų platesnio užmojo tikslus.

Pripažindamos neigiamą klimato kaitos poveikį, pasirašiusios šalys į Paryžiaus susitarimą taip pat įtraukė nuostatas dėl prisitaikymo prie klimato kaitos.

Paryžiaus susitarimas atspindi pasaulinį įsipareigojimą švelninti klimato kaitą: susitarimą 2015 m. pasirašė 195 valstybės, t.y. visos UNFCCC narės, išskyrus Nikaragvą ir Siriją. Pasirašiusios valstybės išmeta 99,75 % viso pasaulio teršalų. Jungtinės Amerikos Valstijos išmeta 18 % visame pasaulyje išmetamo teršalų kiekio, todėl jos yra antras pagal dydį teršalų skleidėjas po Kinijos (20 %). 2017 m. birželio mėn. Jungtinių Amerikos Valstijų prezidentas paskelbė, kad jo šalis pasitraukia iš Paryžiaus susitarimo. Likusios 147 šalys, kurios ratifikavo šį susitarimą iki 2017 m. birželio mėn., išmeta 66 % visame pasaulyje išmetamų teršalų, o tai viršija 55 % minimalią ribą, kuri būtina tam, kad įsigaliotų susitarimas. (Paryžiaus klimato kaitos konferencija 2015 m.).

Prieš Paryžiaus konferenciją išsivysčiusios šalys jau įsipareigojo kasmet iki 2020 m. remti besivystančių šalių pastangas švelninti klimato kaitą ir prie jos prisitaikyti. Paryžiaus susitarime išsivysčiusios šalys patvirtino šį įsipareigojimą ir įsipareigojo nuo 2025 m. didinti paramos lygį. Kad įgyvendintų savo įsipareigojimus pagal Kioto protokolą ir Paryžiaus susitarimą, ES pati nustatė tikslus, kuriais siekiama sušvelninti klimato kaitą. Šie tikslai yra susiję su tiesioginiu, kiekybiškai išreikštu šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimu, kurie apima konkrečius tikslus, susijusius su didesniu energijos vartojimo efektyvumu.

1.2.1 ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo, atsinaujinančiosios energijos ir energijos vartojimo efektyvumo veiklos tikslai ir bendrieji tikslai.

Iki 2020 m.

- Išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį sumažinti 20 % (lyginant su 1990 m. lygiais);
- pasiekti, kad atsinaujinančioji energija sudarytų 20 % galutinio energijos suvartojimo;
- orientacinis tikslas padidinti energijos vartojimo efektyvumą 20 % atsižvelgiant į būsimo energijos suvartojimo prognozes;

Iki 2030 m.

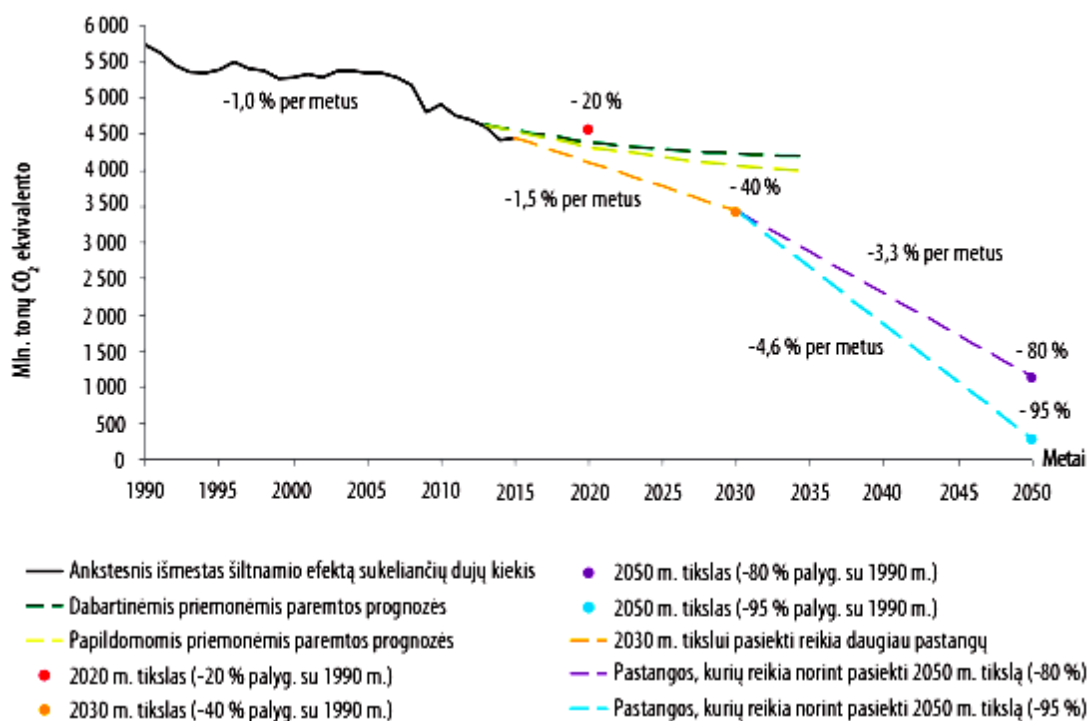
- Išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį sumažinti bent 40 % (lyginant su 1990 m. lygiais);
- pasiekti, kad atsinaujinančioji energija sudarytų bent 27 % galutinio energijos suvartojimo, ES lygmeniu – privalomai;
- orientacinis tikslas padidinti energijos vartojimo efektyvumą bent 27 % atsižvelgiant į

būsimo energijos suvartojimo prognozes, kuris 2020 m. bus peržiūrėtas turint omenyje 30 % ES tikslą;

Iki 2050 m

- ES ketina 80–95 % sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, palyginti su 1990 m. lygiais.

Dabartinės tendencijos, prognozės ir tikslai, įskaitant išmetamo teršalų kiekio sumažinimus, kurių reikia norint pasiekti tikslus, yra parodyta 3 paveiksle. Iš diagramos matyti, kad 2030 ir 2050 m. išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo veiklos tikslai ir bendrieji tikslai nebus pasiekti neįdėjus didelių papildomų pastangų. Norint pasiekti 2030 m. tikslus, per artimiausią dešimtmetį, metines išmetamo teršalų kiekio mažinimo pastangas reikės padidinti per pusę. Vis dėlto didžiausias pokytis bus susijęs su reikalavimu, kuris galios nuo 2030 m., kai išmetamo teršalų kiekio mažinimo rodiklis turės pralenkti ankstesnius rodiklius trimis ar keturiais kartais, kad būtų įgyvendintas 2050 m. bendrasis tikslas (Europos aplinkos agentūra, Tendencijos ir projekcijos Europoje 2016 m. – Europos klimato ir energetikos tikslai).



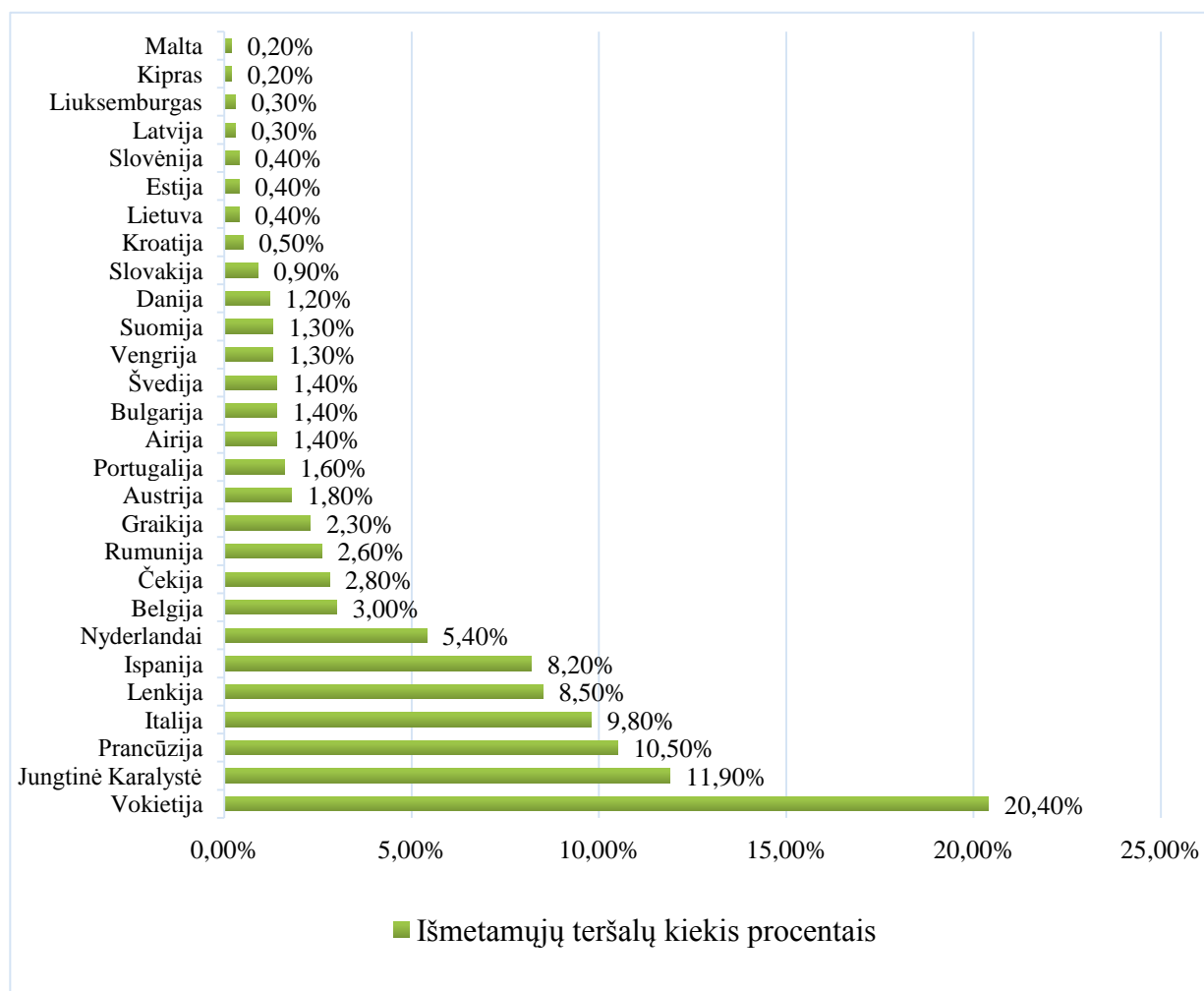
3 pav. ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos, prognozės ir mažinimo veiklos tikslai ir bendrieji tikslai

Šaltinis: Europos aplinkos agentūra, Tendencijos ir projekcijos Europoje 2016 m. – Europos klimato ir energetikos tikslai.

Siekdama šių veiklos tikslų ir bendrųjų tikslų, ES nustatė potikslus, susijusius su išmetamo

teršalų kiekio mažinimu sektoriuose, kuriems taikoma ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (ES ATLPS). Sektoriuose, kuriems netaikoma ES ATLPS, ES dalijasi pastangomis su valstybėmis narėmis nustatydamą privalomus nacionalinius išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo tikslus – tai vadinama pastangų pasidalijimu. Šios politikos sritys, t. y. ES ATLPS ir pastangų pasidalijimas, aprašomos kituose skirsniuose.

Siekdama stebėti pažangą, kuri daroma mažinant ES išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, Europos Komisija ir valstybės narės kasmet praneša UNFCCC apie savo išmetamą antropogeninių 25 šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. ES taip pat yra nustačiusi vidaus ataskaitų apie išmetamus teršalus teikimo sistemą. Ši sistema yra pagrįsta ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų aprašu, t. y. Komisijos parengtu valstybių narių aprašų sąvadu. Europos aplinkos agentūra (EAA) kasmet atlieka valstybių narių aprašų kokybės patikras ir tai daro bendradarbiaudama su Eurostatu ir Komisijos Jungtiniu tyrimų centru.

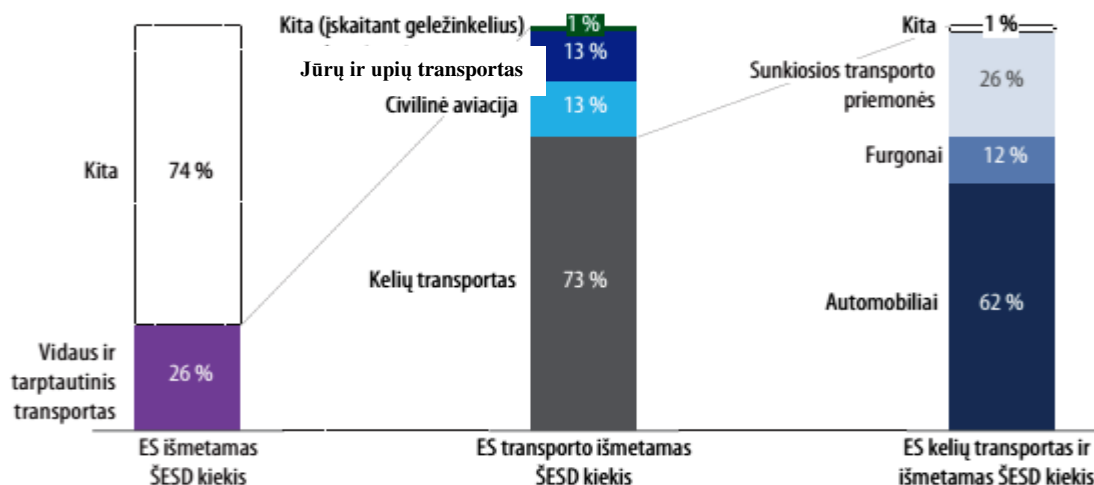


4 pav. Išmetamieji teršalai pagal valstybes nares 2015 m.

Šaltinis: EAA šiltnamio efektą sukeliančios dujos – duomenų vaizduoklė, EAA, 2017.

1.3 Transporto sektorius ir jame išmetamas CO₂ kiekis

Transporto sektoriuje šiuo metu išmetama 26 % viso ES išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio (EAA šiltnamio efektą sukeliančios dujos– duomenų vaizduoklė, EAA, 2017; Europos Audito Rūmų analizė). Apytiksliai trys ketvirtadaliai transporto sektoriuje išmetamo teršalų kiekio sudaro kelių transporto, ypač automobilių, išmetami teršalai.



5 pav. 2015 m. ES transporto sektoriuje išmetamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos
Šaltinis: EAA šiltnamio efektą sukeliančios dujos – duomenų vaizduoklė, EAA, 2017; Europos Audito Rūmų analizė.

Kituose sektoriuose išmetamas teršalų kiekis apskritai nuo 1990 m. mažėjo, tačiau to negalima pasakyti apie transporto sektorių: šiuo metu išmetama gerokai daugiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio nei 1990 m., 2007–2013 m. ši taršos tendencija sumažėjo, tačiau 2014 m. ir 2015 m. dėl su ekonomikos atsigavimu susijusio didesnio transporto paslaugų poreikio šios rūšies tarša vėl padidėjo (Europos Komisija, Sunkiųjų transporto priemonių degalų sąnaudų ir išmetamo CO₂ kiekio mažinimo strategija, COM(2014) 285 final, 2014 5 21).

Kelių transportui ES yra nustačiusi išmetamo CO₂ kiekio standartus, taikomus ES parduodamiems automobiliams ir furgonams. Nauji automobiliai turi būti ženklinami etiketėmis, kuriose pateikiami duomenys apie jų išmetamą CO₂ kiekį.

Aviacijos sektoriuje išmetamas ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis 2015 m. sudarė 3,4 %. Apie 3,1 % šio išmetamo teršalų kiekio atsirado dėl skrydžių tarp EEE ir ne EEE šalių, likusi dalis buvo išmesta vykdant skrydžius EEE viduje. Prognozuojama, kad iki 2020 m. pasaulinis aviacijos sektoriuje išmetamas teršalų kiekis bus apytiksliai 70 % didesnis nei 2005 m. Numatoma, kad iki 2050 m. šis kiekis dar kartą gali padidėti iki septyniskart tiek, kiek teršalų buvo išmetama

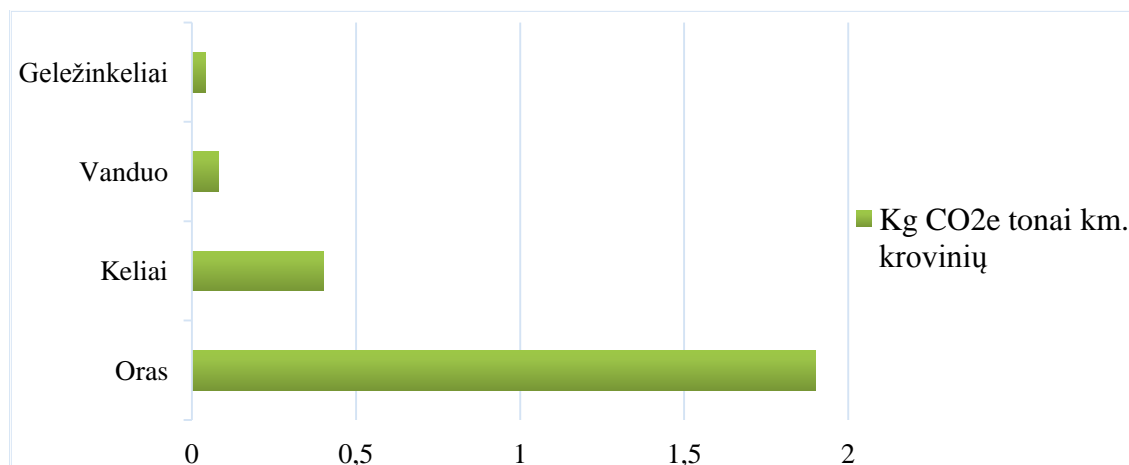
2005 m. ES ATLPS dėl EEE viduje vykdomų skrydžių išmetamam teršalų kiekiui taikoma nuo 2012 m. Skrydžiams tarp EEE šalių ir ne EEE šalių taikomas 2016 m. spalio mėn. vadovaujant Tarptautinei civilinės aviacijos organizacijai sudarytas susitarimas, pagal kurį didelės oro linijų bendrovės turės įsigyti tarptautinius anglies dioksido kreditus ir taip sumokėti kompensaciją už dalį savo išmetamo teršalų kiekio. 2017 m. dalyvavimas šioje schemoje taps privalomas. ICAO taip pat nustatė orlaivių išmetamo CO₂ kiekio sertifikavimo standartą.

[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU\(2015\)569964_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU(2015)569964_EN.pdf).

Jūrų ir vidaus vandenų transporto išmetamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis sudarė 3,3 % viso ES išmetamo šių dujų kiekio 2015 m., didžiąją dalį šių teršalų sudaro tarptautinė laivyba, t. y. laivyba tarp ES ir ne ES uostų. Tarptautinio jūrų transporto sektoriuje išmetama apie 2,1 % pasauliniu mastu išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio, be to, numatoma, kad iki 2050 m. šis procentinis dydis padidės 50–250 %. Šie išmetamieji teršalai nėra įtraukti į ES taršos mažinimo tikslus ir šiuo metu nėra reguliuojami tarptautiniu lygmeniu (Cames, M., Graichen, J., Siemons, A., & Cook, V. (2015). Emission reduction targets for international aviation and shipping. European Parliament).

Nors laivų kuro suvartojimas yra žinomas, vis dar nėra ataskaitų teikimo ir tikrinimo procedūrų. Siekdama spręsti šią problemą ir sudaryti sąlygas vėlesnėms potencialioms išmetamo teršalų kiekio mažinimo priemonėms, ES nustatė laivų išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio stebėjimo, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemą. Tuo pat metu ES taip pat dirbo kartu su Tarptautine jūrų organizacija (TJO), kuri 2016 m. pasiekė pasaulinį susitarimą dėl Laivybos sektoriuje išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio stebėjimo, ataskaitų teikimo ir tikrinimo schemas.

Vandens ir geležinkelio transporto sektoriuje vienam keleiviui arba vienai tonai krovinio tenkantis išmetamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis yra gerokai mažesnis, palyginti su oro ir kelių transporto sektoriumi (3 diagrama). Todėl vandens, geležinkelio, oro ir kelių transporto derinio naudojimas gali padėti sumažinti transporto sektoriuje išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. ES remia transporto rūšių derinių naudojimą taikydama priemones, kuriomis panaikinami apribojimai, taip pat teikia finansavimo priemones. Tačiau 2015 m. 76 % krovinių vis dar buvo vežama keliais (Europos Audito Rūmai, remiantis: Ataskaita apie šiltnamio efektą sukeliančias dujas – perskaičiavimo koeficientai 2016 m., Verslo, energetikos ir pramonės strategijos departamentas, Jungtinė Karalystė, 2016 m).



6 pav. Išmetamo CO₂ kiekio vidurkio perskaičiavimo koeficientai, taikomi krovinių vežimui, 2016m.

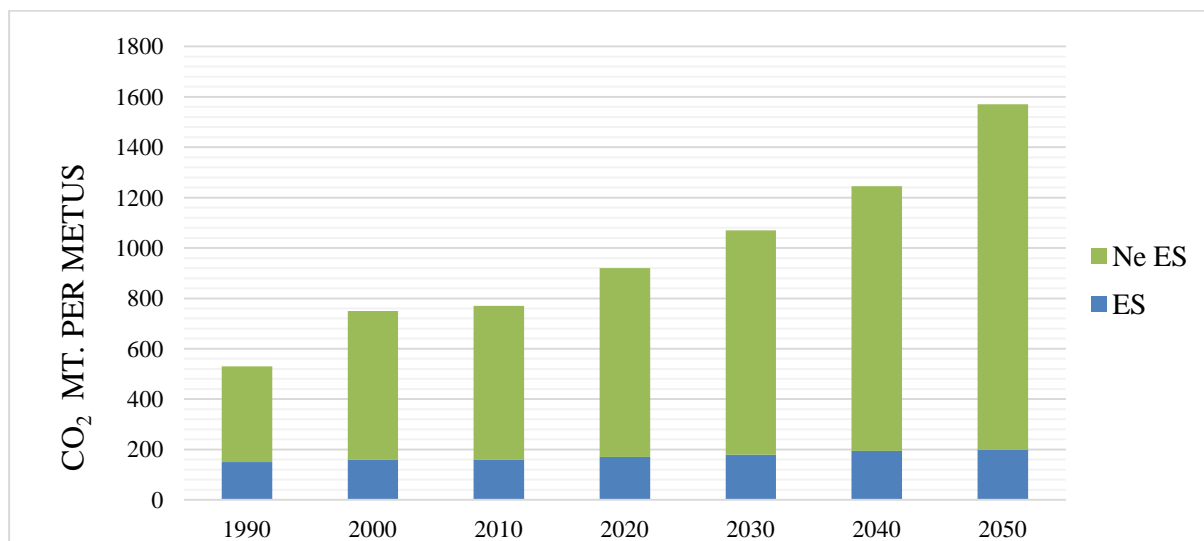
Šaltinis: Europos Audito Rūmai, remiantis: Ataskaita apie šiltnamio efektą sukeliančias dujas – perskaičiavimo koeficientai 2016 m., Verslo, energetikos ir pramonės strategijos departamentas, Jungtinė Karalystė, 2016 m.

1.3.1 Jūrų transporto sektoriaus šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos

ES remia plataus užmojo tarptautinius veiksmus sprendžiant klimato kaitos problemas. Daugiašališkumas ir plataus masto bendradarbiavimas ir toliau yra svarbiausi ES klimato politikos principai. Laikydamosi tų principų, kuriuos pati palaiko tarptautinėje arenoje, ES įgyvendino politiką, pagal kurią jai pačiai taptų lengviau pereiti prie mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomikos. ES klimato ir energetikos dokumentų rinkinys 2008 m., ko gero, yra pati išsamiausia reglamentavimo sistema pasaulyje. Ją sudaro įvairios politikos priemonės, perėjimui prie mažo anglies dioksido kiekio, kurios įkvėpė veikti ir šalis partneres. Laiku imtis visos ekonomikos masto veiksmų išlieka ES prioritetu kovojant su klimato kaita.

ES lygiu tarptautinis jūrų transportas yra vienintelė transporto rūšis, dar neįtraukta į ES išmetamo ŠESD kiekio mažinimo įsipareigojimus. Laivų transporto sektoriaus išmetamas ŠESD kiekis šiandien sudaro 4 proc. viso ES išmetamo ŠESD kiekio. Tačiau numatoma, kad ateityje jis smarkiai padidės. Prie šio komunikato pridėto poveikio vertinimo duomenimis, vykdamas su ES susijusį jūrų transportą išmetamas CO₂ kiekis, t. y. ES vidaus maršrutais bei iš ES ir į ES plaukiojančių laivų išmetamas CO₂ kiekis, 1990–2008 m. padidėjo 48 proc. Kadangi numatoma, kad pasaulinės prekybos mastas didės, manoma, jog su ES susijęs transporto laivų išmetamas teršalų kiekis iki 2050 m. padidės dar 51 proc. (iš viso 86 proc. nuo 1990 m. iki 2050 m.), nepaisant 2011 m. Tarptautinės jūrų organizacijos (TJO) priimtų būtiniausių laivų efektyvumo standartų,

taikomų naujiems laivams. (Greenhouse gas emissions from Global shipping, 2013–2015, Naya Olmer, Bryan Comer, Biswajoy Roy, Xiaoli Mao, and Dan Rutherford).



7 pav. Apskaičiuotasis jūrų transporto sektoriaus išmetamo CO₂ kiekis (susijęs su ES ir pasaulinis, atsižvelgiant į projektinį energijos vartojimo efektyvumo indeksą).

Šaltinis: Estimated CO₂ emission reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships.

Pasauliniu mastu jūrų transporto sektoriaus išmesto CO₂ kiekis šiuo metu sudaro 3 proc. viso pasaulyje išmetamo šių teršalų kiekio, tačiau manoma, kad 2050 m. jis sudarys 5 proc. , nes numatoma, kad pasaulio ekonomika, taigi ir su ja susijusi transporto paklausa, augs. Šis padidėjimas numatomas net ir tuomet, jei bus taikomos operatyvinės priemonės ir esamos technologijos, skirtos konkrečiam energijos suvartojimui ir laivų išmetamam CO₂ kiekiui sumažinti 75 proc. (Estimated CO₂ emission reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships, 2011).

Laivų transportas yra viena pagrindinių pasaulinės tiekimo grandinės grandžių ir svarbus ES ekonomikos sektorius. Laivų transportas galbūt tebėra santykinai mažiau taršus nei kitų rūšių transportas, tačiau pernelyg didelė priklausomybė nuo naftos. Visuomenė ragina mažinti ne tik CO₂, bet ir kitų teršalų (SO_x, NO_x, kietųjų dalelių) kiekį, o taip pat ir bendrą aplinkosauginį pėdsaką (susijusį su balastiniu vandeniu, atliekų atskyrimu). Yra tvirtų argumentų veikti ir šiame sektoriuje. TJO ir pramonė imasi aktyvaus vaidmens, bet naujų technologijų ir operatyvinių priemonių diegimo rezultatai išlieka netolygūs.

Sumažinus kuro išlaidas ir efektyviau tenkinant vartotojų poreikius padidės sektoriaus

veiksmingumas bei tvarumas ir bus išlaikytas jo konkurencingumas, pasauliniu lygiu – užtikrinant prekybos ryšių funkcionavimą, o ES lygiu – nuolat lyderiaujant kokybės požiūriu.

Laivų transporto sektoriaus išmetamas CO₂ susijęs su sunaudojamu kuru. Mažinti išmetamą CO₂ kiekį reikštų mažinti kuro suvartojimą, o tai, savo ruožtu, reikštų kuro išlaidų mažinimą. Kol reikiamas veiksmingumo didinimo investicijas galima kompensuoti sutaupyto kuro lėšomis, sektorius, atsižvelgęs į klimato kaitos problemas, gali užsidirbti. Tokios santaupos labai svarbios šiandienos kontekste.

Keli nauji tyrimai rodo, kad įvairios techninės ir operatyvinės priemonės, kuriomis visų pirma siekiama pagerinti laivų energijos vartojimo efektyvumą, gali padėti smarkiai sumažinti laivų transporto sektoriaus išmetamą teršalų kiekį. Kadangi spėjama, jog ateityje kuro kainos kils, dauguma šių techninių ir operatyvinių priemonių būtų ekonomiškai efektyvios (Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping, Zabi Bazari, Lloyd's register, London, UK 2011).

Imtis ekonomiškai efektyvių priemonių dažnai trukdo įvairios rinkos kliūtys, įskaitant patikimos informacijos trūkumą, technines problemas ir rinkos nepakankamumą. Techninės kliūtys iškyla, kai laivų savininkai abejoja, kad konkretus sprendimas gali padėti sumažinti išlaidas, kaip žadėta, arba pasiekti rezultatų jūrų aplinkos apsaugos srityje. Rinkos nepakankamumas gali atsirasti išsiskyrus sektoriaus subjektų interesams, pvz., kai šaliai, skiriančiai lėšų investicijai į kuro efektyvumo didinimo priemonę, netenka pasinaudoti santaupomis, susidariusiomis sutaupius kuro, arba dėl sunkiai prieinamų privačių lėšų investicijoms į mažo anglies dioksido kiekio technologijas. Įveikus šias rinkos kliūtis atsirastų didelis stimulas imtis ekonomiškai efektyvių priemonių nemažinant pelningumo.

1.3.2 Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo tikslo įtraukimas į bendrą ES teršalų mažinimo įsipareigojimą

Sąjungos klimato ir laivų transporto politika stiprinamas įsipareigojimas imtis pasaulinio masto veiksmų, kuriais būtų užtikrintas veiksmingas visų įsipareigotas išmetamo teršalų kiekio mažinimas ypač žinant, kad su laivų transportu susijęs išmetamas teršalų kiekis, ko gero, didės Europai nepriklausančiuose regionuose, tuo pat metu laivų transporto sektoriui užtikrinant vienodas sąlygas.

Pastaroji JAV iniciatyva Tarptautinėje jūrų organizacijoje kloja pamatą veiksmingai laipsniškai įgyvendintinai strategijai laivų transporto sektoriaus išmetamam ŠESD kiekiui mažinti.

Atsižvelgdama į ją ES numato jūrų transporto sektoriaus išmetamo ŠESD kiekio mažinimo tikslą laipsniškai įtraukti į savo įsipareigojimus.

Siekiant jūrų sektoriaus išmetamo ŠESD kiekio mažinimo tikslą įtraukti į ES išmetamo teršalų kiekio mažinimo įsipareigojimus, galima būtų taikyti trijų etapų strategiją:

1. Įgyvendinti išmetamo teršalų kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemą.
2. Jūrų transporto sektoriui nustatyti išmetamo teršalų kiekio mažinimo planinius tikslus.
3. Taikyti rinka grindžiamą priemonę.

Griežta stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistema yra bet kokios laivų išmetamo ŠESD kiekio mažinimo priemonės įgyvendinimo ES arba visame pasaulyje pagrindas ir palengvina rezultatais grindžiamą pažangos stebėjimą. Todėl tokią sistemą įgyvendinti naudinga, net jei netaikoma jokia rinka grindžiama priemonė.

Panašu, kad informacijos stoka apie išlaidas investicijoms į jau sukurtas technologijas, jų naudą ir pelną trukdo diegti šias technologijas platesniu mastu. Tokia informacija padėtų numatyti individualių laivų eksploatavimo rezultatus, su jais susijusias eksploatavimo išlaidas ir potencialią perpardavimo vertę jų savininkams, kurie galėtų geriau pasverti sprendimus dėl didelių investicijų ir lengviau surinkti reikiamų lėšų.

Remiantis poveikio vertinimo rezultatais, įgyvendinus stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemą, dėl sumažėjusių kuro išlaidų sektorius gautų tam tikro masto aplinkosauginės ir ekonominės naudos: metinis išmetamo ŠESD kiekis sumažėtų 2 proc., o metinės grynosios santaupos siektų 1,2 mlrd. EUR. Tikimasi, kad numatytos kuro sutaupymo lėšos kompensuotų stebėsenos ir ataskaitų teikimo išlaidas. Kadangi taikant stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemą pagausėtų informacijos apie efektyvų energijos vartojimą, teršalų šaltinius ir jų kiekio mažinimo potencialą, padidėtų spaudimas šalinti kitas rinkos kliūtis, kaip antai laivų savininkų ir veiklos vykdytojų interesų skirtumus (Europos parlamento ir tarybos reglamentas dėl jūrų transporto išmetamo anglies dioksido kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo, 2013 06 28).

ES modelis sukurtas taip, kad juo būtų aktyviai padedama siekti TJO susitarimo dėl pasaulinių priemonių laivų išmetamam ŠESD kiekiui sumažinti. Juo taip pat sudaromos sąlygos Europoje argumentuotai diskutuoti apie rinka grindžiamas priemones ir sektoriaus išmetamo teršalų kiekio mažinimo planinius tikslus. Reikės užtikrinti derėjimą su 2030 m. klimato kaitos prevencijos ir energijos politikos raida. Stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistema taip pat padės surinkti patikimų ir palyginamų duomenų, kuriais remiantis bus galima nustatyti išmetamo teršalų kiekio mažinimo planinius tikslus ir įvertinti jūrų transporto sektoriaus perėjimo prie mažo anglies

dioksido kiekio technologijų ekonomikos pažangą. Jei panaši politika bus sėkmingai įdiegta TJO lygiu, ES stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos pasiūlymą bus galima integruoti į visuotinę analogišką sistemą.

1.3.3 Griežtų ir suderintų stebėsenos ir ataskaitų teikimo taisyklių įgyvendinimas

Pagrindinis stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos tikslas teikti patikimus duomenis apie jūrų transporto sektoriaus išmetamą ŠESD kiekį. Pasaulinės stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos įgyvendinimas turėtų būti prioritetas TJO derybų klausimas.

Laivų transporto sektoriaus išmetamas CO₂ kiekis tiesiogiai susijęs su suvartojamo kuro kiekiu ir rūšimi. Jau žinomas beveik visų laivų sunaudojamas kuro kiekis. MARPOL konvencijos V priedo 18 taisykle jau nustatyta, kad laivuose, kurie veža daugiau kaip 400 bruto tonų tarptautinių krovinių, privalo būti bunkerio atsargų papildymo važtaraščiai (JT BKKK Šalių konferencijos sprendimas 1/CP.16 („Kankūno susitarimai“). Taigi bendras laivo kuro suvartojimas jau yra stebimas. Tačiau dar reikia parengti ataskaitų teikimo ir tikrinimo procedūrą. Informacijos patikimumas ir prieinamumas yra labai svarbūs užtikrinant tinkamą informuotumą visais tiekimo grandinės etapais apie laivų transporto sektoriaus išmetamo CO₂ kiekio rodiklius. Tinkamoms ataskaitų teikimo ir tikrinimo procedūroms nustatyti reikės techninio darbo siekiant, kad administracinė našta laivų savininkams, valdytojams bei valstybėms narėms būtų kuo mažesnė, o prieinama informacija kuo tikslesnė ir skaidresnė.

Tolimesnėje ateityje integruotas visų oro teršalų, įskaitant SO_x, NO_x bei kietąsias daleles, stebėsenos modelis padės politikos formuotojams susidaryti aiškų vaizdą, kad jie galėtų priimti argumentuotus ir nuoseklius sprendimus dėl visų teršalų, o suinteresuotosioms šalims – sklandžiai įgyvendinti naujus reikalavimus. Vėlesniu etapu labai svarbu atlikti stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos peržiūrą.

Dabar ES komisija siūlo nustatyti kuro sunaudojimu grindžiamą stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemą, kuri būtų pradėta įgyvendinti regioniniu lygmeniu, kad atsizvelgiant į jos trūkumus ir gerą patirtį pagal ją būtų galima kurti pasaulinę sistemą. ES stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos pasiūlymas įtrauktas į TJO diskusijų darbotvarkę, siekiant pagreitinti TJO procedūras. Jei bus sėkmingai parengta panaši pasaulinė stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistema, regioninė sistema bus atitinkamai su ja suderinta.

Keletas įvairių tipų laivų (pvz., sausakrūvių laivų, konteinervežių ir kt.) savininkų ir veiklos vykdytojų jau sėkmingai įgyvendino savas stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo

systemas. Didžiąją dalį informacijos apie laivų veiklos rodiklius, elektroninių duomenų registravimo priemonėmis, renka ir tikrina trečioji šalis. Naudodamos šias sistemas, kai kurios bendrovės jau sumažino išmetamą ŠESD kiekį 25 proc., palyginti su 2007 m. Be to, tokios priemonės padėjo pakeisti bendrus stebėsenos procesus ir taip sutaupyti įgulos ir veiklos vykdytojų laiką didelės vertės užduotims. Pvz., viena bendrovė teigė, kad joje 45 proc. laiko dabar skiriama veiklos rodikliams gerinti, palyginti su 5 proc. prieš stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos įgyvendinimą. (Europos parlamento ir tarybos reglamentas (ES) 2015/757. Dėl jūrų transporto išmetamo anglies dioksido kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo).

Pagrindinis ES klimato politikos tikslas yra sumažinti išmetamą ŠESD kiekį, nesvarbu, ar tai bus padaryta didinant energijos vartojimo efektyvumą, ar pereinant prie kitokio kuro. Tačiau atsižvelgiant į TJO vykstančias diskusijas, ES reglamento dėl stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos, pasiūlyme pradžioje bus nustatyti įvairūs energijos vartojimo efektyvumo parametrai. Jei vėliau bus pasiektas bendras sutarimas dėl šių parametru naudojimo ir apibrėžimo, siūlomas dabartinis sąrašas turėtų būti atitinkamai pakoreguotas.

Siūlomoje stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemoje nebus nustatytas konkretus išmetamo CO₂ kiekio stebėjimo metodas, jį bus galima pasirinkti su sąlyga, kad apie naudojamą metodą ir su juo susijusias paklaidas bus pranešama. Šis modelis laivų savininkams ir valdytojams suteikia galimybę remtis jau taikoma praktika. Tokia priemonė gali būti įgyvendinta nenutolstant nuo tikslo įtraukti į sistemą didžiausią jūrų transporto išmetamo ŠESD kiekio dalį, stebėsenos, nes ataskaitų teikimo ir tikrinimo sistemos taisyklės būtų taikomos tik dideliems, ne mažesnės, kaip 5000 bruto tonų talpos, laivams.

Jūrų transporto išmetamo ŠESD kiekio mažinimas labai priklauso nuo to, ar sausumoje yra tinkama infrastruktūra. Komisija jau remia tokios infrastruktūros, pvz., uostų elektrifikacijos ir alternatyvaus kuro, kaip antai suskystintų gamtinių dujų, plėtrą pasitelkdama finansines paskatas ir reguliavimo priemones. Siekiant reguliavimo aiškumo ir teisinio bei įgyvendinimo efektyvumo, būsimose iniciatyvose, visų pirma turėtų būti atsižvelgta į būtinybę tuo pačiu metu atsižvelgti į įvairius teršalų išmetimo tipus.

Daugeliui jūrų pramonei skirtų energijos vartojimo efektyvumo technologijų reikalingos išankstinės investicinės sąnaudos, kurių dabartinėmis ekonominėmis sąlygomis gali būti sunku rasti. Inovaciniai finansiniai sprendimai, kaip sutartys dėl energijos suvartojimo rodiklių, ir Europos investicijų banko skiriamos ES investicijų rėmimo priemonės galėtų būti naudingos ir padėti laivų savininkams pakelti pradinę finansinę naštą.

Galiausiai, nors rinkoje jau esama nemažai technologijų, perėjimui prie mažai anglies dioksido išmetančio arba visai jo neišmetančio jūrų transporto reikia dar daug ilgalaikių mokslinių tyrimų ir pastangų. Pagal pavyzdinę 7-ąją bendrąją programą Komisija jau skiria dideles sumas kurti ir diegti technologijoms, kuriomis siekiama mažinti ateities laivų sunaudojamą kuro kiekį ir sykiu išmetamą teršalų kiekį. Pasiūlyta „Horizonto 2020“ bendrąja programa ketinama tęsti ir stiprinti šias pastangas.

1.4 Tarptautinės jūrų organizacijos strategija sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją iš laivų

Tarptautinės Jūrų organizacijos valstybės narės ir organizacijos parengė planą, skirtą nustatyti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, kurį reikia sumažinti iš laivybos sektoriaus ir kokiais būdais tai atlikti. Tarptautinė jūrų organizacija pateikė pradinę išsamią mažinimo strategiją.

TJO strategijoje yra numatytos trumpalaikės, vidutinės ir ilgalaikės šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo priemonės.

Energijos efektyvumas, turintis įtakos oro taršai ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimui yra vienas iš TJO rūpesčių. Tarptautinės konvencijos dėl taršos iš laivų prevencijos VI priedas buvo priimtas 1997 m., daugiausiai dėmesio skiriant oro taršai, ypač NO_x ir SO_x emisijoms.

Kitas žingsnis šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų kontrolė. 2011 TJO priėmė MEPC.203(62) rezoliuciją, tai yra techninių ir operacinių priemonių pagrindas siekiantis padinti laivų energetinį efektyvumą. Šios privalomos priemonės įsigaliojo 2013 m. sausio 1 dieną, kaip (angl.MARPOL) VI priedo 4 skyrius.

Papildomai TJO priėmė neprivalomą schemą pagal, kurią galima įvertinti energijos efektyvumo operacinius rodiklius.

TJO ėmėsi priemonių mažinti išmetamą ŠESD kiekį 1997 m., remdamasi visiems vienodų sąlygų užtikrinimo ir nediskriminavimo principais, nustatytais MARPOL konvencijoje bei kitose TJO konvencijose.

Apibendrinant, pagrindiniai tarptautiniai dokumentai - susiję su ŠESD klausimais, yra Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos ir Kioto protokolas.

ŠESD emisijų ypatumai: ŠESD ir ypač CO₂ nėra tiesiogiai kenksmingos medžiagos žmonėms; jų pasekmės turi visuotinį poveikį, taigi ir emisijų mažinimas turi būti globalinis tikslas, nes sumažinti emisijas vien tik nacionaliniu lygmeniu neįmanoma.

Tarptautinė jūrų organizacija paklojo pamatą veiksmingai laipsniškai įgyvendintinai strategijai laivų transporto sektoriaus išmetamam ŠESD kiekiui mažinti. Atsižvelgdama į ją ES numato jūrų transporto sektoriaus išmetamo ŠESD kiekio mažinimo tikslą laipsniškai įtraukti į savo įsipareigojimus. Siekiama jūrų sektoriaus išmetamo ŠESD kiekio mažinimo tikslą įtraukti į ES išmetamo teršalų kiekio mažinimo įsipareigojimus.

II. LAIVO ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO VALDYMAS

2.1. Technologinis ir operacinis išmetamųjų dujų iš laivų mažinimo potencialas

Kaip aprašyta 1 skyriuje, laivai yra svarbūs oro taršos ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų šaltinis. Taip pat nustatyta, kad galima pasiekti išmetamų teršalų kiekio mažinimą įgyvendinant tarptautines taisykles. Šiame skyriuje apžvelgiamos šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo galimybės technologiniu požiūriu.

Išmetamosios dujos yra pagrindinis iš laivų išmetamųjų teršalų šaltinis. Anglies dioksidas yra svarbiausias ŠESD išmetamos iš laivų, tiek kiekybiniu, tiek visuotinio atšilimo potencialu.

Energijos efektyvumas, turintis įtakos oro taršai ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimui yra vienas iš TJO aktualijų. Tarptautinės konvencijos dėl taršos iš laivų prevencijos VI priedas buvo priimtas 1997 m., kuris daugiausiai dėmesio skyrė oro taršai. (WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation of Ships).

TJO šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų kontrolė yra 2011 metais priimta MEPC.203(62) rezoliucija, tai yra techninių ir operacinių priemonių pagrindas siekiantis padidinti laivų energetinį efektyvumą. Šios privalomos priemonės įsigaliojo 2013 m. sausio 1 dieną, kaip (angl. MARPOL) VI priedo 4 skyrius. Šio priedo 4 skyriuje yra nurodyti du reguliavimo mechanizmai, kurie laikomi energijos efektyvumo standartais laivams. Pagrindinis VI priedo 4 skyriaus tikslas sumažinti ŠESD emisijas iš laivų, tobulinant laivų dizainą ir optimizuojant laivų eksploataciją.

Reguliavimo mechanizmai:

- Projektinis energijos vartojimo efektyvumo indeksas PEVEI (angl. EEDI - energy efficiency design index), taikomas naujiems laivams arba po laivo renovacijos;
- Laivo energetinio efektyvumo valdymo planas LEEVP (angl. SEEMP – ship energy efficiency management plan), taikomas visiems laivams (Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO London, January 2016).

Didesnis energijos vartojimo efektyvumas reiškia, kad atliekamas toks pats naudingo darbo kiekis naudojant mažiau energijos. Tai savo ruožtu reiškia mažiau deginamų degalų ir visų išmetamųjų dujų sumažėjimą. Yra didelis galimybių pasirinkimas, kad būtų padidintas laivų projektavimo ir laivų eksploatavimo energijos vartojimo efektyvumas. Pagrindiniai procesai: „projektiniai“ ir "operaciniai".

Emisijų mažinimo faktoriai yra nustatyti iki 2025 m. Nustatytas lygis turėtų padidinti efektyvumą vidutiniškai 30% laivų, kurie buvo pastatyti 1999 - 2009 m. PEVEI buvo pritaikytas didžiausiems ir daugiausiai energijos suvartojantiems pasaulio prekybos laivyno segmentams ir apėmė apie 70% naujų naftos ir dujų tanklaivių, biriųjų laivų, generalinių krovinių, šaldytų krovinių, konteinerių, ro-ro laivų ir kt. Laivų tipams, kuriems netaikoma dabartinė PEVEI formulė, ateityje bus parengtos tinkamos formulės pagal darbo planą, dėl kurio susitarta MEPC 62.

MEPC 62 energijos vartojimo efektyvumo taisyklės

Nepaisant to, kad laivyba yra viena efektyviausių transporto rūšių, palyginti su kitomis transporto priemonėmis, vis dar yra galimybių padidinti energijos vartojimo efektyvumą ir sumažinti laivybos CO₂ emisijų kiekį. Siekiant įgyvendinti anksčiau minėtus potencialus, buvo sukurtos energijos vartojimo efektyvumo priemonės ir oficialiai patvirtintos “MEPC 62” dokumentu, t.y. laivų energetinio efektyvumo taisyklės įtrauktos į MARPOL VI priedo 4 skyrių. Atitinkamai, turint LEEVP visiems esamiems laivams, kurių talpa didesnė kaip 400 BT taip pat pasiekiamas PEVEI ir reikalaujamas PEVEI, kuris įsigaliojo nuo 2013m. sausio 1 dienos.

MARPOL VI priedo 4 skyriuje yra pateikiami laivų energijos vartojimo efektyvumo reglamentai, TJO gairės ir jų projektai:

- Projektinio energijos vartojimo efektyvumo indekso skaičiavimo metodo gairės (PEVEI) naujiems laivams;
- PEVEI tyrimo ir sertifikavimo gairės;
- Reikalaujamo PEVEI ataskaitos grafų, apskaičiavimo gairės;
- Laivų energijos vartojimo efektyvumo valdymo plano rengimo gairės;
- Minimalios varomosios galios ir greičio nustatymo rekomendacijos.

TJO parengė savanoriško energijos vartojimo efektyvumo veiklos indekso gaires (angl. EEOI- energy efficiency operational indicator) (Estimated CO₂ emissions reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships. Zabi Bazari, Lloyd’s Register, London, UK 31 October 2011).

Šiuo metu svarstomi pagrindiniai CO₂ išmetimo mažinimo būdai iki 2050 m. Tai bus operacinių priemonių, technologijų plėtros ir alternatyvių degalų su mažesniu anglies kiekiu naudojimo derinys. Šiame tyrime daroma prielaida, kad:

- Naujų technologijų ir alternatyvių degalų panaudojimą daugiausia skatins PEVEI taisyklės;

- Operatyvinių priemonių ir ekonomiškai efektyvių technologijų įgyvendinimą skatina LEEVP kartu su didėjančiomis kuro ir anglies kainomis (TJO rezoliucija MEPC.203(62) 2011 m. liepos 15 d.).

2.2. Energijos efektyvumo projektavimo indeksas

Projektinis energijos vartojimo efektyvumo indeksas parodo CO₂ emisijas gramais, atliktam darbui (g CO₂ / 1 t krovinio pervežtai vieną jūrmylią). TJO ketinimai yra nustatyti limitus šiam indeksui, taip bus siekiama nuolatos tobulinti laivų technologijas, kad jie taptų energetiškai efektyvesni. Laivų projektuotojai ir statytojai gali laisvai pasirinkti technologijas, kad energijos efektyvumo projektavimo indeksas atitiktų reikalavimus konkrečiam laivui.

PEVEI reikalavimai naujiems laivams:

- 0 etapas - laivams, pastatytiems 2013–2015 m., PEVEI turi būti bent jau lygus su bazinės linijos verte.
- 1 etapas - laivams, pastatytiems 2015–2020 m., PEVEI turi būti bent 10% žemiau bazinės atskaitos linijos.
- 2 etapas - nuo 2021-2025 m. pastatyti laivai turi turėti PEVEI bent 20% žemiau bazinės atskaitos linijos.
- 3 etapas - laivams, pastatytiems po 2025 m., reikalaujama, kad projektinis energijos vartojimo efektyvumo indeksas būtų bent 30% mažesnis už atskaitos liniją. (Statistical analysis of the energy efficiency performance (EEDI) of new ships, Transport & Environment Faig Abbasov September 2017).

Energijos vartojimo efektyvumo projektavimo indeksas taikomas naujai statomiems laivams arba laivams po renovacijos. Jis gali būti išreikštas santykiu: „**aplinkosaugos sąnaudų**“ ir „**nauda visuomenei**“.

$$PEVEI = \frac{POVEIKIS\ APLINKAI}{NAUDA\ VISUOMENEI} = \frac{CO_2\ EMISIJOS}{ATLIKTAS\ DARBAS};$$

PEVEI yra funkcija:

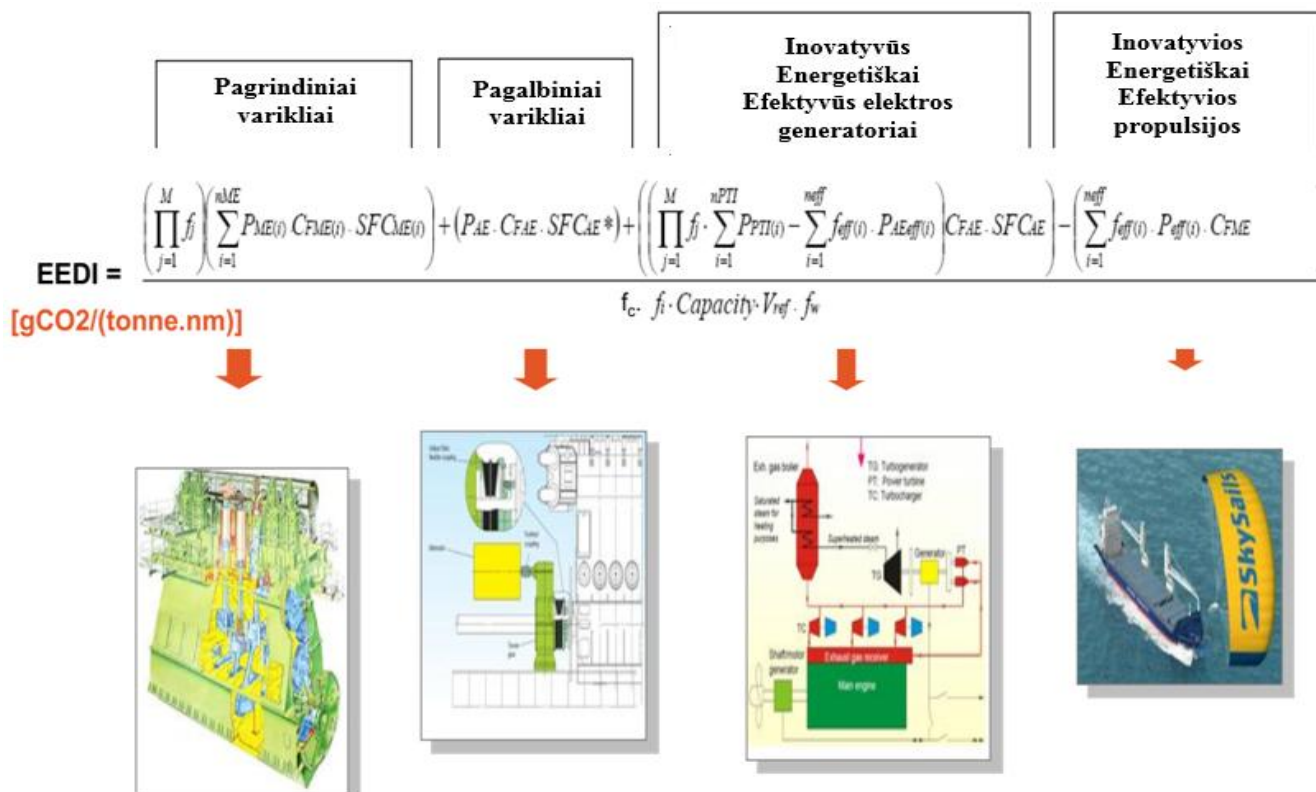
- Laivo galios;
- Laivo greičio;
- Pervežto krovinio.

PEVEI emsė yra jo skaičiavimo paprastumas ir gali būti plačiai taikomas ir skatinantis

visus suinteresuotuosius stengtis sumažinti išmetamo CO₂ kiekį, atsižvelgiant į laivo energijos efektyvumą. Jis skatina nuolatinį visų komponentų, turinčių poveikį degalų sąnaudoms, techninį vystymąsi. Jis taip pat atskiria technines ir projektines priemones nuo operatyvinių ir komercinių priemonių. Jis skirtas užtikrinti, kad naujai projektuojami laivai būtų energetiškai efektyvūs. Indeksas negali būti naudojamas kaip eksploataavimo efektyvumo rodiklis, jau eksploatuojamiems laivams. (Estimated CO₂ emissions reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships. Zabi Bazari, Lloyd's Register, London, UK 31 October 2011).

2000 m. TJO atliktas šiltnamio efektą sukeliančių dujų tyrimas paskatino įgyvendinti CO₂ indekso naudojimą. TJO nusprendė, kad toks indeksas turėtų atspindėti tik techninius aspektus tokius kaip, variklių, korpuso ir sraigto optimizavimas arba neiškastinio kuro naudojimas, o ne veiklos ar komercinius aspektus. Tai paskatino indekso suformulavimą. Jūrų aplinkos apsaugos komitetas sudarė empirinę formulę, kuri matoma 8 pav. PEVEI formulės parametrai pateikti 1 priede. (žr. 1 priedą).

Empirinė formulė:



8.pav. Pagrindiniai įrenginiai darantys įtaką PEVEI

Šaltinis: (Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO London, January 2016).

Lygties struktūra susideda iš 4 dalių: pagrindinio variklio emisijų, pagalbinių variklių emisijų, veleno elektros generatoriaus emisijų, inovatyvių modernių technologijų panaudojimo veiksnių.

PEVEI formulėje atsižvelgiama į specialius projektavimo ypatumus ir poreikius, įskaitant energijos naudojimą, mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančių degalų naudojimas, meteorologinių ir hidrometeorologinių sąlygų poveikis laivui.

PEVEI turi pastovią vertę, kuri gali būti pakeista, tik jei laivo projektas bus pakeistas. Yra keletas laivų tipų, kuriuose PEVEI, krovinio vienetais per jūrmyle, gali būti laikoma mažiau prasminga arba svarbi. Tai rodo, kad vienetai, kuriais matuojamas PEVEI, galėtų būti modifikuoti ir pritaikyti kai kuriems laivų tipams. Taip pat PEVEI gali būti nevisiems laivams praktiškai pritaikomas. Tačiau jis yra pritaikomas didžiajai laivų dalei.

PEVEI priklauso nuo laivo tipo, indeksas turi būti mažesnis arba lygus reikalaujamam:

Pasiektas PEVEI \leq reikalaujamas PEVEI = $\left(1 - \frac{x}{100}\right)^*$ „Bazinė linija“.

„Bazinė linija“ = $a*(dedveitas)^{-c}$. Čia a ir c empiriniai koeficientai nustatyti pagal laivo tipą ir pastatymo metus.

X – sumažinimo norma priklauso nuo laivo pastatymo metų pagal atitinkamą fazę nuo bazinės linijos.

Supaprastinta lygtis:

$$PEVEI = \frac{CO_2 \text{ EMISIJOS}}{ATLIKTAS \text{ DARBAS}} = \frac{P*SFC*C_F}{DWT*V}$$
; P- galia, kW; SFC specifinės kuro sąnaudos t/val, C_F – anglies koeficientas kure, DWT- dedveitas, t; V- greitis, mazgais.

Supaprastinta PEVEI lygtis aprašoma laivo galia, specifiniu kuro sunaudojimu, anglies kiekiu kure, dedveitu ir greičiu. Atitinkamai CO₂ emisijas galima sumažinti, mažinant kuro sunaudojimą arba naudojant kurą su mažesniu anglies kiekiu, taip pat tobulinant laivo konstrukcijas (Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO London, January 2016).

2.2.1. Projektinio energijos vartojimo efektyvumo indekso sertifikavimas ir gerinimas

Projektavimo etapas:

Norint atlikti preliminarų patikrinimą projektavimo etape, laivo savininkas arba laivų statytojas turi pateikti tikrintojui (administracijai arba laivų klasifikacinei bendrovei) - PEVEI techninę bylą.

Į PEVEI techninė bylą, turi būti įtraukta:

- dedveitas, pagrindinio ir pagalbinių variklių galia;
- laivo greitis giliuose vandenyse esant maksimalioms suprojektuotoms pakrovimo sąlygoms ir esant 75% maksimalios pagrindinio variklio apkrovos;
- specifinės degalų sąnaudos (SFC), naudojant pagalbinius variklius ir pagrindinį variklį, esant 75% apkrovai;
- pagrindiniai duomenys, laivo jėgainės sistemos ir elektros tiekimo sistema;
- projektavimo etape galios kreivių įvertinimo procesas ir metodika;
- energijos taupymo įrangos aprašymas;
- apskaičiuota pasiekta PEVEI vertė.

Jūrinių bandymų etapas

Prieš atliekant bandymus jūroje, laivo savininkas turi pateikti galutinę vandentalpos lentelę ir patikros raportą apie išmatuotą tuščio laivo svorį ir dedveitą, taip pat NO_x technines bylas.

Tikrintojas turi dalyvauti jūriniuose bandymuose ir patikrinti:

- varomąją ir elektros tiekimo sistemą;
- duomenys apie variklius;
- kitus susijusius dalykus, aprašyti tai PEVEI techninėje byloje;
- meteorologines ir hidrometeorologines sąlygas;
- laivo greitį, pagrindinio variklio veleno galią.

Tikrintojas turi pateikti PEVEI patikrinimo ataskaitą po to, kai patikrino pasiektą PEVEI bandymų jūroje metu ir siūlymą išduoti tarptautinį energijos vartojimo efektyvumo (angl. IEE) sertifikatą (IMO training course “The energy efficient operation of ships” 2013).

Projektinio energijos vartojimo efektyvumo indekso taikymo aspektai

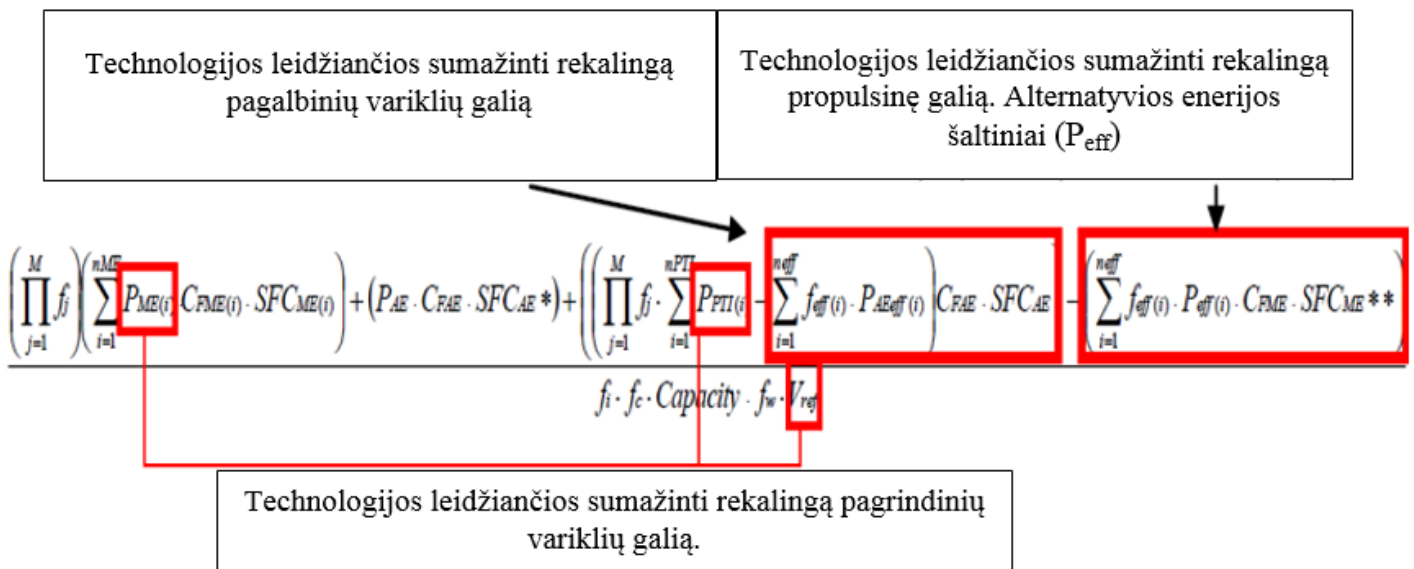
PEVEI taikoma naujiems laivams ir laivams po kapitalinio remonto pagal MARPOL VI priedo 4 skyrių. Kiekvieno naujo ar esamo laivo po tokio masto kapitalinio perdirbimo, kad Administracijos nuomone, laivas laikytinas naujai pastatytu laivu, pasiektas PEVEI apskaičiuojamas ir turi atitikti 21 taisyklės 1 dalies reikalavimus. Šiuo metu PEVEI netaikomas žvejybos ir aptarnavimo laivams (visų dydžių), turbininiams ir dyzel-elektriniams laivams (TJO rezoliucija MEPC.203(62) 2011 m. liepos 15 d.).

Projektinis laivų energijos vartojimo efektyvumo gerinimas

Dauguma projektinių modifikacijų yra taikomos naujiems laivams. Tai reiškia, kad dėl ilgos laivų eksploatavimo trukmės, projektinis energijos efektyvumo didinimas bus lėtesnis nei operacinis. Tačiau dalį modifikacijų galima diegti jau eksploatuojamuose laivuose.

Laivo energijos vartojimo efektyvumas yra glaudžiai susijęs su pradinėmis projekto specifikacijomis, tokiomis kaip eksploatacinis greitis, dydis, grimzlė, plotis, ilgis ir dedveitas.

Projektinių technologijų įtaką energijos efektyvumo indeksui, galime matyti 9 pav.



9.pav. Inovatyvių technologijų kategorijos

Šaltinis: 2013 Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies for calculation and verification of the attained EEDI, as set out in the annex (MEPC 65/22, paragraph 4.134.6), IMO.

Siekiant nustatyti efektyviausias energijos vartojimo efektyvumo priemones laivams, panaudota informacija iš įvairių laivybos bendrovių ataskaitų. Dėmesys sutelkiamas į priemones, kurios lemia dideles kuro santaupas, tai pat, kurios gali būti taikomos daugeliui laivų. Priemonių sąrašas pateiktas 2 priede.

Pagrindinės kategorijos naujoms technologijoms diegti yra:

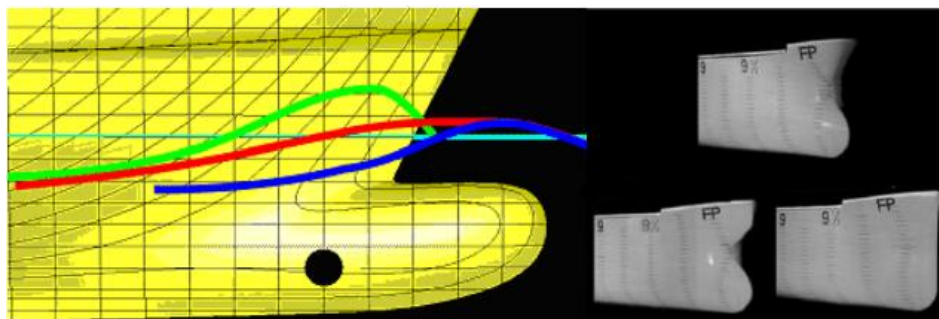
- korpusas;
- pagrindinis variklis;
- pagalbiniai varikliai;
- propeleriai ir vairai;
- kontrolės sistemos.

2.2.2. Energijos vartojimo efektyvumo techninės priemonės

Naujiems laivams reguliariai taikomas povandeninio korpuso formos optimizavimas. Daugiausia dėmesio skiriant, korpuso pasipriešinimo mažinimui ir propulsinės galios efektyvumo didinimui.

Sumažinus korpuso svorį, sumažėja povandeninio paviršiaus plotas. Masės mažinimo potencialas yra susijęs su stiprumo ir saugos reikalavimais, kaip jie nurodyti projektavimo koduose. Norint sumažinti korpuso masę, reikės naudoti aukštos kokybės plieną ir lengvesnes medžiagas. Šiuo metu lengvų medžiagų, tokių kaip aliuminio, anglies arba stiklo pluošto konstrukcijos daugiausia naudojamos greitaeigiems laivams statyti.

Skirtingi laivapriekio optimizavimo būdai gali sumažinti bangos sukeltos laivo nosyje pasipriešinimą, ypač laivams, turintiems didelį korpuso pilnumo koeficientą. Vidutinis energijos mažinimo potencialas svyruoja nuo 2,5-20%, vidutiniškai 10% (Crist 2009, TJO 2011, Voorham 2013).



10.pav. *Laivapriekis su bulba*
Šaltinis: Selenetrawlers, 2015 m.

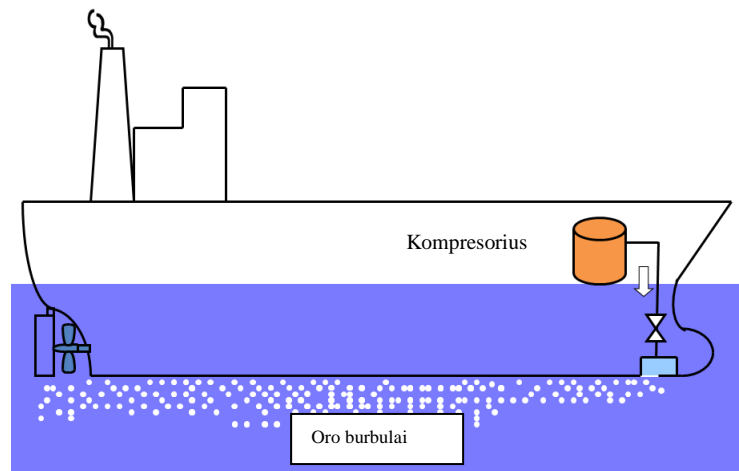
Galime matyti 10 pav., žalia linija apibūdina įprastą laivo korpuso laivapriekio bangą. Mėlyna linija apibūdina bangą, kuri susidaro po bulbos. Raudona linija yra šių dviejų bangų suma. Bangos aukštis pastebimai sumažėja, o tai yra sumažina korpuso pasipriešinimą, susijusį su laivapriekio banga. Tai pagerina degalų sąnaudas ir padidina laivo greitį.

Korpuso danga pateikta 11 pav. Ji gali sumažinti korpuso trintį ir apriboti vandens organizmų užterštumą. Tai gali sutaupyti vidutiniškai nuo 1 iki 9% kuro sąnaudų (ICCT 2011, Voorham 2013, Crist 2009).



11. pav. Korpuso padengimas specialia danga „antifouling”
Šaltinis: ICCT 2011, Voorham 2013, Crist 2009.

Vienas iš būdų sumažinti korpuso trintį yra pagerinti korpuso dangą, kad ši būtų kuo lygesnė, danga turi būti atnaujinama, nerečiau kaip kas penkis metus. Technologija taikoma visiems laivams. (IMO 2011, ICCT 2011). Atsipirkimo laikas yra trumpas (ICCT 2011).



12 pav. Oro tepimo sistemos schematinė iliustracija
Šaltinis: Voorham 2013

12 paveiksle pateikta oro tepimo sistemos schematinė iliustracija. Ši sistema sukuria burbuliukų sluoksnį po korpusu, taip mažindama trintį. Automatikos sistema reguliuoja ventiliatorių darbą priklausomai nuo laivo greičio ir išlaiko oro ertmės, bei reikalingą slėgį. Plonas burbuliukų sluoksnis iš kiekvienos ertmės susilieja į vieną didelį „oro sluoksnį“ visai plokščiajai korpuso daliai ir sumažina trintį. Priklausomai nuo laivo tipo, apskaičiuotas degalų naudojimo efektyvumas svyruoja tarp 5-15 proc. (TJO 2009, DK grupė 2015, CNSS 2015, ICCT 2011, Voorham 2013).

Įdiegimo kliūtys: Dideli kapitalo investicijų reikalavimai (ICCT 2011).

Techninis brandumas: Technologija yra prieinama rinkoje, tačiau dar bandomajame etape. Jūros tyrimai buvo atlikti su mažais demonstraciniais laivais. Nėra jokių komercinių laivų, kurie šiuo metu naudoja šį metodą (Silberschmidt 2014, Skinner 2009).

Taikymas: Tikėtina, kad pradinė technologija bus taikoma naujiems laivams, turintiems plokščią dugną (IMO 2011, CNSS 2015).

Pagrindiniai ir pagalbiniai varikliai.

Vienas iš efektyviausių būdų sumažinti laivo PEVEI, tai pasirinkti mažesnį pagrindinį variklį, taip sumažinant laivo projektinį greitį. Šis būdas taikytinas iki tam tikros ribos dėl saugumo ir komercinių reikalavimų (IMO 2011, IMO 2009).

Žymiai pagerinti variklio eksploatacines savybes ir sumažinti degalų sąnaudas galima įdiegiant elektroniniu būdu valdomus degalų padavimo ir išmetimo vožtuvus. (IMO 2009).

Bendroji degalų įpurškimo sistema „common rail” - tai degalų įpurškimas į variklio cilindrą, esant vienai bendrai kontrolei, taip pasiekiant optimalų degimą. Bendroji tiesioginė sistema leidžia pradėti įpurškimą, nepriklausomai nuo stūmoklių padėties. Įprastiniame dyzeliniame variklyje siurblys įsiurbia statinį degalų kiekį ir įprastai optimizuoja siurblių, kad jis veiktų optimaliai, optimaliam įpurškimo laikui (Pakarinen 2007). Energijos vartojimo efektyvumo potencialas yra apskaičiuotas vidutiniškai nuo 0,1-0,5% (0,3%) (ICCT 2011, IMO 2009).

Kliūty: papildoma elektronika taip pat galima aptikti galimus gedimus (ICCT 2011).

Taikymas: ši priemonė taikoma naujiems ir modernizuotiems laivams. Jis taikomas tanklaiviams, konteineriniams ir Ro-Ro laivams (Crist 2009).

Išmetamųjų dujų šilumos panaudojimo technologija.

Šilumokaitis generuoja turbinos garą varomam generatoriui. Šilumos energija iš išmetamųjų dujų yra transformuojama į elektros energiją, siekiant sumažinti tiesioginį pagrindinio variklio ir pagalbinių variklių apkrovą (ICCT 2011). Apskaičiuotas energijos taupymo potencialas vidutiniškai 8% (Crist 2009, ICCT 2011).

Kliūty: dideli kapitalo poreikiai (apie 5-6 mln. JAV dolerių dideliame konteineriniame laivui) (ICCT 2011).

Techninis brandumas: technologija yra prieinama rinkoje ir turi vidutinį, bei ilgą atsipirkimo laiką (WÄRTSILÄ 2007, Crist 2009).

Taikomumas: Technologija gali būti naudojama laivuose, kurių pagrindinė variklio vidutinė charakteristika yra didesnė nei 20 000 kW, o pagalbiniai varikliai vidutiniškai viršija 1000 kW. Šio dydžio reikalavimai apriboja laivų, naudojančių šią technologiją, skaičių (IMO 2011). Paprastai technologija taikoma visiems laivų tipams; naujiems ir modernizuotiems (Crist 2009).

Alternatyvus kuras.

Suskystintos gamtinės dujos gali būti naudojamos kaip alternatyvus kuras laivybos pramonėje. Kuras turi didesnę vandenilio ir anglies santykį, lyginant su naftos pagrindu pagamintais degalais, dėl kurių mažėja specifinis CO₂ kiekis (kg CO₂ / kg kuro). Be to, SGD yra švarus kuras, kuriame nėra sieros. Deja, SGD naudojimas padidins metano (CH₄) išmetimą, taigi sumažins grynojo klimato atšilimo naudą nuo 25% iki maždaug 15%.

Vėjo energija.

Vėjo energijos priemonės, kurios gali sukurti pakankamai propulsinės jėgos, kad būtų užtikrintas, bent jau tam tikras palaikomasis veiksnys - varomoji jėga. Vėjo energija gali būti naudojama įvairiais būdais (žr. 13 pav.). Šiuo metu metodai naudojami, kaip papildoma galia (Brannigan ir kt., 2009).



13 pav. Vėjo energijos panaudojimas
Šaltinis: Allenström 2013.

Tvirtos burės yra panašios į orlaivių sparnus, kurios suteikia didesnę traukos tempą. „Flettner“ rotorai gamina vėjo jėgą iš besisukančių objektų, naudojant vadinamąjį „Magnus“ efektą. Technika turi skirtingas charakteristikas, su trauka susijusiais veiksniais, pvz., vėjo stiprumu, vėjo kampu, vėjo stabilumu ir laivo greičiu (TJO 2009).

Vilkimo aitvarai skiriasi nuo kitų vėjo jėgainių (Allenström 2013). Techniniai tyrimai Berlyno universitete nurodė, kad buriavimo energijos potencialas yra skirtingas pasaulio regionuose. Geriausi yra Šiaurės Atlanto ir Šiaurės Ramiojo vandenyno regionuose, Ramiojo vandenyno pietuose yra šiek tiek mažiau galimybių. Tyrimai parodė, kad įprastomis aplinkybėmis sutaupymas naudojant vėjo energiją gali būti 5% 15 mazgų ir iki 20% 10 mazgų. Šis tyrimas taip pat parodė, kad esant optimalioms oro sąlygoms Šiaurės Atlante ir atsižvelgiant į geriausią laivą su geriausiu buriavimo tipu, taupymu gali pasiekti 15% 15 mazgų ir 44% 10 mazgų (TJO 2009, Crist 2009). Nepaisant to, anksčiau nurodyti skaičiai turėtų būti laikomi orientaciniais (IMO 2009).

Kliūtys: Nors ši technologija gali padėti sutaupyti daug energijos, investicijos yra tokios didelės, kad nėra trumpo atsipirkimo laiko. Dėl kieto sparno komplikacijų gali atsirasti poreikis stiebams nuleisti, tai gali būti didelė problema. Be to, stiebo ir takelažo buvimas gali būti reikšmingas krovinių tvarkymui, bei jo poveikiui (TJO 2009). Kitas sistemų trūkumas - sudėtingas paleidimas, reikalingos kontrolės sistemos (TJO 2009).

Techninis brandumas: Tai vis dar laikoma eksperimentine technologija. Reikia išspręsti technines kliūtis, kad ši priemonė būtų plačiai naudojama ateityje. Atsipirkimo laikas, manoma, bus vidutinės trukmės (Allenström 2013, Crist 2009).

Taikomumas: Galimos vėjo energijos technologijos, įrengti keli krovininiai laivai su vėjo varikliais, siekiant sumažinti dyzelinių variklių naudojimą (ICCT 2011). Aitvarai gali būti naudojami laivuose mažiausiai 30 m ilgio ir efektyviausiai naudoja energiją laivuose, kurių greitis yra ne didesnis nei 16 mazgų. Pageidautina, kad tanklaiviai (žalios naftos, produktų, cheminių medžiagų, SND, SGD, kiti) ir birūs laivai būtų laikomi potencialiais vartotojais (TJO 2011).

2.3. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas operacinėmis priemonėmis

2.3.1. Laivo energijos efektyvumo valdymo planas, dokumentacija ir šaltiniai

Laivo energetinio efektyvumo valdymo planas (LEEVP) yra operacinė strategija laivų operatoriams nurodanti, kaip didinti energetinį efektyvumą eksploatuojant laivus. Strategiją sudaro planavimas, įgyvendinimas, stebėjimas ir įvertinimas visų įmanomų energijos efektyvumą didinančių priemonių. LEEVP suteikia galimybę stebėti laivų ir laivynų efektyvumą per tam tikrą laiką, pavyzdžiui, naudojant energijos vartojimo efektyvumo rodiklį (EEOI) kaip stebėsenos ir (arba) lyginamojo indekso priemonę (Training course on Energy Efficient WMU-IMO, 2013). Taip pat primygtinai ragina laivo savininką ir operatorių kiekviename laivo eksploatavimo etape peržiūrėti, apsvarstyti veiklos praktiką ir technologijų tobulinimą, norint optimizuoti laivo energijos vartojimo efektyvumą.

Laivo energetinio efektyvumo valdymo plano tikslas yra sukurti bendrovės ir laivo operacijų mechanizmą bei nustatyti procedūras laivo energijos vartojimo efektyvumo didinimui. Tikslinga, kad laivui būdingas energijos efektyvumo valdymo planas būtų susietas su platesne įmonės energijos valdymo sistema, kuri valdo ir kontroliuoja ne vieną laivą, kad būtų pasiektas kuo didesnis visos kompanijos energijos panaudojimo efektyvumas.

Daugelis įmonių paprastai turi aplinkosaugos vadybos sistemą (angl. EMS- environment

managing system) pagal ISO 140016 standartą, kuriame yra nuorodų, kaip pasirinkti geriausias priemones konkrečioms laivams ir tada nustatyti atitinkamų parametrų matavimo tikslus kartu su atitinkama kontrole. Todėl reikėtų vertinti aplinkosauginio veiksmingumo stebėseną kaip neatskiriamą platesnę bendrovės aplinkosaugos vadybos sistemos dalį.

Taip pat, vienas iš laivybos kompanijų tikslų turėtų būti saugoti žmones ir aplinką, stebint ir analizuojant energijos suvartojimą laivuose, pasinaudojant įgyta patirtimi ir geriausia praktika, pagerinti energijos vartojimo efektyvumą, tuo pačiu mažinant emisijas.

Didėjantis energijos vartojimo efektyvumas išlieka pigiausia ir labiausiai paplitusi naujos šiandien prieinamos energijos forma. Laivo energinio efektyvumo valdymo planas yra pagrindas įdiegti ir optimizuoti veiklos procesus ir pagerinti pelną, veiksmingai naudojant žmogiškuosius išteklius ir turtą. Tai yra išteklių gidas personalui, skirtas padidinti energijos vartojimo efektyvumą laivų sistemose ir operaciniuose procesuose.

LEEVP siekiama pagerinti laivo energijos vartojimo efektyvumą vykdant keturis procesus:

- planavimas;
- įgyvendinimas;
- stebėseną;
- savęs vertinimas ir tobulinimas.

Šie komponentai atlieka svarbų vaidmenį nuolatiniam cikle, kad pagerintų laivų energijos valdymą.

Energijos vartojimo efektyvumo rodiklis (angl. EEOI) įvesta kaip pirminė rekomenduojama stebėjimo priemonė, skirta ciklo tobulėjimui įvertinti, apibūdinant CO₂ emisijas atliktam transporto darbui (IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation).

Laivo energijos efektyvumo valdymo plano dokumentacija ir šaltiniai

Laivų energijos efektyvumo valdymo planai sudaryti vadovaujantis TJO cirkuliaru MEPC.1 / Circ.683. Operacinės procedūros ir rekomendacijos yra grindžiamos („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH 2012*):

- TJO laivų energijos efektyvumo valdymo planų plėtros gairės; MEPC.1 / Circ.683;
- Jūrinės aplinkos saugumo komiteto savanoriško energijos efektyvumo veiklos rodiklio naudojimo gairės;
- Jūrų pramonės (oro tarša iš laivų, MARPOL VI priedas ir kiti susiję dokumentai);

- Laivyba, pasaulinė prekyba ir CO₂ išmetimo mažinimas, Jungtinių Tautų sistema;
- Konvencija dėl klimato kaitos (COP16) - IMO / MEPC).

2.3.2. Energijos efektyvumo planavimas, personalas ir atsakomybės

Laive įgyvendinant energijos efektyvumo planą, kapitonas turi teisę spręsti kokios procedūros ir įranga, bus naudojama laive norint užtikrinti efektyvų energijos naudojimą.

Laivybos kompanijos vadovybė priima sprendimus ir nustato tikslus visos kompanijos mastu, norėdama pagerinti energijos naudojimo efektyvumą.

Laivybos bendrovė teikia visas priemones, kad galėtų įgyvendinti ir kontroliuoti laivų energijos efektyvumo valdymo planus („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH 2012*):

- bendrovės vadovybė yra atsakinga už energetinių auditų planavimą;
- techninis superintendantas atlieka energetinį auditą laive;
- bendrovės vadovybė, techninis superintendantas ir kapitonas / vyriausiasis mechanikas nustato specifines priemones, plano įgyvendinimui ir kontrolei;
- kapitonas yra atsakingas už energijos vartojimo efektyvumo supažindinimą laive;
- vyriausiasis mechanikas ir techninis superintendantas yra atsakingi už laivų energijos efektyvumo stebėjimą ir dokumentų kontrolę.

Pagal MEPC.1 Circ 683 planuojant pirmiausiai nustatomas einamasis energijos sunaudojimas laive ir planuojamas efektyvumo pagerėjimas, siekiama nustatyti specifines priemones tam tikram laivui.

Nustatant energijos taupymo priemones, reikia atsižvelgti į tai, kad nevisada tos pačios priemonės teiks naudą, tai pat jos turėtų būti peržiūrimos kasmet, ar pasikeitus plaukiojimo rajonui ar laivo plaukiojimo pobūdžiui.

Laivo energijos efektyvumo didinimą galima apibendrinti:

- įgyvendinimas;
- atsakomybė;
- stebėjimas;
- įvertinimas (IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation); („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH 2012*).

Kompanijos specifinės priemonės

Laivo eksploatacija priklauso nuo daugelio veiksnių: laivo savininko, operatoriaus, frachtuotojo, krovinio savininko, uostų, eismo kontrolės. Šie daug įtakos energijos efektyvumui turintys veiksniai planuojami kompanijos vadovybėje. 1 lentelėje pateikiami konkretūs veiksniai darantys įtaką laivo eksploatacijos efektyvumui.

1. Lentelė. Laivo eksploatacijos veiksniai

<u>Veiksniai, kurie turi būti įvertinti operuojant laivą:</u> <ul style="list-style-type: none">• maršruto planavimas ir vykdymas;• oro sąlygų įvertinimas;• greičio valdymas ir kontrolė;• logistinių operacijų planavimas;• frachtavimo kontraktai;• uostų operacijos.	<u>Su laivu susiję aspektai:</u> <ul style="list-style-type: none">• korpuso būklė;• sraigto būklė;• diferento ir grimzlės įtaka;• autovairininko ir plunksnos parametrai;• techninės modifikacijos.
<u>Kuro valdymas:</u> <ul style="list-style-type: none">• kuro atsargų papildymo planavimas;• veiksmi bunkeravimo metu.	<u>Pagrindiniai ir pagalbiniai varikliai:</u> <ul style="list-style-type: none">• pagrindinių variklių efektyvumas;• pagalbinių variklių efektyvumas ir panaudojimas;• katilų efektyvumas ir panaudojimas.
<u>Energijos vartotojai:</u> <ul style="list-style-type: none">• pavairavimo mechanizmai;• krovinių operacijos;• ventiliacija, apšvietimas;• vandens gėlinimas;• kompresoriai.	<u>Vadovavimas ir organizacija:</u> <ul style="list-style-type: none">• strategija ir taktiniai planai;• pareigos ir atsakomybės;• kultūra ir įsisamonimas;• kompetencija ir mokymai;• bendradarbiavimas ir bendravimas;• veiklos valdymas.

Šaltinis: Study on the optimization of energy consumption as part of implementation of a ship energy efficiency management plan) („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH 2012*).

Mokymai ir supažindinimas

Kiekvienas įgulos narys privalo susipažinti su kompanijos energijos efektyvumo sistema. Priklausomai nuo pareigų ir atsakomybių susipažinimas yra skirtingas įskaitant supažindinimo formą. Kiekvienas įgulos narys privalo gauti informaciją apie specifines operacijas laive, kad nebūtų neefektyviai naudojama energija.

Paprasti geri įpročiai gali sutaupyti elektros energijos, pvz., šviesos, televizijos,

kompiuterių išjungimas (Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping, Zabi Bazari, Lloyd's register, London, UK Tore longva, DNV, Oslo, Norway 2011).

Įgyvendinimas

Laivo energijos efektyvumo valdymo planas nustato kaip esamos ar naujos efektyvumo priemonės turi būti įgyvendintos ir kas yra už tai atsakingas.

Duomenys privalo būti kaupiami ir palyginimui, ir efektyvumo progreso įvertinimui. Jei kokia nors priemonė negali būti įgyvendinta, privalo būti nustatyta priežastis, taip pat turi būti įtraukta į duomenų bazę (Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping, Zabi Bazari, Lloyd's register, London, UK Tore longva, DNV, Oslo, Norway 2011).

2.3.3. Energijos efektyvumo standartų kontrolė, įvertinimas ir pažanga

Kontrolė:

- privalo būti taikoma visiems laivams;
- privalo būti praktiška, aiški ir lengvai administruojama;
- kontrolė turi parodyti atitikimą reikalavimams;
- turėtų užtikrinti tikrumą ir nuspėjamumą.

Energijos efektyvumo standartų kontrolė yra atliekama pasitelkiant energijos efektyvumo operacinį rodiklį (angl. EEOI- energy efficiency operational indicator). Šio rodiklio stebėjimas dar nėra privalomas, bet rekomenduojamas.

Norint apskaičiuoti EEOI - reikalingi šie duomenys:

- nustatytas periodas, kuriam EEOI bus skaičiuojamas;
- parinkti informacijos šaltiniai;
- informacija paversti į tinkamą formatą;
- paskaičiuoti EEOI.

$$EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)} \quad (1)$$

Čia j- kuro tipas; i- maršruto numeris; FC_i - kuro j masė sunaudota per maršrutą i; CF_j- kuro masė paversta į CO₂ masę naudojant konvertavimo faktorių kurui j; m_{cargo} – pervežto krovinio masė; D- atstumas myliomis („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH*

2012).

Įvertinimas ir pažanga

Įvertinimas yra grindžiamas sukauptų duomenų analize. Taip pat mažiausiai kartą per metus yra nusprendžiama, kokios priemonės buvo efektyvios ir kokios ne, ir kaip jas padaryti efektyviomis.

Atliekant energijos efektyvumo auditus laive, privaloma patikrinti:

- energijos valdymo politikos įgyvendinimą;
- įgulos sugebėjimą pademonstruoti energijos efektyvumo valdymo plano įgyvendinimą;
- maršruto valdymą, įskaitant taikomas priemones ir raportus;
- efektyvų energijos naudojimą ir optimizavimą laive. („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH 2012*).

Operacinės laivų energijos efektyvumo didinimas

Potencialios sutaupytos energijos, dėl operacinių priemonių taikymo, yra 10-50% (Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009).

Nauji bendradarbiavimo būdai tarp krovinio savininko, laivo nuomininkų ir laivo savininkų taip pat su uostų tarnybomis susiję veiksniai leidžia pagerinti energijos efektyvumą. Papildomai, geresnis laivyno planavimas, didelio masto laivų panaudojimo pagerinimas ir minimalizuojant neproduktyvius reišius be krovinio yra įmanomi per tolimesnį pramonės konsolidavimą. Taigi, eksploatacinės priemonės, kurios skirtos sumažinti degalų sąnaudas ir CO₂ emisijas, gali būti vertinamos trimis kategorijomis:

- *Geresnis techninis ir operatyvinis valdymas*: priemonės apima sustiprintą hidrometeorologinių sąlygų įvertinimą optimizuotas laivo diferentas ir balastinių vandenų kiekis; korpuso ir sraigto valymas; geresnė pagrindinių ir pagalbinių variklių priežiūra ir derinimas, efektyvesnis reiso vykdymas ir veiklos vertinimas, stebėsenos ir ataskaitų teikimas, efektyvus veiktų didelių elektros vartotojų naudojimas, ir ekonomiškai efektyvių pagrindinių ir pagalbinių variklių technologijų tobulinimas.
- *Glaudesnis logistikos ir laivyno planavimas*: priemonės apima krovinių sujungimą, kad pasiektų didesnę laivo talpos panaudojimo lygį, kombinuotų laivų naudojimą, logistikos grandinės optimizavimą, didesnės krovinių partijos; koregavimai

optimizuotiems atvykimo laikams ir mažesnis laivų greitis, lankstesnės sutartys tarp frachuotojo ir laivo savininko.

• *Nuo uosto priklausantys veiksniai*: laivo dydžio apribojimų pašalinimas (pvz., laivo grimzlė, ilgis, plotis). Apribojimai greitam laivo iškrovimui ir pakrovimui. Įgyvendinimas reikalauja infrastruktūros plėtros ir paramos virtualiam atvykimui. Priemonės gali apimti: didesnius uosto pajėgumus, 24/7 uosto operacijų laiką; efektyvesnis uostų formalumų tvarkymas. Tikimasi, kad LEEVP pirmiausia pagerins techninės ir operacinės srities valdymą. Taip pat įtrauktos logistikos ir su uostais susijusių energijos vartojimo efektyvumo priemonės, bet, kadangi šios priemonės apima daug suinteresuotų šalių, tai įgyvendinti tampa sudėtingiau.

2.3.4. Operacinės energijos efektyvumo didinimo priemonės ir technologijos

Laivų operacijos apima įvairias veiklas ir užduotis, pvz: pakrovimas, iškrovimas, balastavimas, manevravimas, plaukimas, gėlo vandens gamyba, gyvenamųjų patalpų aptarnavimas. Operacijų pobūdis priklauso nuo laivo tipo. Siekiant pagerinti degalų sąnaudas, reikia atidžiai išnagrinėti įvairių operacijų reikalavimus.

Maršruto planavimas ir vykdymas

Maršruto planavimas:

- optimalus greitis;
- atvykimas į uostą ne anksčiau nustatyto laiko;
- krovinio išdėstymas;
- balastinio vandens optimizavimas;
- maršrutų optimizavimas;
- dinaminio diferento optimizavimas;
- stovėjimo uoste laiko sumažinimas;
- ekonomišką ventiliacijų kroviniuose deniuose naudojimas;
- ekonomišką apšvietimo naudojimas.

Maršruto planavimas įvertinus oro sąlygas. Planuojant maršrutą būtina įvertinti oro sąlygas dėl saugumo ir ekonomijos padidinimo. Nustatyta, kad potencialas yra nuo 0 iki 5% priklausomai nuo laivo dydžio ir tipo, bei plaukiojamo rajono.

Atvykimas pačiu laiku. Išankstinis bendravimas su uostų tarnybomis, kurios suteiktų informaciją apie krantinių prieinamumą ir pagerintų optimalaus greičio naudojimą. Taip pat uostų

administracijos turėtų būti skatinamos maksimaliai padidinti efektyvumą ir sumažinti laivo vėlavimą.

Optimalus balasto kiekis. Balastas turi būti pakoreguotas atsižvelgiant į reikalavimus optimaliam diferentui: į oro sąlygas ir krovinių išdėstymą laivo deniuose. Nustatant optimalias balasto ribas jas turi užfiksuoti laivo žurnale. Balastas turi didžiulę įtaką vairavimui.

Optimalus vairo ir posūkio valdymo sistemų (autopilotų) naudojimas. Padaryta didelė pažanga automatizacijoje ir vairavimo sistemų technologijoje. Integruota navigacijos ir valdymo sistema gali sutaupyti degalų sumažinant nuplauktą atstumą. Šis principas yra paprastas: geresnis kursų valdymas, atliekant mažesnius vairo pasukimus sumažins nuostolius dėl vairo pasipriešinimo.

Uostų prieigose ir siaurumose, autopilotas ne visada gali būti efektyvus, kadangi vairas turi greitai reaguoti į tam tikras komandas.

Propulsinės sistemos priežiūra. Priežiūra pagal gamintojo nurodymus, bendrovėje planuojamas techninės priežiūros grafikas, kuris išlaiko įrenginių efektyvumą. Variklio priežiūra ir veiklos stebėseną yra naudinga priemonė išlaikyti aukštą efektyvumą. Papildomos priemonės variklio efektyvumui pagerinti yra:

- kuro priedų naudojimas;
- vožtuvų patobulinimai;
- sukimo momento analizė;
- automatizuotos variklio stebėjimo sistemos.

Energijos vartojimo valdymas. Be galios, reikalingos varomiesiems įrenginiams, taip pat reikia tiekti energiją, įgulos gyvenamosioms patalpoms, įvairioms pagalbinėms sistemoms, pvz., aušinimo vandens siurbliams, ventiliatoriams kroviniuose deniuose, balastiniams siurbliams, navigacinėms sistemoms ir kt. Dažnai galima sumažinti energijos suvartojimą laive dirbant sąmoningiau, optimaliau naudojant laivų sistemas.

Optimizavimo pavyzdžiai:

- išvengti nereikalingo energijos vartojimo;
- išvengti elektros generatorių lygiagreto veikimo;
- kuro separatoriaus optimizavimas;
- garų ir suspausto oro nuotėkio sistemose aptikimas ir taisymas. (Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization Albert Embankment, London SE1 7SR).

2.4. Diferento optimizavimas

Diferentas - tai skirtumas tarp laivagalio ir laivapriekio grimzlių. Diferentas daro įtaką korpuso pasipriešinimui ir hidrodinaminėms savybėms. Pakrauto arba nepakrauto laivo diferentas turi didelę reikšmę laivo vandens pasipriešinimui. Todėl optimizuojant diferentą galima sumažinti kuro suvartojimą.

Bet kuriai grimzliai yra skirtingas optimalus diferentas, kuris sudaro minimalų korpuso pasipriešinimą. Kai diferentas yra teigiamas, tai reiškia, kad laivagalio grimzlė yra didesnė nei laivapriekio. Optimalus diferentas, tai tinkamo greičio, grimzlės ir varomosios galios parinkimas.

Diferento optimizavimas yra vienas iš paprasčiausių ir pigiausių būdų laivo eksploatacijos optimizavimui ir degalų sąnaudų mažinimui. Tam nereikia korpuso formos modifikavimo arba variklio atnaujinimo. Optimizavimas gali būti atliktas tinkamai balastuojant arba pasirinkus tinkamą pakrovimo planą.

Nors diferento optimizavimo bandymai yra laikomi mažiau svarbiais nei standartiniai galios modelio bandymai, jie gali suteikti didelę garantiją, bei investicijų grąžinimą nuo vieno iki šešių mėnesių, priklausomai nuo laivo tipo. Energijos taupymą dėl diferento optimizavimo taip pat įrodė Hansen ir Freund (2010). Dauguma laivų suprojektuoti tam, kad vežtų krovinį nurodytu greičiu, kuris sunaudoja tam tikrą kiekį degalų pagal nustatytus diferentus. Prie tam tikros grimzlės ir greičio, diferentas skiriasi, dėl to keičiasi laivo korpuso pasipriešinimas vandenyje. Laivo optimalus diferentas, tai grimzlės bei greičio santykis. Šiandien, skaičiavimo metodai yra plačiai naudojami siekiant įvertinti optimalius diferento parametrus energijos vartojimo efektyvumui. Tačiau gali prireikti informacijos iš laivų modelio bandymų ir kitų išsamių matavimų. Laivo projektas bei saugumas gali užkirsti kelią diferento optimizavimui.

Galimybė diferentuoti laivą turėtų būti vertinama atsižvelgiant į stovumą, manevringumą ir saugos aspektus. Siekiant užtikrinti gerensį stabilumą, manevringumą, kurie priklauso nuo diferento, reikia atkreipti dėmesį į pakrovimo ir balastavimo aspektus. Bet kuriuo atveju turėtų būti pabrėžta, kad net nedideli diferento pakeitimai gali labai paveikti laivo stovumą bei manevringumą. Plaukiant 5–10 centimetrų skirtumu nuo optimalaus diferento, laivai gali naudoti daugiau kuro nei įprastai.

Korpuso pasipriešinimas pasikeičia dėl laivo diferento, kuris yra povandeninės korpuso paviršiaus ploto dalis. Kai diferentas keičiasi, povandeninės korpuso paviršiaus plotas irgi keičiasi. Padidėjus vandens pasipriešinimui, degalų sąnaudos, bei emisijos taip pat padidėja. Šiuo atžvilgiu, siekiant sumažinti degalų sąnaudas ir išmetamąsias dujas, diferentą reikia optimizuoti prieš laivo

reisą ir jo metu, priimant balastą, kraunant laivą, kad būtų sunaudota kuo mažiau variklio galios.

Diferentas yra nustatomas prieš išvykstant, palyginus priekines bei galines laivo grimzles. Taigi, atsižvelgiant į krovinio pasiskirstymą laive, galime surasti tinkamą bei optimalią laivo padėtį. Tačiau, sužinoti tikslų diferentą ir grimzlę laivo reiso metu, dar vadinamu dinaminiu diferentu, reikia papildomų priemonių. Tam reikia realaus laiko duomenų. Dinaminis diferento optimizavimas apima sraigto traukos duomenų rinkimą, stebėjimą ir meteorologinių sąlygų įvertinimą. Šie duomenys analizuojami nuolat, tik tuomet optimali diferento vertė apskaičiuojama ir rodoma realiu laiku. Dabartinė praktika rodo, jog daugeliu atvejų optimaliausias laivo diferentas prieš išvykstatant būtų nulinis, tai paprastai gali būti optimalus laivų diferentas su dideliais pilnumo koeficientais ir laivapriekio bulba. Šie laivai dažniausiai neeksploatuojami dideliu greičiu. Laivuose su mažesniu korpuso pilnumo koeficientu ir didesniu greičiu, diferentavimo poveikis yra reikšmingesnis. Tai reiškia, kad šio tipo laivams optimalus diferentas turi didesnę energijos efektyvumo potencialą. Siekiant užtikrinti saugų diferentavimą, svarbu efektyviai naudoti kompiuterinę pakrovimo programą su optimaliu balastinio vandens kiekiu. Laivų diferento pokytis pasiekiamas laivo pakrovimu ir laivo balastavimu (WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation of Ships).

Kliūtytys diferento optimizavimui

Optimizavimo taikymą gali paveikti šie apribojimai:

- turi būti nustatytas svorio pasiskirstymas laive, kad būtų galima atlikti diferento optimizavimą. Todėl labai svarbu tinkamai palaikyti ryšį tarp laivo ir krovos kompanijų;
- laivo stovumo reikalavimai: ne visuose laivuose yra realaus laiko stovumo įvertinimo sistemos;
- meteorologinės sąlygos. (WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation of Ships).

Dinaminio diferento optimizavimo technologiniai sprendimai.

Dinaminio diferento optimizavimo sistemos pagrindinis tikslas - sumažinti laivo kuro sąnaudas optimizuojant laivo diferentą konkrečiu eksploatacijos metu, esant konkrečioms sąlygoms. Sistema renka informaciją iš tiltelio, mašinų skyriaus ir kitų automatinių sistemų, kuriose instaliuoti diferento optimizavimo sistemos jutikliai. Sukaupia informacija saugoma sistemos informacijos

centre (serveryje), kur ji yra analizuojama ir modeliuojama, kad būtų galima pagerinti ateities rezultatus. Sistemos serveryje esanti informacija priinama ne tik laive, bet ir krante, kad būtų galima stebėti laivo eksploatacijos rodiklius (internetinė prieiga <http://www.eniram.fi/wp-content/uploads/2013/06/News-2013-03-Marine-Link.pdf> žiūrėta: 2019-05-01).

Dinaminio diferento optimizavimo sistemos instaliavimas.

Sistemos elementai:

- sistemos pagrindinis valdymo skydas į kurį bendrai sujungti visi davikliai;
- sistemos informacijos serveris, kuriame saugoma informacija (informacija priinama tiek laive tiek krante);
- sistemos ekranas, kuriame laivo įgula mato koks yra diferentas ir kaip jis įtakoja kuro sąnaudas ir kaip jį pakeisti, kad jis taptų optimalus;
- tikslūs sistemos davikliai įmontuoti įvairiose laivo sistemose;

Sistemos davikliai laivo sistemose ir gaunama informacija:

- globalinio pozicionavimo sistemoje, gaunama informacija: kursas grunto atžvilgiu greitis grunto atžvilgiu, laivo pozicija;
- girokompase: laivo kursas;
- vėjarodyje: vėjo greitis ir kryptis;
- echolote: gylis esamoje vietovėje;
- tachometre: variklio apsukos;
- telegrafe: sraigto menčių atakos kampas;
- kuro tėkmės matuoklyje: matuojamos momentinės kuro sąnaudos.

Dinaminio diferento optimizavimo sistemos veikimo principas

Sistemos veikimo principas pagrįstas savaiminio mokymosi procesu (angl. “machine self learning”).

Optimizavimo sistema apdoroja duomenis surinktus iš visų instaliuotų daviklių per visą jos veikimo laikotarpį. Ši sistema atseka sąsajas tarp besikeičiančių sąlygų ir kuro sąnaudų. Taip pat naudoja matematinius modelius, kad būtų galima išanalizuoti duomenis. Ji nuolat teikia informaciją, matomą ekrane, apie laivo kuro naudojimo efektyvumą ir rekomendacijas kaip padidinti efektyvumą. Įgulai belieka veikti pagal rekomendacijas, jei tai nepaveikia laivo saugumo reikalavimų (Internetinė prieiga: (<https://greensteam.com/> žiūrėta 2019-05-01).



14 pav. Laivo veiklos efektyvumo parodymai optimizavimo sistemos ekrane
 Šaltinis: internetinė prieiga: (<https://greensteam.com/> žiūrėta 2019-05-01).

Sistemos ekrane 15 pav. rodomas laivo veiklos efektyvumas procentais. Sistemoje numatytas lengvai suprantamas rekomendacijų pateikimo būdas, pvz., 16 pav. Rodomas sistemos rekomendacijos, kad būtų pasiektas 100 % efektyvumas, taip pat rodomas esamas diferentas.



15. pav. Diferento optimizavimo sistemos rekomendacijos sistemos ekrane
 Šaltinis: internetinė prieiga: (<https://greensteam.com/> žiūrėta 2019-05-01).

Remiantis kompanijos „ENIRAM“ atliktu tyrimu diferentavimas turi svarios naudos įgalinančios efektyvesnį propulsinės energijos valdymą, tipinės kuro sąnaudos sumažinamos nuo 2 iki 5 %. Norėdama (internetinė prieiga <http://www.eniram.fi/wp-content/uploads/2013/06/News-2013-03-Marine-Link.pdf> žiūrėta: 2019-05-01).

2.5 Optimalaus greičio parinkimas

Greičio optimizavimas

Greičio optimizavimas gali sumažinti daug išlaidų. Tačiau optimalus greitis suvaratoja mažiausiai tonų į mylią. Tai nereiškia jog minimaliu greičiu, suvartosime mažiau nei optimaliu greičiu. Turi būti nurodoma variklio gamintojo informacija, galios vartojimo kreivė ir laivo sraigto kreivė. Galimos neigiamos pasekmės, lėtas greitis gali duoti laivui padidintą vibraciją bei suodžių susidarymą degimo kameroje ir išmetimo sistemoje. Greičio optimizavimo proceso metu gali prireikti tinkamai atsižvelgti į atvykimo laiką. Taip pat gali reikėti atsižvelgti į konkrečiame prekybos maršrute dalyvaujančių laivų skaičių, svarstant greičio optimizavimą. Paliekant uostą, palaiptiui didinant greitį, išlaikant variklio apkrovą, tam tikrose ribose, gali padėti sumažinti degalų sąnaudas.

Greičio optimizavimas leidžia žymiai daugiau sumažinti kuro sąnaudas. Greičio optimizavimas, tai nebūtinai minimalus greitis, kadangi plaukiant mažesniu nei optimalus greitis sąnaudos gali padidėti. Laivas turi specifinį eksploatacinį greitį, kuris priklauso nuo laivo tipo ir pagrindinių variklių.

Laivo greitis įprastai yra suskirstytas į tris kategorijas:

- ekonomišką;
- eksploatacinį (apie 70 % pagrindinio variklio galios);
- maksimalus greitis (100 % pagrindinio variklio galios).

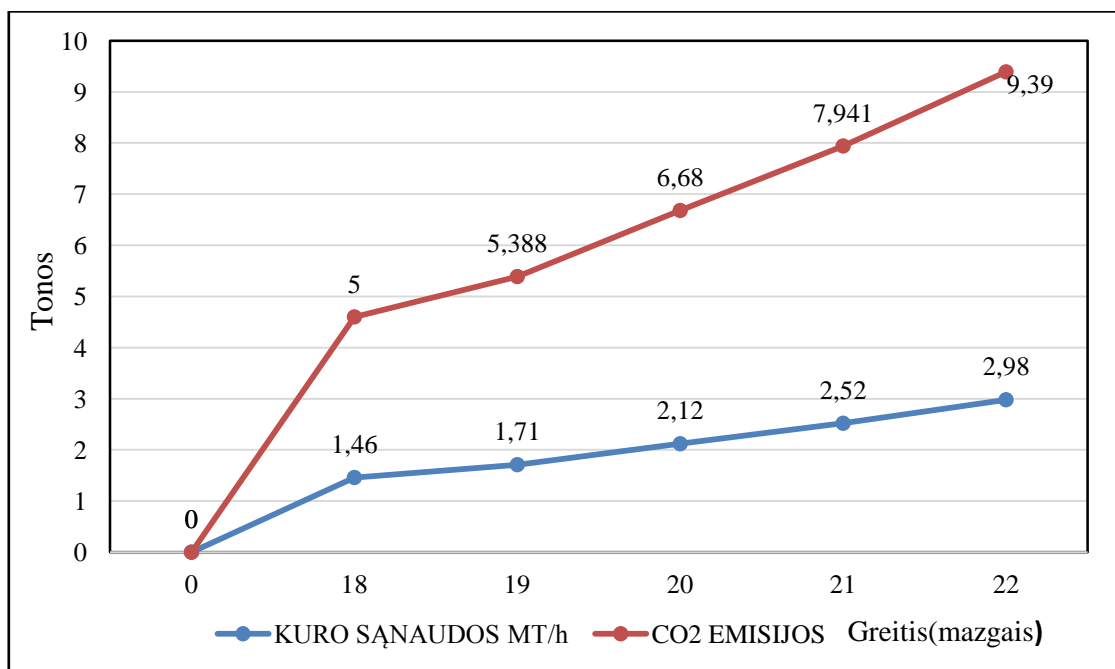
Greičio ir galios priklausomybė yra kubinė, ne linijinė. Didinant laivo greitį 1 mazgu nuo 14 mazgų reikia daugiau galios nei padidinti laivo greitį nuo 1 mazgo iki 10 mazgų.

Sumažinant laivo suplanuotą greitį energijos efektyvumas padidės, tačiau jei dėl sumažinto greičio, vieno laivo nebepakaks aptarnauti tam tikrą krovinių liniją ir bus reikalingas papildomas laivas, tai bendras laivyno efektyvumas gali žymiai sumažėti.

Galima įvertinti fizinį ryšį tarp reikalingos varomosios galios ir greičio, lygtis:

$$P = a * v^3$$

Formulėje „P“ galia, „a“ yra laivo specifinė konstanta ir „v“ laivo greitis. Galime matyti 16 paveiksle, tam tikro laivo greičio ir galios priklausomybę (Study on tests and trials of the energy efficiency design index as developed by the IMO, 2011).



16. pav. Kuro sąnaudų, CO₂ emisijų ir greičio priklausomybė

Šaltinis: Laivo “Gardenia Seaways” Performance Manual for FSG NB 772 Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG - Batteriestraße 52, D-24939 Flensburg.

Remiantis paveikslu, galima teigti, kad varomąją galią padidinus 52.8 %, greitis padidėja 22.2%. Tai įrodo, kad greitis turi didelę įtaką energijos efektyvumui ir CO₂ emisijoms, todėl laivų operatoriams būtina kiek įmanoma plaukti ekonomiškiausiu greičiu. Rinkoje yra pakankamai techninių priemonių, turinčių potencialą padidinti esamą energijos vartojimo efektyvumą laivuose. Iš tyrimo rezultatų daroma išvada, kad svarbu ne tik sutelkti dėmesį į didelius energijos vartotojus kaip pvz., pagrindinį variklį, bet nepamiršti energijos reikalingos aptarnauti gyvenamąsias patalpas.

Operacinėje srityje taip pat yra daug priemonių, kurias įgyvendina laivybos bendrovės. Sumažintas laivo greitis turi didelį poveikį energijos sąnaudoms. Todėl net nežymus laivo greičio sumažinimas gali žymiai sumažinti sąnaudas. Svarbu, kad visi suinteresuotieji, kompanijos vadovybė ir įgula būtų motyvuoti, tinkamai apmokyti ir įtraukti į energijos taupymo procesą, kad būtų pasiekti geriausi rezultatai. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas yra nuolatinis darbas daugeliui laivybos bendrovių, kuriose bendradarbiauja daugybė techninių, veiklos ir kitų priemonių, kad būtų gautas galutinis rezultatas.

Skyriaus apibendrinimas

Dėl PEVEI ir LEEVP taisyklių įgyvendinimo iki 2050 m. numatoma reikšmingai sumažinti iš laivų išmetamo CO₂ kiekį. LEEVP taisyklės ir gairės bus realizuojamas trumpajame ir vidutiniame laikotarpyje, tai yra greičiau nei PEVEI. Projektinio energijos efektyvumo indekso

poveikis bus juntamas, kai seni neefektyvūs laivai bus pakeisti naujais efektyvesniais. Privalomas projektinio energijos efektyvumo indekso taikymas paskatins efektyvesnių laivų projektavimą ir eksploatavimą. Išmetamo CO₂ kiekio mažinimo potencialas, bus išnaudojamas diegiant technines inovacijas ir naudojant mažesnį anglies kiekį turintį kurą. Tyrimai rodo, kad dabartiniai reikalavimai minimaliam PEVEI 0 ir 1 fazėse bus įvykdyti pasitelkiant technologijas, o 2 ir 3 fazėse mažinant projektinį laivų greitį.

Su laivo energijos efektyvumo valdymo planu susijusių energijos vartojimo efektyvumo priemonių įgyvendinimas įprastai yra finansiškai naudingas, nepaisant to tikėtina, kad šių priemonių įgyvendinimas turės būti skatinamas.

Skyriuje apžvelgiamos esamos technologijos, kurios galėtų arba jau yra, žymiai pagerinusios energijos efektyvumą. Be to, energijos vartojimo efektyvumo technologijų įsisavinimo kliūtys yra analizuojamos, siekiant palengvinti įsisavinimą. Vėjo energetika reikalauja daugiausiai investicijų, bet tuo pačiu teikia daugiausiai naudos, leidžia energijos vartojimo efektyvumo padidinti 13–20% (TJO 2009, Crist 2009).

Remiantis tuo, kas minėta šiame skyriuje, galima teigti: diferentas daro įtaką degalų sąnaudoms, kintant diferentui, kinta laivo hidrodinaminės savybės, bei korpuso pasipriešinimas. Optimalus diferentas yra laivo greičio ir grimzlės funkcija (santykis). Siekiant gauti optimalų diferentą, reikia tinkamai atsižvelgti į krovinio išdėstymą, taip pat balastinis vanduo ir laivo kuras gali būti naudojami laivo diferentavimui.

III. RO-RO LAIVO ENERGETINIO EFEKTYVUMO ANALIZĖ IR TYRIMAI

„Ro-Ro“ tipo laivai „tūrio pervėžėjai“ (angl. volume carriers) daugiausia statomi sunkvežimiams ir priekaboms gabenti. Ro-Ro laivų krovinių pajėgumai matuojami linijiniais metrais (1 linijinis metras yra lygus 1 m ilgio 2.5 m pločio denio juostai).

Tipiškas šių laivų kroviny apima, pvz., sunkvežimius, konteinerinius priekabas, lengvasias transporto priemones ir t.t. Linijinis metražas yra vienetas pagal kurį matuojamas pervežtas kroviny, todėl krovinio pervežimo kaina skaičiuojama pagal užimamą linijinį metražą.

Pagrindinis ro-ro laivo greitis yra nustatomas pagal plaukiojimo grafiką, pagal kurį laivas suprojektuotas (Interim guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships MEPC.1/Circ.681 17 August 2009).

3.1. Energetinio efektyvumo operacinių rodiklių gerinimo tyrimai

3.1.1. Tyrimai, rezultatai ir jų aptarimas

Eksperimentas - tai empiriniai tyrimai, padedantys planingai valdant (keičiant, koreguojant) proceso ar reiškinio sąlygas, patikrinti priežastinių reiškinų ryšių hipotezes. Pagrindinis eksperimentinio tyrimo bruožas yra, kad tyrėjas apgalvotai kontroliuoja ir manipuliuoja sąlygomis, kurios lemia dominančius įvykius. Paprasčiau tariant, eksperimentas nustato daromus pokyčius vienam kintamajam, dar kitaip vadinamam nepriklausomu kintamuoju, ir įvertina to pokyčio rezultata kitame kintamajame, vadinamame priklausomu kintamuoju. Šiuo atveju nepriklausomas kintamasis yra tam tikros rūšies stimulus (argumentas, priežastis), o priklausomas kintamasis - atsakymas į šį stimulą (pasekmė arba funkcija). Tačiau yra ir daugiau eksperimento apibūdinimų. Tai priklauso nuo to, kaip žiūrėsime į eksperimentą. Pavyzdžiui, turint galvoje, jog ir eksperimente išlieka mokslinis stebėjimas (tarkim, registruojant įvairius parametrus prieš eksperimentą, per jį ir po jo), neretai jis dar apibūdinamas kaip kontroliuojamo stebėjimo forma. Eksperimento sąvokos apibūdinimų įvairovė gali rodyti, jog apskritai visi moksliniai tyrimai yra eksperimentiniai (K. Kardelis. Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai. 2-asis pataisytas ir papildytas leidimas. Kaunas, 2002).

Laive „Gardenia Seaways“ buvo atliekami eksperimentai vykdant operacijų optimizavimą, darančių žymę įtaką kuro suvartojimui ro-ro tipo laivuose. 2 lentelėje pateikiamos laivo „Gardenia Seaways“ techninės charakteristikos, apimant ir naudojamo kuro ypatybes.

2. lentelė. Pagrindinės laivo „Gardenia Seaways“ techninės charakteristikos

Laivo pavadinimas	Gardenia Seaways
Laivo statykla	Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG
Laivo tipas	Ro-Ro
Pastatymo metai	2017.07
Tonažas	
Tuščio laivo masė	15601 t
Pilnutinė talpa	32336 bruto tonų
Dedveitas	11160 t
Neto tonažas	9645 neto t
Talpa linijiniais metrais	4080,73 linijinių metrų
Matmenys	
Maksimalus ilgis	209,6 m
Ilgis tarp statmenų	199,8 m
Plotis	26,00 m
Maksimali grimzlė	6,818 m
Pagrindiniai mechanizmai	
Pagrindiniai varikliai dyzeliai Man 8148/60	Galia 2 x 9600 kW
Pagalbiniai varikliai STX 5L21/31	Galia 2 x 1000 kW
Sraigčiai	2 x 4 menčių, diametras 5000 mm
Laivo energetinis efektyvumas	
Reikalaujamas PEVEI (EEDI)	12.5 g CO ₂ /t-nm
Pasiektas PEVEI (EEDI)	12.1 g CO ₂ /t-nm
Eksploatacinis greitis	
Greitis	20.83 mazgų
Naudojamas kuras	
LFO ISO8217 RMA-RMD	CO ₂ konversijos faktorius 3.151 (t CO ₂ /t kuro)

Šaltinis: „Gardenia Seaways“ ship particulars, DFDS 2019.

3 lentelėje pateikiamos specifinės kuro sąnaudos plaukiant tam tikru greičiu kaip nurodė laivo statytojas, variklių techniniame pase. Taip pat lentelėje apskaičiuotos CO₂ emisijos naudojant “LFO ISO8217 RMA-RMD” kurą.

3. lentelė. Vidutinės laivo kuro sąnaudos

Greitis (mazgais)	Pagrindinių variklių kuro sąnaudos (t/h)	CO ₂ emisijos t/h = kuro sąnaudos t/h X CO ₂ konversijos faktorius
18	1.46	4.600
19	1.71	5.388
20	2.12	6.680
21	2.52	7.941
22	2.98	9.390

Šaltinis: Galutinis propulsijos testas/bandymas. *Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG, 2017.*

1 Eksperimentas ”Greičio optimizavimas”. Tyrimas buvo atliekamas maršrutu Immingham – Rotterdam- Immingham. Kaip žinoma maršrutas susidaro iš keletos dalių: manevrinio

rėžimo (pagrindiniai varikliai manevriniame rėžime), kuris tęsiasi nuo locmano stoties iki krantinės ir atvirkščiai, jūrinis (pagrindiniai varikliai jūriniame rėžime) nuo locmano stoties iki locmano stoties. Vienas reisas t.y. 12 valandų perėjimas (bendrai jūriniame ir manevriniame rėžimuose) ir 12 valandų stovėjimas uoste.

Tyrimo tikslas įvertinti galimą kuro sąnaudų sumažėjimą, sumažinant laivo greitį jūriniame rėžime (prailginant laivo laiką jūroje), bet padidinant greitį manevriniame rėžime ir taip atvysktant į uostą pagal nustatytą grafiką, bendras viso maršruto vidutinis greitis sumažėja. Įprastai nuplaukti atstumą nuo locmano stoties iki krantinės (manevriniame rėžime) skiriamos 2 valandos, greitis manevriniame rėžime būna mažesnis nei vidutinis greitis viso maršruto metu. Tyrimui buvo pasitelkta „NavInsight“ programa, kurioje po kiekvieno reiso suvedami maršruto duomenys:

- išvykimo laikas;
- jūrinio rėžimo pradžia;
- manevrinio rėžimo pradžia;
- atvykimo laikas;
- nuplauktas atstumas;
- meteorologinės ir hidrometeorologinės sąlygos reiso metu;
- kuro sąnaudos;
- krovinio masė;
- grimzlė;
- balastas.

Kiekvieną savaitę programa sudaro ataskaitą, kurios informaciją galime sulyginti su ankstesnėmis savaitinėmis ataskaitomis, ar kito laivo ataskaitomis ir padaryti išvadas.

Taigi atliekant tyrimą pirmąją savaitę reisas buvo vykdomas įprastai skiriant 2 valandas nuplaukti nuo locmano stoties iki krantinės. Antrąją savaitę reiso metu nuplaukti atstumą nuo locmano stoties iki krantinės buvo skirta 1 val. 45 min.

Pastaba: savaitės eigoje galimi nežymūs nukrypimai nuo reiso grafikų, kas taip pat turi įtakos vidutiniam greičiui. 4 lentelėje pateikiami 1eksperimento duomenys.

4 lentelė. Greičio optimizavimo įtaka laivo “Gardenia Seaways” kuro sąnaudoms

		Pirmoji savaitė	Antroji savaitė	Kuro sąnaudų sumažėjimas per savaitę ir per reisą t ir %	CO ₂ emisijų sumažėjimas per savaitę ir per reisą t ir %
1.	Data	2018.11. 26 -12.02	2018.12.03-09		
2.	Vidutinis greitis žemės atžvilgiu	18.8 mazgo	18.0		
3.	Vidutinis vėjo stiprumas reisų metu ≥ 5 balai pagal Beufortą	86.5 %	85.1 %		
4.	Diferento vidurkis, m	0.2	0.1		
5.	Vidutinė grimzlė, m	6.30	6.25		
6.	Reisų skaičius	6	6	14.4 t / 2.4	45.4 t / 7.6 t
7.	Vieno perėjimo trukmė	12 h	12 h	12 %/12 %	12 %/12 %
8.	Vieno perėjimodistancija, jūrmylėmis	201	201		
9.	Nuplaukta jūrmylių	1206	1206		
10.	Pagrindinių variklių kuro sąnaudos 1 t/h	1.66	1,46		
11.	Pagrindinių variklių kuro sąnaudos per savaitę t/ per reisą	119.52 / 19.92	105.12 / 17,52		
12.	CO ₂ emisijos, t per savaitę / per reisą	376,6/ 62,8	331,2 / 55,2		

Atsižvelgiant, kad meteorologinės sąlygos, vidutinė grimzlė ir vidutinis diferentas abi savaites žymiai nesiskyrė, atlikus tyrimą galima teigti, kad optimizavus reiso vykdymą ir parenkant optimalų greitį galima sumažinti CO₂ emisijas 12 % per parą.

2 Eksperimentas “Diferento įtaka laivo kuro sąnaudoms”. Eksperimentas buvo atliekamas plaukiant laivu “Gardenia Seaways” iš Immingham uosto į Rotterdam uostą. Eigoje buvo naudojami abu pagrindiniai varikliai pastovių 500 rpm režime. Eksperimento metu buvo keičiami sraigto žingsniai, kad išlaikyti pastovų 19 mazgų greitį, priklausomai nuo žingsnio, kito pagrindinių variklių apkrova ir kuro sąnaudos. Diferento įtaka buvo vertinama tik jūriniame režime t.y. 8 valandų periode.

Norint sumažinti diferentą buvo priimamas užbortinis jūros vanduo į balastinius tankus, kadangi perpumpuoti balastinį vandenį iš laivagalinių į laivapriekinius tankus nebuvo galima dėl sraigtų panirimo apribojimų.

Balasto priėmimui į tankus buvo naudojami du balastiniai siurbliai, bendras siurblių našumas 600 m³/h. Atliekant eksperimentą nebuvo atliekami jokie kiti procesai turintys įtakos kuro sąnaudoms ar laivo greičiui, laivas plaukė pastoviu kursu.

Remiantis laivo technine dokumentacija buvo apskaičiuotas teorinis korpuso povandeninės dalies pasipriešinimas. Esant pradinėmis grimzlėmis korpuso povandeninės dalies pasipriešinimas yra 2220,58 kN, tačiau sumažinus diferentą į laivagalį, apskaičiuota, kad pasipriešinimas

Ilgus 1819,31 kN.

Galima teigti, kad Ro-Ro laivo „Gardenia Seaways“ korpuso povandeninė dalis yra į laivagalį plėtėjanti. Pradinė grimzlė laivagalyje buvo 5,89 m, kur apskaičiuotas vandens pasipriešinimas yra 1437,81 kN, balasto pagalba pakeitus diferentą laivagalio grimzlė 5,75 m, kur vandens pasipriešinimas yra 1427,47 kN, dėl mažesnio diferento korpuso pasipriešinimas sumažėjo, todėl galios poreikis ir kuro sąnaudos sumažėjo atitinkamai.

Korpuso pasipriešinimo ir reikalingos galios pokyčių teoriniai rezultatai

Pagrindinių variklių naudojama galia esant pradinėms grimzlėms: 8843 kW sąnaudos 1,71 t/h CO₂ emisijos 5.4 mt/h. Pagrindinių variklių naudojama galia esant galutinėms grimzlėms: 8043 kW sąnaudos 1,585 t/h CO₂ emisijos 4.99 mt/h. 5 lentelėje pateikiami 2 eksperimento duomenys ir rezultatai.

5 lentelė. Diferento įtaka laivo „Gardenia Seaways“ pagrindinių variklių kuro sąnaudoms ir CO₂ emisijoms

Duomenys	Pradiniai	Pakeitus diferentą	Pagrindinių variklių sąnaudų skirtumas	CO ₂ emisijų sumažėjimas per valandą	CO ₂ emisijų / kuro sąnaudų sumažėjimas per reisą %
Grimzlė laivapriekyje	4.87 m	5.31 m	- 0.125 t/h	- 0.39 t/h	7,3 % / 7,3 %
Grimzlė laivagalyje	5.89 m	5.75 m			
Paskaičiuotas korpuso povandeninės dalies pasipriešinimas	2220,58 kN	1819,31 kN			
Diferentas	1.01 m	0.44 m			
Greitis mazgais grunto atžvilgiu	19.0 mazgų	19.0 mazgų			
Greitis mazgais vandens atžvilgiu	19.5 mazgo	19.5 mazgo			
Hidrometeorologinės ir meteorologinės sąlygos	Vėjas NNE 8 m/s Banga NE 0,5 m	Vėjas NNE 8 m/s Banga NE 0,5 m			
Balasto kiekis	2693 mt	3164 mt			
Data 2019.03.3 Laikas:	05:10 UTC	05:48 UTC			
Pagrindinių variklių sąnaudos t/h	1.71 t	1.585 t			
CO ₂ emisijos t/h	5.40 t	4.99 t			

Diferentas daro įtaką laivo hidrodinaminėms ir vandens pasipriešinimo savybėms. Dėl to kiekvienai laivo pakrovimo būsenai yra skirtingas optimalus diferentas, kuris sukuria minimalų pasipriešinimą ir maksimaliai padidina kuro efektyvumą. Atlikus eksperimentą galima teigti, kad sumažinus laivo „Gardenia Seaways“ difrentą 0.57 m kuro sąnaudos sumažėjo 7.3 % CO₂ emisijos 7.3 % per valandą. Tai įrodo, kad diferentas turi įtakos kuro sąnaudoms ir CO₂ emisijoms, kuomet diferentas mažesnis į laivagalį tuo ir sąnaudos mažesnės iki tam tikros ribos. Mažėjant diferentui

mažėja povandeninės korpuso dalies tūris, tai sumažina vandens pasipriešinimą.

Taip pat galima teigti, kad ne visada mažesnis balasto kiekis ir mažesnė vidutinė grimzlė yra proporcingi mažesnėms kuro sąnaudoms.

Taip pat galima teigti, kad nevisada mažesnis balasto kiekis ir mažesnė vidutinė grimzlė reikia mažesnes kuro sąnaudas.

3 eksperimentas „Ventiliacijų naudojimo optimizavimas“ Laive vykdomos įvairios operacijos, kurioms atlikti naudojama energija t.y. naudojamas kuras.

Kad sumažinti energijos sąnaudas būtina optimizuoti operacijų vykdymą nepažeidžiant saugumo reikalavimų. Vienos operacijų yra krovinių denių ventiliavimas.

Pagal reikalavimus kroviniai deniai turi būti vėdinami pagal oro pokyčius per valandą. Vykstant pakrovimui, iškrovimui ir laivui esant eigoje, 6 denio tūrio pokyčiai per valandą (chapter II-2: regulation 20, 3.1 ventilation systems, SOLAS 2014). Dėnių ventiliacijų pajėgumai yra atitinkami: ventiliacijoms veikiant įputimui 20 tūrio pasikeitimų; ventiliacijoms veikiant ištraukimui 10 tūrio pasikeitimų.

Pagal gamintojo rekomendacijas, visos ventiliacijos turi būti naudojamos eigoje "ištraukimui", uoste „Įputimui“, bet tai yra daugiau nei reikalaujama pagal SOLAS konvencijoje, todėl optimizavus ventiliavimo operacijas, naudojams ventiliacijų kiekis užtikrinantis denio tūrio pokyčius. Rezultatai yra pateikiami 6 lentelėje.

6 lentelė. Ventiliacijų kroviniuose deniuose naudojimo optimizavimas

Ventiliacijos kroviniuose deniuose	Pagalbinių variklių Sąnaudos t/val	Kuro sąnaudų sumažėjimas t	CO ₂ emisijų sumažėjimas t
Įjungta (pilnu pajėgumu) 12 ventiliatorių 10 tūrio pasikeitimų	0.120	0.03 t/val	0.095 t/val
Įjungta 8 ventiliatoriai 6 tūrio pasikeitimai	0.090	0.72 t/parai	2.28 t/parai

Atlikus tyrimą pastebėta, kad optimizavus ventiliacijų panaudojimą CO₂ emisijas galima sumažinti 0.095 t per valandą.

Apibendrinimas: į laivo energijos efektyvumo valdymo planą būtina įtraukti procedūrą nurodančią, kaip optimizuoti ventiliacijų panaudojimą.

4 eksperimentas “Balastinių siurblių naudojimo optimizavimas” - krovinių operacijų metu naudojami balastiniai siurbliai, perpumpuoti balastinį vandenį, kad būtų išlaikyti reikalingi, skersinis ir išilginis, posvyriai. Dėl laivo konstrukcijos pobūdžio, iškraunant laivą, būtina perpumpuoti balastinį vandenį iš kairio borto į dešinio borto krienuojančius (sudarančius skersinį posvyrį) tankus. Vidutiniškai kasdien 250 m³. Pakrovus laivą būtina vandens kiekį dešiniame ir

kairiame borte išlyginti iki išvykimo iš uosto. Išlyginti galima naudojant balastinius siurblius arba gravitaciniu būdu (šiuo būdu nenaudojama energija). Lyginant gravitaciniu būdu, būtina suplanuoti ir pradėti balastines operacijas iš anksto, nes šis būdas užima daugiau laiko, bet neikvojama elektros energijos.

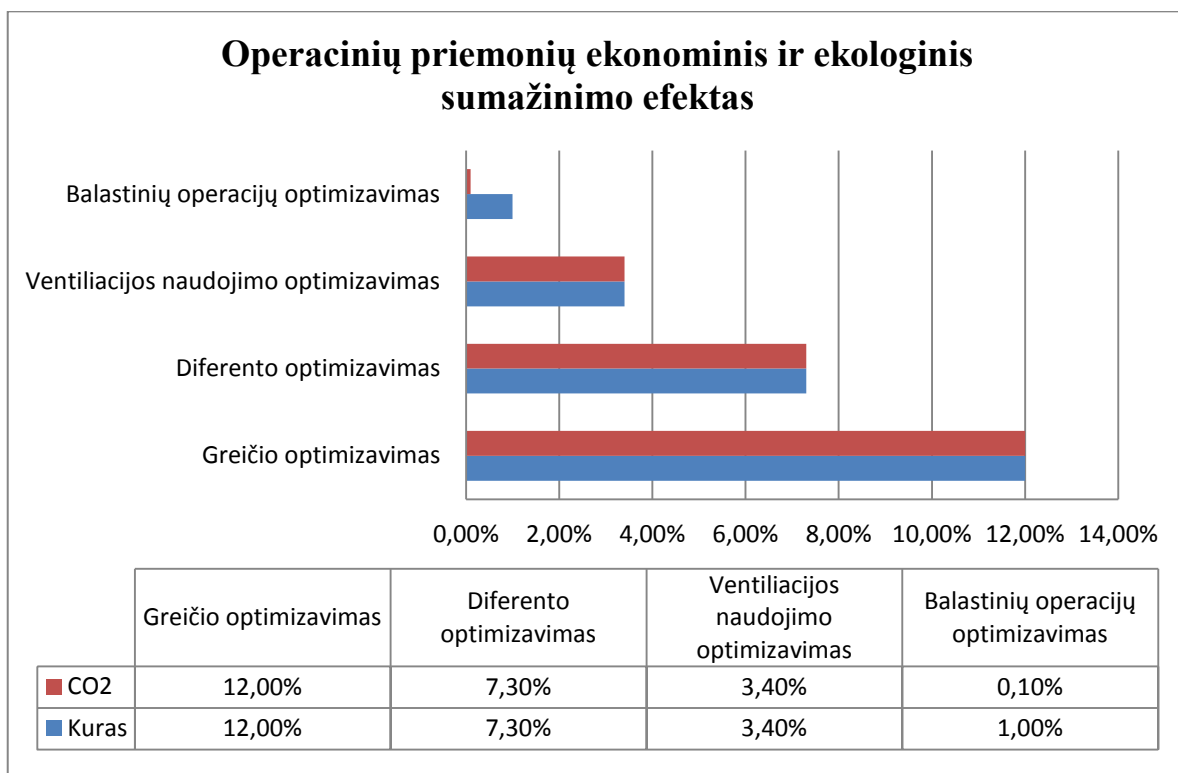
Balastinių siurblių pajėgumai: 1 siurblys: 300 m³/val; 2 siurblys: 300 m³/val. 7 lentelėje pateikiami 4 eksperimento duomenys.

7 lentelė. Balastinių siurblių naudojimo optimizavimas

Balastiniai siurbliai	Pagalbinių variklių Šnaudos t/val	Laikas reikalingas perpompuoti val.	Dyzelino sąnaudos mt/per operaciją	CO ₂ emisijos per operaciją tonomis	CO ₂ emisijų / kuro sąnaudų sumažinimas naudojant gravitacinį būdą per parą
Išjungti	0.075	-	-	-	0.22 t /0.069
Naudojant abu siurblius	0.097	0.83	0.044	0.139	
Naudojant gravitacinį būdą	0	0.415	0.022	0.069	

Atlikus tyrimą nustatyta, kad iš anksto planuojant balastines operacijas galima sumažinti energijos suvartojimą. Pokytis momentiškaai nėra žymiai juntamas, bet tai pagerins bendrus ilgalaikius rezultatus.

17 paveikle pateikiami optimizavimo rezultatai procentais. Rezultatas skaičiuojamas nuo bendrų vidutinių kuro sąnaudų ir CO₂ emisijų per parą netaikant optimizavimo priemonių. (Suma pagrindinių variklių ir pagalbinių variklių sąnaudos per parą 19,92 t + 1,5 t = 21.42 LFO ISO8217 RMA-RMD CO₂ emisijos = 21.42 x 3.151 = 67.5 t) arba per vieną pilną laivo perėjimą iš vieno uosto į kitą, įskaitant laivo iškrovimą ir pakrovimą. Pagrindiniai ir pagalbiniai varikliai naudoja tą patį kurą, uoste ir jūroje. Į bendras kuro sąnaudas neįskaičiuotas katilo sunaudojamas kuras, kadangi katilui naudojamas kitas kuras taip pat katilas nedaro įtakos procesams, kurie buvo optimizuojami.



17. pav Operacinių priemonių ekonominis ir ekologinis sumažinimo efektas.

Matoma 17 pav., taikant operacines energijos efektyvumo priemones, CO₂ emisijos buvo sumažintos be papildomų investicijų.

Šiuo konkrečiu atveju daugiausia ŠESD emisijas sumažino greičio optimizavimas. Remiantis statistika pati efektyviausia priemonė taip pat yra greičio optimizavimas, nes didinat greitį, galios t.y. kuro poreikis didėja kubu.

Rezultatai rodo laivo eksploatacijos optimizavimas sumažino CO₂ emisijas. Žvelgiant į ilgąjį laikotarpį laivybos kompanijos privalo apmokyti ir motyvuoti laivų operatorius, įgyvendinti LEEVP, kad rezultatai būtų nuolat gerinami.

IŠVADOS

1. Į atmosferą išmesti dideli ŠESD kiekiai, keičia jos savybes, o tai daro įtaką visoms ekosistemoms, supančioms mus. Tai pasireiškia blogėjančia gyvenimo kokybe.

Siekiant apriboti atmosferos pokyčius, Tarptautinės organizacijos ragina reguliuoti teršalų emisijas. Jungtinių Tautų priemonės tokios kaip Kioto protokolas, kuris įpareigojo šalis sumažinti ŠESD 5 % iki 2020 metų, taip pat Paryžiaus susitarimo tikslas siekti, kad vidutinės pasaulio temperatūros padidėjimas, palyginti su ikipramoninio laikotarpio lygiu, būtų mažesnis nei 2,° šios strategijos nėra vienintelės. ES atsparios energetikos strategija tai pat įpareigojo šalis nares sumažinti emisijas 8 % iki 2020 metų. Be aukščiau minėtų strategijų Tarptautinė jūrų organizacija, atstovaujanti laivybos bendruomenei, sukūrė savo ŠESD reguliavimo sistemą. Tarptautinė jūrų organizacija įrodė savo susirūpinimą klimato kaita priimdama MARPOL VI priedą. 2013 m. sausio mėn. įsigalioję reglamentai apima laivo eksploatavimo ir projektavimo efektyvumo didinimą.

2. Bendro laivyno energijos valdymo svarba gyvybiškai svarbi, norint sukurti veiksmingą energijos valdymo politiką. Bendrovė turėtų tęsti visų naudojamų įrenginių veiklos stebėseną energiją ir turėti nuoseklią energijos valdymo politiką. Svarbiausios ŠESD sritys išmetamųjų teršalų sumažinimas apima korpusą ir sraigą, bei pagrindinius ir pagalbinius variklius.

Naujų laivų projektinio energijos vartojimo efektyvumo indekso riba yra ekonomiškai efektyvus sprendimas, kurį galima pateikti kaip paskatą gerinti naujų laivų projektavimo efektyvumą. Tačiau jos poveikis aplinkai yra ribotas, nes jis taikomas tik naujiems laivams ir skatina tik dizaino patobulimus.

Laivų energijos efektyvumo valdymo planas yra tinkamas būdas didinti sąmoningumą apie ekonomiškai efektyvias priemones, skirtas sumažinti išmetamųjų teršalų kiekį. Tačiau, šiai priemonei nėra taikomi reikalavimai sumažinti išmetamųjų teršalų kiekį, plano veiksmingumas priklausys nuo to, ar bus prieinamos ekonomiškai efektyvios priemonės

3. Įvertinta, kad taikant žinomas operacines priemones ir praktiką laivyboje galima sumažinti ŠESD emisijas be papildomų investicijų. Atlikus tyrimus: ro-ro tipo laive "Gardenia Seaways" nustatytas energetinio efektyvumo pagerėjimas. Taikant operacines priemones, buvo optimizuoti didžiąją dalį energijos suvartojantys laive vykdomi procesai.

Nustatyta, kad optimizavus balastines operacijas ir krovinių denių ventiliavimą paros kuro sąnaudos ir CO₂ emisijos sumažėjo 4 %, sumažinus vidutinį laivo greitį paros kuro sąnaudos ir CO₂ emisijos sumažėjo 12 %, optimizavus diferentą 7.3 %.

Greičio optimizavimas yra viena iš efektyviausių energijos efektyvumą didinanti priemonė.

LITERATŪRA

1. Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping, Zabi Bazari, Lloyd's register, London, UK Tore longva, DNV, Oslo, Norway 2011.
2. Europos aplinkos agentūra, *Tendencijos ir projekcijos Europoje 2016 m. – Europos klimato ir energetikos tikslai*, 2016 12 1).
3. (Paryžiaus klimato kaitos konferencija 2015 m.)
4. (Europos Komisija, *Sunkiųjų transporto priemonių degalų sąnaudų ir išmetamo CO₂ kiekio mažinimo strategija*, COM(2014) 285 final, 2014 5 21
5. EAA šiltnamio efektą sukeliančios dujos – duomenų vaizduoklė, EAA, 2017; Europos Audito Rūmų analizė.
6. Cames, M., Graichen, J., Siemons, A., & Cook, V. (2015). *Emission reduction targets for international aviation and shipping*. European Parliament.
7. Europos Audito Rūmai, remiantis: Ataskaita apie šiltnamio efektą sukeliančias dujas – perskaičiavimo koeficientai 2016 m., Verslo, energetikos ir pramonės strategijos departamentas, Jungtinė Karalystė, 2016 m
8. (Estimated CO₂ emission reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships, 2011).
9. (Greenhouse gas emissions from Global shipping, 2013–2015, Naya Olmer, Bryan Comer, Biswajoy Roy, Xiaoli Mao, and Dan Rutherford).
10. JT BKKK Šalių konferencijos sprendimas 1/CP.16 („Kankūno susitarimai“).
11. Hochkirch und Bertram, DNV GL 2015, study on energy efficiency technologies for ships
clima.b3/etu/2014/0023r
12. K. Kardelis. Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai. 2-asis pataisytas ir papildytas leidimas. Kaunas, 2002
13. Interim guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships
MEPC.1/Circ.681 17 August 2009.
14. Remiantis Tarpvvyriausybės klimato kaitos komisijos (IPCC) ketvirtąją vertinimo ataskaita.
15. Direktyva 2003/87/EB ir Sprendimas 406/2009/EB
16. MARPOL konvencijos VI priedas susijęs su oro tarša iš laivų.
17. 59-ojo MEPC susitikimo ataskaitos 4.92 punktas.
18. Training course on Energy Efficient WMU-IMO, 2013
19. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų

- komitetui ir regionų komitetui, Briuselis, 2013 06 28 COM(2013) 479 final).
20. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO London, January 2016.
 21. WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation of Ships.
 22. (TJO rezoliucija MEPC.203(62) 2011 m. liepos 15 d.)
 23. Estimated CO₂ emissions reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships. Zabi Bazari, Lloyd's Register, London, UK 31 October 2011.
 24. Statistical analysis of the energy efficiency performance (EEDI) of new ships, Transport & Environment Faig Abbasov September 2017.
 25. Stonkus, V (2006) *Laivo teorija*. Klaipėda: KU leidykla.
 26. 2013 Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies for calculation and verification of the attained EEDI, as set out in the annex (MEPC 65/22, paragraph 4.134.6), IMO.
 27. („Ship energy efficiency management plan“ *MARSIG mbH 2012*)
 28. Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization Albert Embankment, London SE1 7SR
 29. Ship Stability for Masters and Mates. Sixth edition – Consolidated 2006. Revised by Dr C.B. Barrass M.Sc C.Eng FRINA CNI. By Captain D.R. Derrett.
 30. Internetinė prieiga: (<https://greensteam.com/> žiūrėta 2019-05-01)
 31. Internetinė prieiga <http://www.eniram.fi/wp-content/uploads/2013/06/News-2013-03-Marine-Link.pdf> žiūrėta: 2019-05-01).
 32. Internetinė prieiga: ([http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU\(2015\)569964_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU(2015)569964_EN.pdf)) žiūrėta 2019-01-20.
 33. Internetinė prieiga:
 34. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R0757&from=LT>
 35. Europos parlamento ir tarybos reglamentas (ES) 2015/757. *Dėl jūrų transporto išmetamo anglies dioksido kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo.*[žiūrėta 2019-02-24].
 36. Internetinė prieiga: ([http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU\(2015\)569964_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU(2015)569964_EN.pdf) žiūrėta 2019-05-04).

PRIEDAI

1 Priedas. PEVEI formulės parametrai

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*) + \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nP_{TI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

Parametras	Apibūdinimas	Šaltinis
CF(ME)(AE)	Koeficientas konvertavimui tarp sunaudoto kuro ir CO ₂ indeksas ME ir AE pagrindiniam varikliui ir pagalbiniam.	MEPC 245(66) “2014 Guidelines on the calculation of the Attained EEDI for new ships”
V_{ref}	Laivo greitis jūrmylėmis per valandą	Projekavimo stadijoje- greičio-galios kreivės nustatytos testuojant laivo modelį. Galutinėje stadijoje- laivo jūriniai bandymai
Dedveitas (angl. Capacity)	Skaičiuojama kaip kaip nurodyta dokumente “ 2.3 ir 2.4 MEPC 245(66) 2014 Guidelines on the calculation of the Attained EEDI for new ships”	Laivo stovumo dokumentai
P_{ME}	Pagrindinio variklio 75 % apkrovos galia (kW)	NOx techninis dokumentas
P_{AE}	Pagalbinio variklio galia	MEPC 245(66) “2014 Guidelines on the calculation of the Attained EEDI for new ships”
P_{PTI}	Veleno elektros generatoriaus 75 % apkrovos galia (kW)	
P_{eff}	Modernių mechaniškai efektyviai energiją naudojančių technologijų, skirtų pagrindiniams varikliams su 75 % apkrova, našumas (kW)	-----
P_{AEeff}	Pagalbinės galios sumažėjimas dėl modernių elektros energijos efektyvumo technologijų.	-----
SFC	Sertifikuotos specifinės kuro sąnaudos (g/kWh)	NOx techninis dokumentas

Šaltinis: (2013 Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies for calculation and verification of the attained EEDI, as set out in the annex (MEPC 65/22, paragraph 4.134.6)

2 Priedas. PEVEI gerinimo technologijų sąrašas

Pagrindinės kategorijos	Technologija, priemonė	Paskaičiuotas efektyvumas	Efektyvumas vidutinėmis aplinkybėmis	Lengvas įdiegimas	Įgyvendinimas	Nuorodos
Technologijos leidžiančios sumažinti rekalingą pagrindinių variklių galią.						
Pagrindiniai varikliai	Išmetamųjų dujų šilumos panaudojimas	6-10%	8%	Naujai pastatytas	Standartinis	(TJO 2011, TJO 2009, Crist 2009, WÄRTSILÄ 2007, ICCT 2011)
Pagrindiniai varikliai	Elektroninis įpurškimas, kintančios geometrijos turbokompresorius ir kt.	0.1- 0.5%	0.3%	Visi laivų tipai	Standartinis	(IMO 2009, Pakarinen 2007, ICCT 2011, Crist 2009)
Pagrindiniai varikliai	Pagrindinių variklių de-reitingas	2-4%	3%	Visi laivai išskyrus keltus ir kruizus	Standartinis	(TJO 2011, TJO 2009, Crist 2009, Wettstein und Brown 2008, DNV
Korpusas	Korpuso danga	1-9%	5%	Visi laivų tipai	Standartinis	(TJO 2011, TJO 2009, ICCT 2011, Voorham 2013, Crist 2009)
Korpusas	Laivapriekio optimizavimas	2.5-20%	10%	Visi laivų tipai	Standartinis	(TJO 2009, TJO 2011, Crist 2009, Hochkirch ir Bertramas)
Korpusas	Korpuso tepimas oru	5-15%	9%	Naujai pastatytas	Eksperimentinis	(TJO 2011, TJO 2009, Crist 2009, DK Group 2015, CNSS 2015, ICCT 2011)
Technologijos leidžiančios sumažinti rekalingą pagalbinių variklių galią						
Propeleriai ir vairai	Vairo plunksnos optimizavimas	2-4%	3%	Visi laivai išskyrus keltus ir kruizus	Standartinis	(TJO 2009, Schulze 2007, Nakashima 2015, Becker Marine System 2015, Nielsen, et al. nėra datos, Hollenbach und Friesch not dated, Rolls-Royce 2014)
Pagalbiniai varikliai	Kuro padavimo valdymo sistemos	1-4%	2%	Visi laivų tipai	Standartinis	(DNV GL 2016) (1034HAR-5)
Pagalbiniai varikliai	Efektyvios apšvietimo sistemos	2-4%	3%	Visi laivų tipai	Standartinis	DNV GL 2016) (1034HAR-5)
Pagalbiniai varikliai	Dažnių konvertoriai	10-30%	20 %	Visi laivų tipai	Standartinis	DNV GL 2016) (1034HAR-5)
Technologijos leidžiančios sumažinti rekalingą propulsinę galią.						

Alternatyvios energijos šaltiniai	Vėjo energija Kaitai, burės	5-44%	20%	Ypatingi laivų tipai	Eksperimentinis	(TJO 2011, TJO 2009, Crist 2009, ICCT 2011, Brannigan, et al. 2009, Allenström 2013)
Alternatyvios energijos šaltiniai	Saulės kolektoriai	1-3%	2%	Visi laivų tipai	Eksperimentinis	EE APPRAISAL TOOL FOR IMO (Version 1.0: advanced mode)

Šaltiniai: ICCT 2011 m.). („Hochkirch und Bertram“ nėra data, DNV GL 2015, study on energy efficiency technologies for ships clima.b3/etu/2014/0023r).

3 Priedas. Korpuso povandeninės dalies pasipriešinimo skaičiavimas

Laivo „Gardenia Seaways“ duomenys

Laivo tipas – Ro-Ro

Laivo ilgis tarp statmenų $L_{\perp\perp} = 197,74\text{m}$

Laivo plotis $B = 26,00\text{m}$

Laivo pradinės grimzlės (dif. = -1,02m):

$T_f = 4,87\text{m}$

$T_a = 5,89\text{m}$

Laivo galutinės grimzlės (dif. = -0,44m) :

$T_f = 5,31\text{m}$

$T_a = 5,75\text{m}$

Laivo greitis - $v_s = 19,0$ mazgais

Vandentalpos pilnumo koeficientai:

$\delta_{1f} = 0,647$

$\delta_{1a} = 0,538$

$\delta_{2f} = 0,613$

$\delta_{2a} = 0,565$

Midelio španto pilnumo koeficientai:

$\beta_1 = 0,970$

$\beta_2 = 0,972$

Išilginio pilnumo koeficientai:

$\varphi_{1f} = 0,667$

$\varphi_{1a} = 0,555$

$\varphi_{2f} = 0,631$

$\varphi_{2a} = 0,581$

Vandens tankis $\rho = 1,025\text{t}/\text{m}^3$

Laivo greitis $9,77\text{m}/\text{s}$

Vandens kinematinio klampumo koeficientas – $\nu = 135383 * 10^{-6}\text{m}/\text{s}^2$

$C_{A1} = 0,372 * 10^{-3}$ (Laivo korpuso šiurkštumo koeficientas)

$C_{A2} = 0,370 * 10^{-3}$ (Laivo korpuso šiurkštumo koeficientas)

$C_{AP} = 0,190 * 10^{-3}$ (Išsikišusių dalių pasipriešinimo koeficientas).

2 Laivo „Gardenia Seaways“ korpuso pasipriešinimo skaičiavimas

Korpuso pasipriešinimas:

$$R = (C_{FO} + C_R + C_A + C_{AP}) \frac{\rho v^2}{2} \Omega \quad (1)$$

R – visas pasipriešinimas, kN ;
 C_{FO} – techniškai lygios plokštės trinties pasipriešinimo koeficientas;
 C_R – likusio pasipriešinimo koeficientas;
 C_A – koeficientas, įvertinantis laivo korpuso paviršiaus šiurkštumą;
 C_{AP} – išsikišusių dalių pasipriešinimo koeficientas;
 ρ – vandens masės tankis, t/m^3 ;
 v – laivo greitis, m/s ;
 Ω – korpuso povandeninės dalies paviršiaus plotas, m^2 .

Techniškai lygios plokštės trinties pasipriešinimo koeficientas skaičiuojamas pagal Prandtlio ir Šlichtingo formulę:

$$C_{FO} = \frac{0,455}{(\lg Re)^{2,58}} \quad (2)$$

Re – Reinoldso skaičius:

$$Re = \frac{vL}{\nu};$$

(3)

L – laivo ilgis, m ;

ν – užbortinio vandens kinematinio klampumo koeficientas m^2/s .

$$\nu = 1,354 \times 10^{-6} m^2/s$$

Pradines grimzlės:

$$T1f = 4,87m$$

$$T1a = 5,89m$$

Apskaičiuojame Re ir C_{FO} :

$$Re = \frac{9,78 \cdot 209,60}{0,000001354} = 1,53 \cdot 10^9 \quad (3)$$

$$C_{FO} = \frac{0,455}{(\lg 1,153 \cdot 10^9)^{2,58}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Korpuso povandeninės dalies paviršiaus plotas Ω (kadangi nagrinėjamas laivas priskiriamas, turinčių didelį vandentalpos pilnumo koeficientą) apskaičiuojamas pagal *Semekos* formulę:

$$\Omega = LT[2 + 1,37(\delta - 0,274) \cdot B/T] \quad (4)$$

B – laivo plotis, m ;

L – laivo ilgis, m ;

d – laivo grimzlė, m ;

δ - vandentalpos pilnumo koeficientas.

$$\Omega_{1F} = LT_{1f}[2+1,37(\delta_{1f} - 0,274)*B/T_{1f}] , \text{ kai } T_{1f} = 4,87\text{m} \quad (4)$$

$$\Omega_{1F} = 209,60*4,87[2+1,37*(0,647-0,274)*26/4,87] = 6850,26\text{m}^2 \quad (4)$$

$$\Omega_{1A} = LT_{1a}[2+1,37(\delta_{1a} - 0,274)*B/T_{1a}], T_{1a} = 5,89\text{m} \quad (4)$$

$$\Omega_{1A} = 209,60*5,89[2+1,37*(0,538-0,274)*26/5,89] = 4848,40\text{m}^2 \quad (4)$$

$$\Omega_{2F} = LT_{2f}[2+1,37(\delta_{2f} - 0,274)*B/T_{2f}], T_{2f} = 5,31\text{m} \quad (4)$$

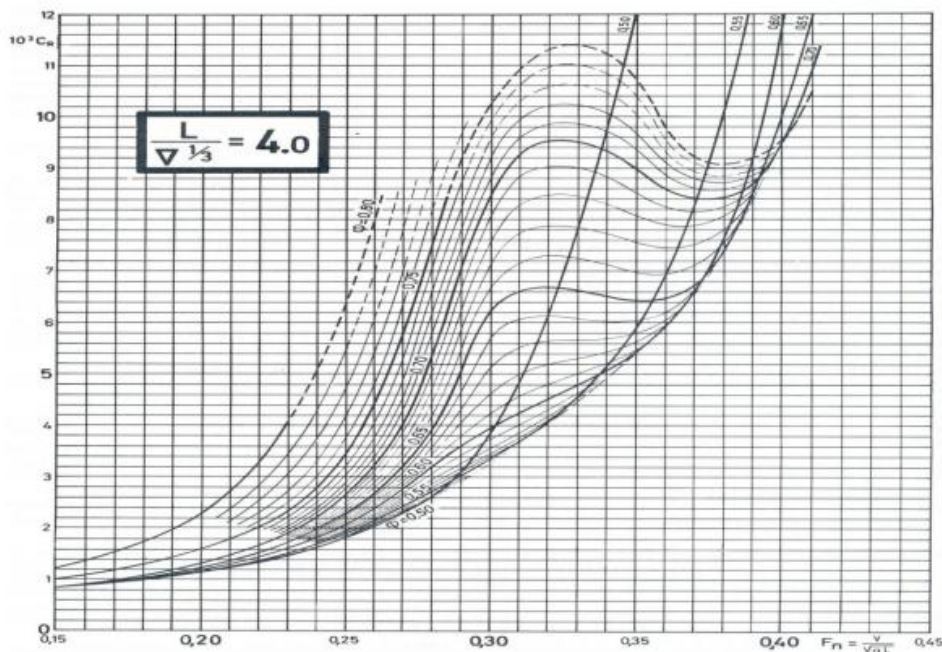
$$\Omega_{2F} = 209,60*5,31[2+1,37*(0,613-0,274)*26/5,31] = 6225,79\text{m}^2 \quad (4)$$

$$\Omega_{2A} = LT_{2a}[2+1,37(\delta_{2a} - 0,274)*B/T_{2a}], T_{2a} = 5,75\text{m} \quad (4)$$

$$\Omega_{2A} = 209,60*5,75[2+1,37*(0,565-0,274)*26/5,75] = 5344,26\text{m}^2 \quad (4)$$

Likutinis pasipriešinimas apskaičiuotas naudojant Ship Stability for. Masters and Mates. Sixth edition – Consolidated 2006. Revised by Dr C.B. Barrass M.Sc C.Eng FRINA CNI. By Captain D.R. Derrett metodus.

Froido skaičius (Fr) = 0,30 (iš lentelės, pagal laivo tipą)



1 pav. Froido skaičiaus kreivės

Šaltinis: Stonkus, V (2006) *Laivo teorija*. Klaipėda: KU leidykla.

Pagal likutinius pasipriešinimus esant atitinkamoms grimzlėms.

kai Froido skaičius = 0,30

Išilginis pilnumo koef. = 0,667, tai $C_{R1F} = 6,9 \cdot 10^{-3}$

Išilginis pilnumo koef. = 0,555, tai $C_{R1A} = 4 \cdot 10^{-3}$

Išilginis pilnumo koef. = 0,631, tai $C_{R2F} = 5,2 \cdot 10^{-3}$

Išilginis pilnumo koef. = 0,581, tai $C_{R2A} = 3,4 \cdot 10^{-3}$

Visas pasipriešinimas laivo judėjimui

$$R = (C_{FO} + C_R + C_A + C_{AP}) \frac{\rho v^2}{2} \Omega \quad (1)$$

$$C = C_{FO} + C_R + C_A + C_{AP} \quad (5)$$

$$C_{1F} = (1,50 + 6,90 + 0,372 + 0,190) \cdot 10^{-3} = 8,962 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

$$C_{1A} = (1,50 + 4,00 + 0,372 + 0,190) \cdot 10^{-3} = 6,062 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

$$C_{2F} = (1,50 + 5,20 + 0,370 + 0,190) \cdot 10^{-3} = 7,260 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

$$C_{2A} = (1,50 + 3,40 + 0,370 + 0,190) \cdot 10^{-3} = 5,460 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

$$R_{1F} = 8,962 \cdot 10^{-3} \frac{1,025 \cdot 9,77^2}{2} 6850,26 = 3003,30 \text{ kN} \quad (1)$$

$$R_{1A} = 6,062 \cdot 10^{-3} \frac{1,025 \cdot 9,77^2}{2} 4848,40 = 1437,81 \text{ kN} \quad (1)$$

$$R_{2F} = 7,260 \cdot 10^{-3} \frac{1,025 \cdot 9,77^2}{2} 6225,79 = 2211,15 \text{ kN} \quad (1)$$

$$R_{2A} = 5,460 \cdot 10^{-3} \frac{1,025 \cdot 9,77^2}{2} 5344,26 = 1427,47 \text{ kN} \quad (1)$$

Taigi $R_1 = \frac{R_{1F} + R_{1A}}{2} = \frac{3003,30 + 1437,81}{2} = \mathbf{2220,58 \text{ kN}}$ (Pradinės grimzlės $T_f = 4,87 \text{ m}$, $T_a = 5,89 \text{ m}$,
diferentas $-1,02 \text{ m}$) (1)

$R_2 = \frac{R_{2F} + R_{2A}}{2} = \frac{2211,15 + 1427,47}{2} = \mathbf{1819,31 \text{ kN}}$ (Galutinės grimzlės $T_f = 5,31 \text{ m}$, $T_a = 5,75 \text{ m}$,
diferentas $-0,44 \text{ m}$)

Šaltiniai: (Internetinė priega: <https://www.slideshare.net/MohammudHanifDewan/ship-form-coefficients> žiūrėta 2019-04-15)

(Internetinė priega: <https://cultofsea.com/ship-stability/coefficients-of-form-ships-waterplane-block-midship-and-prismatic-coefficient/> žiūrėta 2019-04-15); Stonkus, V (2006) *Laivo teorija*. Klaipėda: KU leidykla Ship Stability for. Masters and Mates. Sixth edition – Consolidated 2006. Revised by Dr C.B. Barrass M.Sc C.Eng FRINA CNI. By Captain D.R. Derrett; Laivo “Gardenia Seaways” techniniai duomenys.

Išvada, toeriškai nustatyta, kad su pradinėmis grimzlėmis korpuso pasipriešinimas vandenyje siekia 2220,58 kN, tačiau sumažinus diferentą į laivagalį apskaičiuotas pasipriešinimas lygus 1819,31 kN.

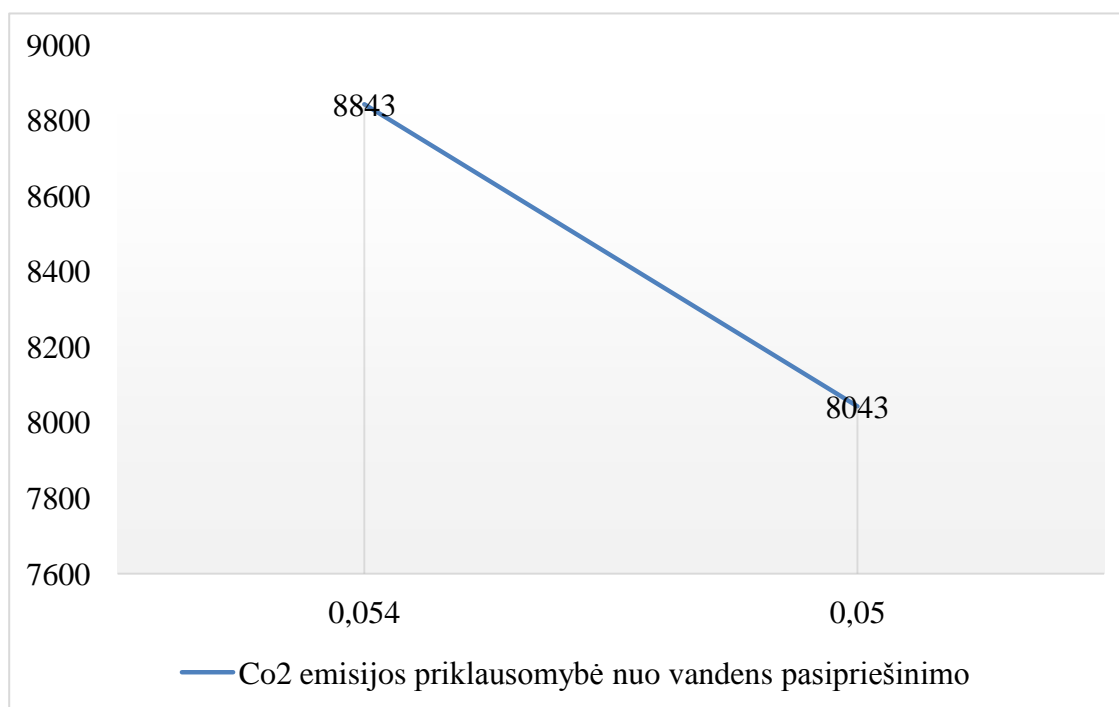
Galima teigti, kad Ro-Ro laivo „Gardenia Seaways“ korpuso povandeninė dalis turi didesnį pilnumo koeficientą. Pradinė grimzlė laivagalyje 5,89m, kur apskaičiuotas vandens pasipriešinimas lygus 1437,81kN, tačiau balastuojant laivagalio grimzlė sumažėjo iki 5,75m, kur apskaičiuotas povandeninės korpuso dalies vandens pasipriešinimas lygus 1427,47 kN, tai reiškia sumažėjo, todėl ir reikalinga galia išvystyti tą patį greitį taip pat sumažės.

Vandens pasipriešinimo priklausomybės nuo variklio galios:

Pradinė galia: 8843 kW sąnaudos 1,71 t/h CO₂ emisijos 0.054 mt/h

Galutinė galia: 8043 kW sąnaudos 1,585 t/h CO₂ emisijos 0.05 mt/h

2 paveiksle pateikiamas grafikas CO₂ emisijų teorinė priklausomybė nuo korpuso povandeninės dalies pasipriešinimo.



2 pav. CO₂ emisijų pokyčiai kintant korpuso povandeninės dalies pasipriešinimo.