

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technikos fakultetas

Laivo inžinerijos katedra

Andrius Kiaulakis

**BALASTINIŲ TANKŲ ANTIKOROZINĖS SISTEMOS
ILGAAMŽIŠKUMO TYRIMAI**

Laivų projektavimo ir statybos studijų programos (621H52001) magistro
baigiamasis darbas

Klaipėda, 2015

LYDRAŠTIS



Laivų projektavimo magistro studijų (621H52001) baigiamasis darbas

Užduotis studentui(–ei): Andriui Kiaulakiui

Temos pavadinimas: Balastinio vandens tankų antikorozinės sistemos ilgaamžiškumo tyrimai

Darbo sudėtis

Darbo tikslas: įvertinti balastinio vandens tankų antikorozinės sistemos ilgaamžiškumo pokyčius valant balastinį vandenį chloravimo būdu.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti BWM konvencijos reikalavimus bei priemones jos įgyvendinimui.
2. Išanalizuoti klasifikacinių bendrovių akredituotų balastinių vandenų valymo sistemų darbo principus, technines charakteristikas, eksploatacijos privalumus ir trūkumus.
3. Ištirti balastinių tankų konstrukcijas ir TJO reikalavimus tanko antikorozinei sistemai.
4. Ištirti balastinių vandenų valymo technologijų įtaką laivo balastinių tankų antikorozinėms sistemoms.
5. Patobulinti balastinio vandens valymo sistemos parinkimo metodiką, įvedant papildomą korozinio poveikio laivo konstrukcijoms kriterijų.
6. Pateikti išvadas ir rekomendacijas

Darbo vadovas (–ė): doc.dr. Rima Mickevičienė

(vardas, pavardė, parašas)

SANTRAUKA

Kiaulakis. A. Balastinių tankų antikorozinės sistemos ilgaamžiškumo tyrimai. Laivų projektavimo ir statybos studijų programos magistro baigiamasis darbas. Darbo vadovas doc. dr. Rima Mickevičienė, Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2015. – 79 psl.

Raktažodžiai: Balastiniai tankai, balastinio vandens valymas, protektoriai, antikorozinės sistemos ilgaamžiškumas.

Magistro baigiamajame darbe tiriamas balastinių tankų antikorozinės sistemos ilgaamžiškumas. Įsigaliojus BWM konvencijai, balastinį vandenį reikės išvalyti prieš jam patenkant į tankus ir išleidžiant naujame telkinyje, kad būtų užkirstas kelias invazinių rūšių plitimui. Balastinių tankų konstrukcijos, nors ir padengtos antikorozine danga, vis tiek koroduoja. Cheminiai balastinio vandens valymo metodai, sukeliantys greitą didžiosios dalies epoksidinių dangų irimą, koroziją paspartina. Kadangi balastinių tankų antikorozinėje sistemoje būtini cinko protektoriai, chemiškai apdorotas vanduo kelia grėsmę ir jų ilgaamžiškumui. Eksperimentinėje dalyje buvo atliekami bandymai, siekiant nustatyti balastinio vandens chloravimo įtaką protektorių ilgaamžiškumui. Darbe pateiktas multikriterinis balastinės sistemos parinkimas įtraukiant ir korozinį poveikį tanko konstrukcijoms.

SUMARRY

Kiaulakis. A. Durability testing of ballast tank anticorrosive system. Ship design and construction study program master thesis. Supervisor assoc. prof. Rima Mickevičienė, Klaipeda University: Klaipeda, 2015. - 79 p.

Keywords: ballast tanks, ballast water treatment, cathodic protection, durability of anti-corrosion system.

The durability of ballast water tank anti-corrosion system is studied in this Master's thesis. Since BWM Convention enters into force, the ballast water is to be treated before being stored in the tank and later released in a new location, to prevent the transfer of invasive species through ballast water of ships. Despite of the fact that ballast tank surfaces are covered by anticorrosive coating, tank constructions has been suffering from corrosion. Chemical ballast water treatment affects on epoxy based coating and causes fast corrosive wearing. Since zinc protectors are necessarily used in ballast tanks, chemical treatment of the ballast water reduces durability of them.

The experimental part desicated to testing of chemical treatment impact on zinc anode wearing. The multicriterion method including corrosion impact on ballast tank construction is precented in this Master Thesis as well.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Balastinio vandens valymo būdai	17
2 pav. Bendra BWTS veikimo schema	18
3 pav. Tipinės BWT sistemos pavyzdys	18
4 pav. Balastiniai tankai: a) balkerinių laivų; b) tanklaivių ir konteinerinių laivų; c) Ro – Ro ir generalinių krovinių laivų.....	23
5 pav. Balastinio tanko interjeras: dvigubo dugno tankas (kairėje) ir išilginiai bortiniai tankai (dešinėje)	24
6 pav. Kingstonų schema	24
7 pav. Kingstono dėžių grotelės	25
8 pav. Antikorozinės dangos dengimo etapai	27
9 pav. Sausos plėvelės storio matavimas ir klasės tikrinimas	28
10 pav. Abrazyvinis paviršiaus valymas	29
11 pav. Aštrių kraštų šlifavimas (kairėje) ir užapvalinimas (dešinėje)	30
12 pav. Rankinis šlifavimas (karėje) ir kraštų apvalinimo mašina (dešinėje).....	30
13 pav. Viso konstrukcijų bloko valymas iki Sa2,5 švarumo	30
14 pav. Geros būklės balastinio vandens tankas	35
15 pav. Balastinio vandens tankas prastos būklės (paveikta korozijos).....	35
16 pav. Mikropūslių susidarymas	36
17 pav. Rūdžių augimas	37
18 pav. Rūdžių iškilimas	37
19 pav. Dangos degradacijos grafikas laivų balastinio tanko gyvavimo metu	37
20 pav. Balastinio tanko dangos irimo etapai	38
21 pav. Korozija tarp pagrindinio denio sijos ir išilginių skersinių sujungimų	38
22 pav. Pūslių išsidėstymas laivo konstrukcijų dangose.....	39
23 pav. Irimas po dangos plėvele	40
24 pav. Rūdžių dėmių augimas po dangos plėvele	40
25 pav. Dangos irimas konstrukcijos briaunoje	41
26 pav. Dangos irimas aplink kiaurymės briaunas	41
27 pav. Suvirinimo siūlės ir terminio poveikio zonos korozija	41
28 pav. Suvirinimo siūlės korozija.....	42
29 pav. Kalkių nusėdimas ant dangos	42
30 pav. Dangos irimas dėl prasto pavišiaus paruošimo	43
31 pav. Dangos pleišėjimas dėl purvo ir dumblo poveikio	43

32 pav. Nuo įtempimų koncentracijos atsiradusi korozija ties angomis	44
33 pav. Dangos suirimo vertinimo skalės diagrama	45
34 pav. Linijinių įdubimų paplitimo diagrama	45
35 pav. Apibrėžtos dangos irimo paplitimo diagrama	46
36 pav. Z-5C tipo protektorius	47
37 pav. Bandymas siekiant nustatyti chloravimo įtaką protektoriaus ilgaamžiškumui	49
38 pav. Protektoriaus bandinių masės pokyčiai	51
39 pav. Balastinio vandens valymo sistemos parinkimo kriterijų hierarchija	57
40 pav. BWTS kriterijų pasiskirstymas pagal svarbą	58
41 pav. BWTS ekonominių kriterijų struktūra.....	58
42 pav. BWTS aplinkos kriterijų struktūra	59
43 pav. BWTS techninių kriterijų struktūra.....	59
44 pav. BWTS eksploatavimo kriterijų struktūra	60
45 pav. Balastinio vandens valymo sistemų parinkimo kriterijų reitingas	60
46 pav. Galutiniai tyrimo rezultatai	62
47 pav. CrystalBallast 1000 balastinio vandens valymo sistema.....	63

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė.	Valstybių, pritariančių balastinio vandens valymo konvencijai, sąrašas 2015 04 27	13
2 lentelė.	Balastinio vandens valymo sistemų įdiegimo planas	15
3 lentelė.	Balastinio vandens valymo sistemų privalumai ir trūkumai	21
4 lentelė.	Medžiagos turinčios didžiausią oksidacijos potencialą	35
5 lentelė.	Tyrimo rezultatai.	49
6 lentelė.	Laikas, per kurį bandinys neteks 50g masės.	50
7 lentelė.	BWTS kiekybinių ir kokybinių kriterijų vertės.	61
8 lentelė.	BWTS įvertinimas pagal kriterijus	62
9 lentelė.	CrystalBallast 1000 sistemos techniniai duomenys	63

TURINYS

Įvadas.....	10
1. Balastinio vandens konvencija	13
2. Balastinio vandens valymo technologijos	17
3. Balastiniai tankai	23
3.1. Balastinio tanko konstrukcija.....	23
3.2. Balastinio tanko dangos ir reikalavimai jų kokybei.....	25
4. Balastinio vandenų valymo sistemų įtaka laivo balastinių tankų antikorozinėms sistemoms ...	33
4.1. Balastinių tankų korozija	33
4.2. Balastinio vandens valymo sistemų įtaka tankų dangoms	34
4.3. Apsauginės balastinio tanko dangos irimo mechanizmas.....	36
4.4. Balastinio tanko dangos irimo įvertinimas	44
4.5. Protektorinė balastinių tankų apsauga ir jos ilgaamžiškumo tyrimas	46
5. balastinio vandens valymo sistemos parinkimas.....	54
5.1. BWTS parinkimo kriterijai	54
5.2. Daugiakriterinio vertinimo metodai.....	56
5.3. Sprendimų priėmimo procesas.....	57
Išvados.....	65
Literatūra	68
Priedai.....	71
1 priedas. Balastinio vandens valymo sistemų katalogas	72
2 priedas. Dangų dengimo specifikacijos	75
3 priedas. Z-5C tipo anodas	79

IVADAS

Balastinis vanduo laive yra skirtas laivo stabilumui palaikymui, svorio pokyčių kompensavimui krovos operacijų metu. Balastinės sistemos laive naudojamos užbortiniam vandeniui priimti ir išpumpuoti siekiant palaikyti laivo grimzlę, kreną ir diferentą leistinose ribose ir užtikrinti reikiamas jūrines laivo savybes. [42]

Problematika. Balastinė sistema yra viena svarbiausių laivo sistemų. Šios laivo techninės dalies sprendimai yra nuolat tobulinami. Nepageidaujamas reiškinys, susijęs su balastine laivų sistema, yra tas, kad išpilamas balastinis vanduo gali turėti neigiamą poveikį aplinkai. Laivas, priimdamas vandenį į balasto cisternas, su juo kartu įsiurbia ir įvairius gyvus organizmus (mikrobai, bakterijos, zooplanktonai ir kt.). Kiekvienais metais visame pasaulyje priimama ir išleidžiama apie 10 milijardų tonų balastinio vandens. [41]

Laivų balasto cisternose kasdien gabenama apie 10 000 įvairių jūrinių organizmų rūšių, kurių dalis išgyvena cisternose transportavimo metu. Laivui priimant balastinį vandenį vienoje šalyje ir išleidžiant jį kitoje, įvyksta dideli ekosistemos pokyčiai, atsirandant joje invaziniam mikroorganizmams ir jiems prisitaikant naujoje aplinkoje. Taip svetimi mikroorganizmai įsiskverbia į svetimą jiems terpę ir palaipsniui naikina vietines mikroorganizmų kultūras. Svetimų invazinių rūšių atsiradimas ir išplitimas yra rimta problema, jų poveikis priklauso nuo organizmų kilmės, rūšies ir jų išleidimo su balastiniu vandeniu vietos. [41]

Įvairūs jūrinių organizmų rūšys gali atkelti iš jūros užteršiant laivo korpusą arba išleidžiant balastinį vandenį. Tai įvyko ir „Didžiuosiuose ežeruose“ Šiaurės Amerikoje, kur buvo apsikręsta zebrinėmis midijomis. Zebrinės midijos yra dažna jūrinių organizmų rūšis Europoje, bet ne Šiaurės Amerikoje. 1980m. pabaigoje jos buvo pergabentos į „Didžiuosius ežerus“ ir nuo to laiko midijos išplito ir daugelyje kitų ežerų ir upių esančių JAV ir Kanadoje. Jos suvartoja didelį kiekį fitosanitarijos planktono ir mažas zooplanktono. Midijų paplitimas trukdo žuvų patekimą pas žmones ir kitus gyvūnus, dėl kurios priežasties badauja vietos gyventojai, trukdo vandens augalų vystymuisi ir t.t. [17]

Susidūrus su šiomis problemomis Tarptautinė jūrų organizacija (TJO) pradėjo ieškoti būdų kaip galima išvengti problemų ir kaip su jomis kovoti.

Kanada ir Australija buvo pirmosios šalys susidūrusios su kenksmingu invazinių rūšių atsiradimu ir kreipėsi į Tarptautinės jūrų organizacijos (angl. *IMO – International Marine organization*) Jūrų aplinkos apsaugos komitetą (angl. *MEPC – Marine Environment Protection Committee*) dar 1980 – taisiais.

1991 metais MEPC priimtas nutarimas dėl invazinių, ligas sukeliančių bakterijų ir sedimentų apsisaugojimo, plintančių iš laivo balastinio vandens.

1992 metais, Jungtinių tautų aplinkos ir plėtros konferencijoje buvo pripažinta, kad invazinių rūšių plitimas – didelė tarptautinė problema. 1997 metais Jūrų aplinkos apsaugos komitetas priėmė nutarimą TJO nariams dėl laivų balastinio vandens kontrolės ir apdorojimo, siekiant sumažinti kenksmingų vandens organizmų ir ligų sukėlėjų plitimą. 2004 metais diplomatinėje TJO konferencijoje buvo priimta Tarptautinė konvencija (angl. *BWM convention*) „laivų balastinio vandens ir nuosėdų kontrolė bei valdymas“.

2004 metais diplomatinėje TJO konferencijoje priimta BWM konvencija įpareigojama, kad visuose laivuose, gabenančiuose balastinį vandenį, būtų įdiegtos valymo sistemos iki 2017 metų. Joje nurodomi balastinio vandens standartai, balastinio vandens pakeitimo procedūros bei numatytų standartų peržiūros, siekiant nuolat gerinti valymo technologijas. Šioje konvencijoje nurodomi du standartai, kuriais siekiama sumažinti invazinių rūšių plitimą. Standartai privalo būti įgyvendinti naujuose laivuose, pastatytuose 2009 ir vėlesniais metais, ir taip pat įdiegti senesniuose negu 2009 metų statybos nuo 2014 iki 2017 metų. [41]

2004 metais 30 pasaulio valstybių ratifikavo Tarptautinę laivų balastinių vandenų ir nuosėdų kontrolės ir valdymo konvenciją. 2014 metų spalio mėn. šią konvenciją jau buvo ratifikavusios 43 šalys, kurių prekybinio laivyno tonažas sudaro 32,54% pasaulinio tonažo. Lietuva konvencijos nėra ratifikavusi, tačiau 2013 metais aplinkos, susisiekimo ir sveikatos apsaugos ministrai patvirtino specialias priemones laivų balastiniams vandenims kontroliuoti ir kenksmingų invazinių organizmų plitimui sustabdyti. [44] Taigi, kai kurių minėtos konvencijos nuostatų jau laikomasi nuo 2014 metų gegužės 1-osios: į Klaipėdos uostą atvykstantys laivai privalo pakeisti balastinius vandenį ne arčiau nei per 200 jūrmylių nuo artimiausio kranto vandenyse, kurių gylis privalo siekti 200 metrų, privaloma pakeisti bent 95 procentus balastinio vandens tūrio.

Praėjus metams po konvencijos ratifikavimo, ji įsigaliojė ir taptų privaloma visame pasaulyje. Chemiškai chloravimu apdorojant balastinį vandenį, poveikis tanko konstrukcijų ir jų antikorozinės apsaugos ilgaamžiškumui turėtų būti išaugęs. Tai verčia būgštauti, nes šiuolaikiniai laivai projektuojami iš stipresnio plieno, kurio atsparumas korozijai, deja, nėra didesnis nei senųjų plieno markių, nors korpusai kai kuriais atvejais tapo du kartus plonesni. Privalomas PSPC standartas, apibrėžiantis balastinių tankų parengimo dažymui ir dažymo bei kontrolės procedūras, apima ir protektorinę apsaugą, kurios ilgaamžiškumo rodiklių pastovumas kelia abejonių.

Darbo tikslas: įvertinti balastinio vandens tankų antikorozinės sistemos ilgaamžiškumo pokyčius valant balastinį vandenį chloravimo būdu.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti BWM konvencijos reikalavimus bei priemones jos įgyvendinimui.
2. Išanalizuoti klasifikacinių bendrovių akredituotų balastinių vandenų valymo sistemų darbo principus, technines charakteristikas, eksploatacijos privalumus ir trūkumus.

3. Ištirti balastinių tankų konstrukcijas ir TJO reikalavimus tanko antikorozei sistemai.
4. Ištirti balastinių vandenų valymo technologijų įtaką laivo balastinių tankų antikorozinėms sistemoms.
5. Patobulinti balastinio vandens valymo sistemos parinkimo metodiką, įvedant papildomą korozinio poveikio laivo konstrukcijoms kriterijų.
6. Pateikti išvadas ir rekomendacijas

1. BALASTINIO VANDENS KONVENCIJA

Tarptautinė balastinio vandens valdymo konvencija buvo priimta 2004m. Šia konvencija buvo pristatytos pasaulinės taisyklės, kaip kontroliuoti invazinių vandens rūšių plitimą. Kai ši konvencija įsigalios, balastinį vandenį reikės apdoroti prieš išleidžiant naujoje vietovėje, kad būtų užkirstas kelias organizmų plitimui. Balastinio vandens valymo konvencija įsigalios praėjus 12 mėnesių nuo tada, kai konvenciją ratifikuos 30 narių ir jų laivybos tonažas bus 35% pasaulinio laivybos tonažo.

Pagal 2015 m. balandžio 27d. duomenis konvenciją yra patvirtinusios 44 šalys, tačiau šių šalių laivybos tonažas sudaro 32,86% pasaulinio laivybos tonažo. Trūksta 2,14% iki kol įsigalios balastinio vandens valymo konvencija. Šalys, kurios pritaria balastinio vandens valymo konvencijai, yra pateiktos 1 lentelėje. [21]

1 lentelė. Valstybių, pritariančių balastinio vandens valymo konvencijai, sąrašas 2015 04 27 [21]

Valstybė	Ratifikavo / Prisijungė	Konvencijos pripažinimo data
Albanija	Prisijungė	2009-01-15
Antigva ir Barbuda	Prisijungė	2008-12-19
Barbadosas	Prisijungė	2007-05-11
Brazilija	Ratifikavo	2010-04-14
Danija	Prisijungė	2012-09-11
Egiptas	Prisijungė	2007-05-18
Gruzija	Prisijungė	2015-01-12
Iranas	Prisijungė	2011-04-06
Ispanija	Ratifikavo	2005-09-14
Japonija	Prisijungė	2014-10-10
Jordanija	Prisijungė	2014-09-09
Juodkalnija	Prisijungė	2011-11-29
Kanada	Prisijungė	2010-04-08
Kenija	Prisijungė	2008-01-14
Kiribatis	Prisijungė	2007-02-05
Kongas	Prisijungė	2014-05-19
Korėja	Prisijungė	2009-12-10
Kroatija	Prisijungė	2010-06-29
Kuko salos	Prisijungė	2010-02-02
Libanas	Prisijungė	2011-12-15
Liberija	Prisijungė	2008-09-18
Malaizija	Prisijungė	2010-09-27
Maldyvai	Ratifikavo	2005-06-22
Maršalo salos	Prisijungė	2009-11-26
Meksika	Prisijungė	2008-03-18
Mongolija	Prisijungė	2011-09-28

1 lentelės tęsinys

Nigerija	Prisijungė	2005-10-13
Niujė	Prisijungė	2012-05-18
Norvegija	Prisijungė	2007-03-29
Olandija	Pritarė	2010-05-10
Palau	Prisijungė	2011-09-28
Pietų Afrika	Prisijungė	2008-04-15
Prancūzija	Prisijungė	2008-09-24
Rusija	Prisijungė	2012-05-24
Sent Kitsas ir Nevis	Prisijungė	2005-08-30
Siera Leonė	Prisijungė	2007-11-21
Sirija	Ratifikavo	2005-09-02
Švedija	Prisijungė	2009-11-24
Šveicarija	Prisijungė	2013-09-24
Tonga	Prisijungė	2014-04-16
Trinidadas ir Tobagas	Prisijungė	2012-01-03
Turkija	Prisijungė	2014-10-14
Tuvalu	Prisijungė	2005-12-02
Vokietija	Prisijungė	2013-06-20

Spaudoje skelbiama, kad Indija ratifikavo BWM konvenciją, nors TJO tinklapyje oficialus šios informacijos patvirtinimas dar nepateiktas. Jei Indija ratifikavo BWM konvenciją, ji tapo 45 šalimi. Nors tonažo reikalavimai vis tiek dar nepasiekti, egzistuoja didelė tikimybė, kad konvencija įsigalios 2016 m.

Valstybės, remiančios šią konvenciją, gali:

- Pasirašyti, bet netaikyti ratifikavimo, priėmimo arba patvirtinimo dokumento;
- Pasirašyti ratifikavimo, priėmimo arba patvirtinimo dokumentą ir po konvencijos įsigaliojimo pradėti laikytis visų keliamų sąlygų;
- Prisijungti prie konvencijos.

Balastinio vandens naudojimo sumažinimas, siekiant išvengti invazinių rūšių perkėlimą, nėra įmanomas, nes būtent balastinis vanduo yra svarbus laivo stabilumui ir saugumui užtikrinti. Įsigaliojus balastinio vandens valymo konvencijai bus privaloma visiems laivams turėti tarptautinius BWM D-1 (balastinio vandens keitimas) ar D-2 (valymas) sertifikatus. [29]

Laivai, atliekantys balastinio vandens pakeitimą pagal D-1 standartą, turi pakeisti ne mažiau kaip 95% balastinio vandens laive. Laikantis šio standarto, laivo tankai turi būti ištuštinami ir pripildomi nauju vandenyno ar jūros vandeniu [35]. Balastinio vandens keitimas aiškinamas tuo, kad organizmai, patekę į balastinius tankus ir išleisti vidury vandenyno, neišgyvena. Taip pat neišgyvena pakrančių organizmai, išleisti viduryje vandenyno dėl skirtingų sąlygų, tokių kaip druskingumas, temperatūra, gylis ir pan. Kad garantuoti mikroorganizmų neišgyvenamumą, laivai turi atlikti balastinio vandens keitimą ne arčiau kaip 200 jūrmylių nuo kranto, kur gylis ne mažesnis negu 200 metrų. Nesant balastinio vandens keitimo galimybės 200 jūrmylių atstumu, vanduo turi

būti pakeičiamas kuo toliau nuo kranto, tačiau ne arčiau kaip 50 jūrmylių ir ne mažesniame negu 200 metrų gylyje. [29]

Atliekant balastinio vandens valymą, laivai naudoja valymo technologijas, kurios pašalina organizmus iš balastinio tanko arba juos išnaikina reiso metu su tinkamais D-2 standarto reikalavimais. Balastinio vandens valymo sistemų veikla grįsta fiziniais – mechaniniais arba cheminiais metodais. Sumontuoti BWT sistemą dirbančiame laive dėl vietos trūkumo yra sudėtinga. Valymo sistemas yra brangu įsigyti ir jų išlaikymas laive yra brangus dėl papildomos techninės priežiūros. [2]

BWM konvencijoje planuojamas balastinių vandenų valymo tvarkos įdiegimas ir naudojimas pagal laivo tipus pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Balastinio vandens valymo sistemų įdiegimo planas [15]

Kylio paklojimo data	Cisternų talpumas, m ³	Laivo tipas / DWT	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
< 2009	1500 -5000	Tanklaiviai 3400-15000 Balkeriai 4200-14200 Universalūs 4100-14000															
< 2009	<1500 >5000	3400>Tanklaiviai>15000 4200>Balkeriai>14200 4100>Universalūs>14000															
≥ 2009	<5000	Tanklaiviai < 15000 Balkeriai < 14200 Universalūs < 14000															
≥2009<2012	>5000	Tanklaiviai > 15000 Balkeriai > 14200 Universalūs > 14000															
≥ 2012	>5000	Tanklaiviai > 15000 Balkeriai > 14200 Universalūs > 14000															

Christoph Peickert viršininko pavaduotojas iš „Germanischer Lloyd“ stabilumo departamento nagrinėdamas šiuos balastinio vandens pasikeitimo būdus teigia, kad daugelis laivų savininkų neskuba investuoti didelius pinigus į balastinio vandens valymo sistemas. Laivų savininkai pasirenka jų manymu pigesnę ir paprastesnę būdą – vandens pasikeitimą atviroje jūroje. Tačiau C. Peickert mano, kad šis savininkų pasirinkimas nėra tinkamas. Visų pirma, bus privaloma nuolatos pateikti įrodymus, jog laikomasi šio standarto. Antra, ateis diena, kai šis standartas įsigalios visame pasaulyje. Trečia, ateityje didės išlaidos laivų aptarnavimui, nes nuolat keisti balastinį vandenį bus našta ne tik įgulai, bet ir vamzdžiams ir siurbliams. Tai lems didesnes priežiūros apimtis ir didesnę atsarginių dalių poreikį [35]. Christoph Peickert išnagrinėjo tai, kad nuolatinis keitimasis turi savus

trūkumus, bet nepaminėjo BWT sistemų poveikį laivo konstrukcijoms. Tolimesniame darbe bus siekiama išsiaiškinti kokią įtaką daro balastinio vandens valymo sistemos laivo konstrukcijoms.

Standartų D-1 ir D-2 laikymosi reikalavimai yra nurodyti BWM konvencijos priimtuose nutarimuose ir priklauso nuo laivo kylio paklojimo datos ir balastinių tankų talpumo. Siekiant gauti konvencijos sertifikatus arba atitikties sertifikatus, laive turi būti [29]:

- atlikta pirminė laivo apžiūra;
- įdiegta balastinio vandens valymo sistema;
- patvirtintas ir išnagrinėtas balastinio vandens valymo planas;
- balastinio vandens registravimo knyga.

Galimi kiti sprendimai, nereikalaujantys balastinio vandens valymo ar keitimo technologijų: kietas balastas, bebalasčiai laivai, uždaros gėlo vandens balasto sistemos, atviros balastinės sistemos ir pan. Su laiku dalis laivybos kompanijų rinksis naujo tipo laivus, kuriems balastinio vandens valymo technologijos nebus reikalingos.

I dalies išvados:

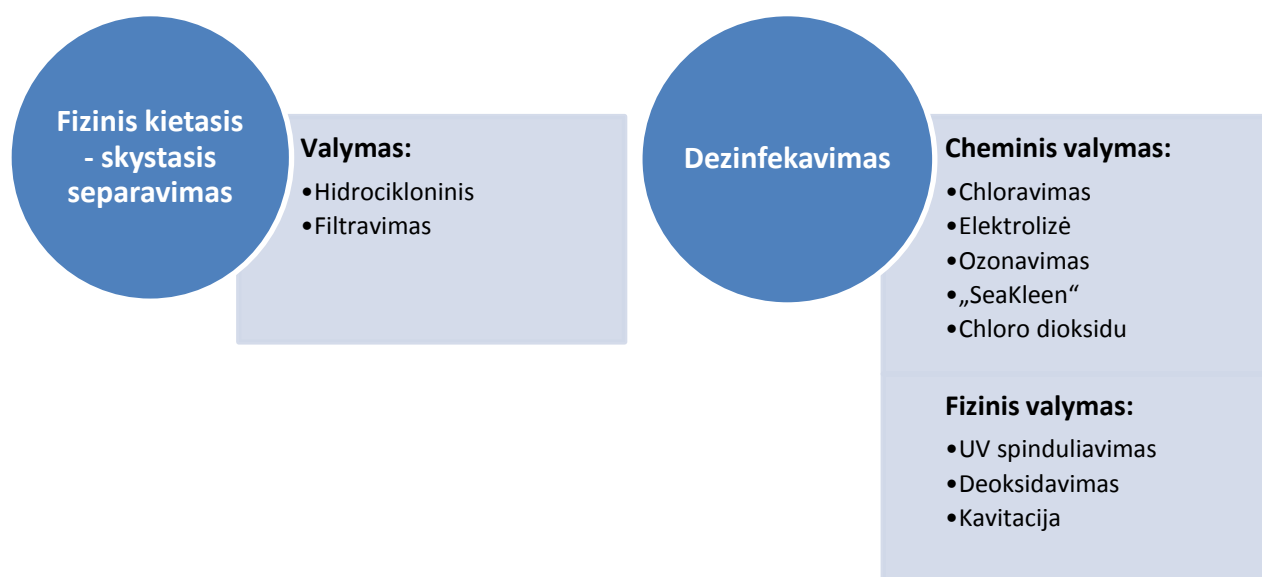
- 1) BWM konvenciją yra patvirtinusios 44 šalys, tačiau šių šalių laivyno tonažas sudaro 32,86% pasaulinio laivyno tonažo. Trūksta 2,14%, kad įsigaliotų balastinio vandens valymo reikalavimai.
- 2) Spaudoje skelbiama, kad Indija ratifikavo BWM konvenciją, nors TJO tinklapyje oficialus šios informacijos patvirtinimas dar nepateiktas. Jei Indija ratifikavo BWM konvenciją, ji tapo 45 šalimi. Nors tonažo reikalavimai vis tiek dar nepasiekti, egzistuoja didelė tikimybė, kad konvencija įsigalios 2016 m.
- 3) Konvencijoje numatyta, kad tankuose galima keisti balastinį vandenį pagal D-1 standartą. Laivai, kurie įsigaliojus konvencijai, galės taikyti D-1 standartą dar 12 mėn:
 - Tanklaiviai (3400-15000 DWT), balkeriai (4200-14200 DWT) ir universalūs (4100-14000 DWT), kurių kylio paklojimo data yra iki 2009m, cisternų talpumas yra 1500 – 5000 m³;
 - Tanklaiviai (3400>DWT>15000), balkeriai (4200>DWT>14200) ir universalūs (4100>DWT>14000), kurių kylio paklojimo data yra iki 2009m, cisternų talpumas yra <1500 ir >5000 m³;
 - Tanklaiviai (DWT>15000), balkeriai (DWT>14200) ir universalūs (DWT>14000), kurių kylio paklojimo data yra nuo 2009 m. iki 2012 m., cisternų talpumas yra >5000 m³.
- 4) Galimi kiti sprendimai, nereikalaujantys balastinio vandens valymo ar keitimo technologijų: kietas balastas, bebalasčiai laivai, uždaros gėlo vandens balasto sistemos, atviros balastinės sistemos ir pan. Su laiku dalis laivybos kompanijų rinksis naujo tipo laivus, kuriems balastinio vandens valymo technologijos nebus reikalingos.

2. BALASTINIO VANDENS VALYMO TECHNOLOGIJOS

Balastinio vandens valymo technologijų naudojimą varžo daugybė veiksnių: vieta laive, išlaidos ir efektyvumas, valymo kokybė, kuri turi atitikti TJO išleidžiamus balastinio vandens standartus. Laivų statyklos ir savininkai atsižvelgia į visus šiuos veiksnius pasirinkdami balastinio vandens valymo technologiją. [27]

Balastinio vandens valymo technologijos yra dviejų tipų: fizinis kietasis – skystasis separavimas ir dezinfekavimas (1 pav.). Fizinis kietasis – skystasis separavimas yra tiesiog skendinčių kietųjų medžiagų atskyrimas įskaitant ir didesnius mikroorganizmus. Dezinfekavimo būdu yra pašalinami mikroorganizmai naudojant vieną iš šių būdų:

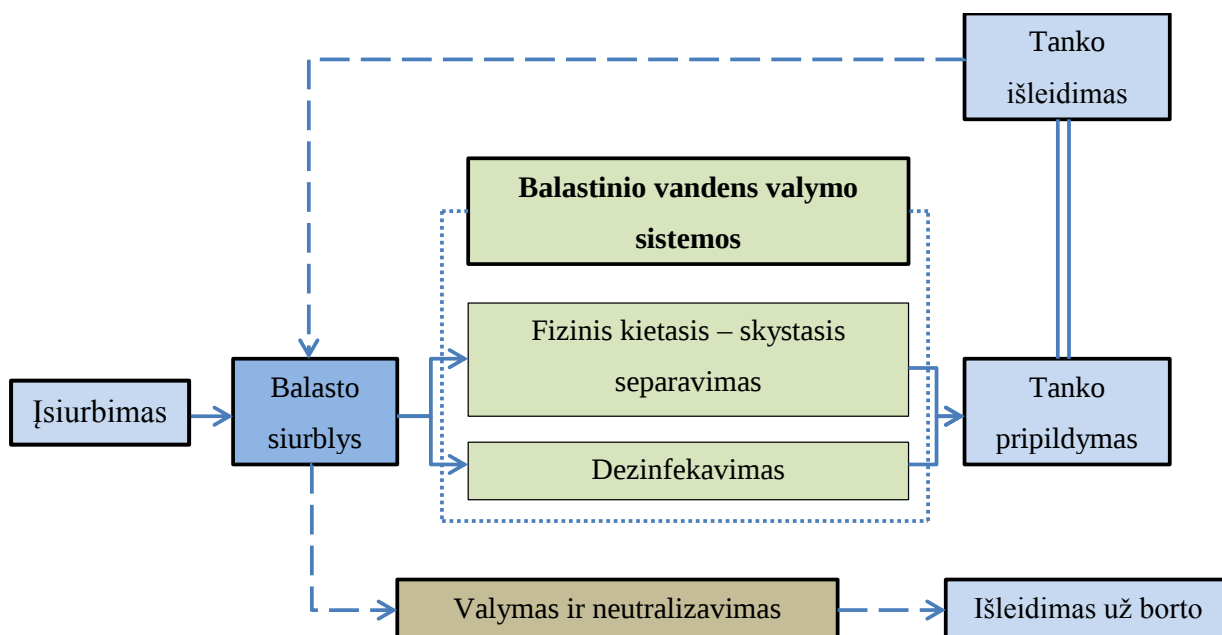
- Cheminis nukenksminimas;
- Fizikinis nukenksminimas.



1 pav. Balastinio vandens valymo būdai [13]

Jūros vanduo yra įsiurbiamas naudojant balastinius siurblius ir yra siunčiamas į balastinio vandens valymo sistemas. Balastinio vandens valymo sistemos yra naudojama fizinis kietasis – skystasis separavimas, dezinfekavimas arba mišrus valymas. Naudojant mišrų valymą visų pirma jūros vanduo yra filtruojamas. Šiuo valymo metodu yra pašalinami mikroorganizmai 50 µm dyžio ir didesni. Toliau mažesnės bakterijos, kurios nėra pašalinamos filtravimo metodu, yra naikinamos dezinfekavimo metodu. Galutinai išvalytu vandeniu yra pripildomas balastinis tankas. Pašalinti balastinį vandenį naudojami balasto siurbliai, kurie išpumpuoja vandenį iš tanko. Jeigu balastinio valymo metu buvo naudojamas cheminis valymas su aktyviomis cheminėmis medžiagomis, tai prieš debalastuojant vandenį jis yra išvalomas vanduo ir neutralizuojamos visos cheminės

medžiagos. Galutinai neutralizuotas vanduo yra išleidžiamas už borto [31]. Bendra balastinio vandens valymo sistemos veikimo schema yra pateikta 2 paveiksle.



2 pav. Bendra BWTS veikimo schema [23]

Visi balastinio vandens valymo būdai dezinfekuojant atliekami naudojant skirtingus produktus. Daugelio gamintojų siūloma valymo sistemos įranga sudaro du ar daugiau valymo etapų. Balastinio vandens filtravimas kombinuojamas su dezinfekavimo technologija. Siekiant suaktyvinti ultravioletinę spinduliuotę naudojamas titano dioksidas (TiO_2). Gaminamos sistemos skiriasi pasirinkta dezinfekavimo technologija ir bendra sistemos konfigūracija (t. y. dalis dezinfekavimo sujungiama su kietuoju – skystuoju separavimu, jei toks naudojamas). Dauguma dezinfekavimo sistemų yra analogiškos pramonėje naudojamų, tokių kaip buitinio, pramoninio vandens tiekimo, nuotekų pagrindu. Tikimasi, kad jos bus veiksmingos valant ir balastinį vandenį, atsižvelgiant į išlaidas, sistemos dydį bei galimybes. [27] Tipinė BWT sistema pateikta 3 paveiksle.



3 pav. Tipinės BWT sistemos pavyzdys [17]

Separavimo technologija

Separavimo įranga atskiria organizmus iš balastinio vandens dėl natūralių fizinių skirtumų tarp organizmų ir vandens. Atsiskyrimas taip pat gali vykti įvedus cheminių medžiagų ir sutirštinus apdirbamą fluidą, kad lengviau atsiskirtų kietosios frakcijos nuo vandens.

Labiausiai paplitusi separavimo technologija balastinio vandens valyme yra filtravimo sistemos. Filtravimas yra skysčio tekėjimas per vidutiniško porėtumo filtrus, kad pašalinti susikaupusias medžiagas, tokias kaip dumbliai, nuosėdas ir kt. BWMS pardavėjai naudoja įvairių tipų filtrus: diskai, būgnai, tinklai ir t.t. Kiekvienas iš filtrų turi skirtingus nustatymus, technines specifikacijas ir valymo priemones. Filtrai gali pašalinti organizmus nuo 200 μm iki 10 μm dydžio. Filtravimo technologijos efektyvumas priklauso nuo debito. Pastovaus debito palaikymui reikalingas dažnas filtro valymas, todėl debito ir sistemos valymo dažnis lemia visos sistemos efektyvumą. [1]

Yra naudojamos dar ir kitos separavimo technologijos. Hidrocikloninio valymo metu naudojama išcentrinė jėga, atskirianti ir pašalinanti skirtingų tankių organizmus. [38] Hidrocikloninio separavimo įranga nereikalauja nuolatinės techninės priežiūros, nes valymo metu išvalyti organizmai lieka balasto ėmimo vietoje. Tačiau dalelės, esančios mažesnio tankio negu vanduo, nėra išvalomos, todėl valymo veiksmingumas sumažėja. Šios technologijos efektyvumas priklauso nuo dalelių dydžio, sukimosi trukmės ir greičio. [1]

Separavimo valymo metodai yra patys paprasčiausi, nebrangūs ir kompaktiški. Šių valymo sistemų trūkumas yra tas, kad jos negali išvalyti visiškai visų mikroorganizmų. Mažiausias mikroorganizmų skersmuo, kurį gali pašalinti šios sistemos, yra 10 μm .

Dezinfekavimo technologija

Organizmų sunaikinimas yra svarbiausias dalykas valant balastinį vandenį. Dezinfekavimo technologija gali sunaikinti mikroorganizmus, esančius tanke arba padaryti taip, kad mikroorganizmai negalėtų toliau daugintis ir plisti. Keletas dezinfekavimo technologijų yra naudojamos balastinio vandens valymo sistemose: chloravimas, ozonavimas, deoksidavimas, UV spinduliavimas. Technologijos turi būti veiksmingos, dezinfekcinės priemonės turi suveikti prie skirtingo jūros vandens druskingumo ir drumstumo. [27]

Chloravimas yra tradicinis metodas nuotekų dezinfekcijai. Chloras gali būti gaunamas iš jūros vandens elektrolizės būdu. Elektrolitinis chloravimas (elektrolizė) reikalauja tam tikro lygio druskingumo balastinio vandens. Chloro dioksidas taip pat gali būti naudojamas chloravimo technologijų metu. Šis būdas veiksmingas valant drumstą vandenį, tačiau valymo metu susidaro pavojingos cheminės medžiagos. Dezinfekavimas chloru yra universalus metodas, nes galima dezinfekuoti ir vamzdynų vandenį. Bet, išleidžiant balastinį vandenį, reikalingas cheminių medžiagų neutralizavimas. [1]

Ozonavimo valymo technologija yra veiksminga dezinfekuojant gėlą ir jūros vandenį. Gėlame vandenyje ozonas greitai suyra ir sudaro laisvuosius radikalus, kurie yra stiprūs antioksidantai, naikinantys organizmus. Jūros vandenį valant ozonu, inicijuojamos cheminės reakcijos, panašios į chloravimą. Šios reakcijos yra labai veiksmingos, nes susidariusi rūgštis naikina bakterijas. Balastinį vandenį valant ozonavimo technologija, yra sunaudojama daug elektros energijos, kuri reikalinga generatoriams. Ši sistema užima daug vietos, todėl geriausia naudoti didelio debito laivuose. Valymo procesas yra pakankamai brangus, o proceso metu yra išskiriamos cheminės medžiagos, kurias prieš pašalinimą iš laivo reikia neutralizuoti. [2]

Valymas UV spinduliais yra skirtas skaidyti ląstelių membranas, taip žudant organizmus arba sunaikinant jų gebėjimą daugintis. UV spinduliavimas yra dviejų pakopų valymo procesas su slėgio filtru, kuris šalina nuosėdas ir didesnius organizmus. Efektyvumas priklauso nuo balastinio vandens drumstumo: kuo drumstesnis vanduo, tuo žemesnis UV spinduliavimo efektyvumas. UV spinduliavimo technologija yra efektyvi deaktyvuojant mikroorganizmus, virusus ir bakterijas, paveikinat jų ląstelių DNR. [13]

Balastinio vandens valymui taikant kavitacijos technologiją, naudojamas Venturio vamzdis, išprovokuojantis hidrodinaminę kavitaciją: dėl sumažėjusio skerspjuvio ploto padidėja greitis, lydimas, remiantis pagrindine hidrodinamikos lygtimi, staigaus slėgio kritimo iki reikšmių, mažesnių už sočiųjų vandens garų slėgį. Prasideda intensyvus garavimas, dar vadinamas šaltuoju skysčio virimu. Skysčiui ištekančiam iš Venturio vamzdžio, slėgis auga, garų burbuliukuose garai kondensuojasi, o susidariusias tuštumas hidrodinaminio smūgio greičiais užpildo aplinkui esantis vanduo. Procesą lydi aukšta temperatūra, slėgio pulsacija, triukšmas ir kietųjų paviršių erozinis dilimas. Balastinio vandens valymo metodas kavitacijos metodu yra veiksmingas, tačiau labai lėtas. Išvalyto vandens debitas yra mažesnis negu balastinio siurblio darbo našumas. Norint pagerinti šį valymo metodą, reikia kombinuoti su UV spinduliavimu. [1]

Deoksidavimo valymo technologija yra ištirpusio deguonies šalinimas, kurį cisternose pakeičia neaktyvios dujos. Šis valymo būdas yra pakankamai naujas ir nepavojingas aplinkai. Valymo metu nesusidaro cheminės medžiagos, todėl laive nereikia kaupti jokių atliekų. Sistemos įranga yra sudėtinga ir brangi, o valymo efektyvumas reikalauja daug laiko. Laivams, plaukiojantiems trumpais atstumais, šis metodas nėra tinkamas, nes balastinio vandens valymas gali užtrukti keletą dienų. [27]

SeaKleen technologija yra tirpūs milteliai, kuriuos sudaro 80% menadiono ir 20% inertinės medžiagos. Naudojant šią technologiją reikia ištirpinami 1 – 2 gramų SeaKleen veikliosios medžiagos, kurios užtenka 1m³ balastinio vandens. Ši valymo technologija tenkina daugelio laivų savininkus ir yra ekonomiška. [34]

Apibendrinta informacija apie BWT sistemų privalumus ir trūkumus pateikta 3 lentelėje.

3 lentelė. Balastinio vandens valymo sistemų privalumai ir trūkumai

Balastinio vandens valymo būdai	Privalumai	Trūkumai
Filtravimas	Paprasta technologija; Nebrangūs; Neužima daug vietos laive.	Efektyvumas susijęs su srauto debitu; reikalingas reguliarus filtro valymas; Negali pašalinti mažesnių negu 10 µm skersmens mikroorganizmų.
Hidrocikloninis valymas	Paprasta technologija; Nebrangūs; Neužima daug vietos laive; Nebūtina pastovi techninė priežiūra.	Neišvalomos dalelės, kurių tankis yra mažesnis už balastinio vandens; Sumažėjus vandens debitui valymo veiksmingumas sumažėja; Efektyvumas priklauso nuo dalelių dydžio, sukimosi greičio ir trukmės.
Chloravimas	Galima dezinfekuoti ne tik balastinį vandenį, bet ir nutekamųjų vamzdinių vandenį.	Reikalingas išleidžiamo balastinio vandens neutralizavimas; Ardo tanko dangą ir sukelia koroziją.
Elektrolizė	Valymas vyksta labai greitai; Nereikia laikyti cheminių medžiagų laive; Įranga nebrangi; Neužima daug vietos.	Efektyvumas priklauso nuo jūros vandens druskingumo; Temperatūra turi būti mažesnė negu 35°C, todėl reikalinga papildoma šilumos reguliavimo sistema.
Ozonavimas	Nereikalingas cheminių medžiagų laikymas laive; Efektyvus valymas bakterijų ir virusų.	Sunaudojama daug elektros energijos; Brangus valymo procesas; Susidaro šalutinis produktas – bromidas; Įranga užima daug vietos; Reikalingas išleidžiamo balastinio vandens neutralizavimas.
Chloro dioksidas	Saugus ir patikimas metodas; Tinka įvairaus dydžio laivams; Įrangos matmenų įvairovė; Veiksmingai valo drumstiną vandenį.	Susidaro pavojingos cheminės medžiagos; Esant didelei chloro koncentracijai, susidaro toksiškos medžiagos, kurios spartina koroziją; Efektyvumas priklauso nuo chloro koncentracijos, aplinkos temperatūros, vandens druskingumo, pH ir poveikio laiko.
SeaKleen	Saugi ir paprasta technologija; Efektyvus; Didelis medžiagos tirpumas ir mažas reikiamas kiekis; Ekonomiška.	Reikalinga papildoma cheminių medžiagų laikymo įranga.
UV spinduliavimas	Ekonomiškas; Efektyvus; Nejautrus temperatūros pokyčiams.	Gera išvalo tik skaidrų vandenį; Brangi įranga.

Deoksidavimas	Nepavojingas aplinkai; Nereikia laikyti cheminių medžiagų laive; Korozijos prevencijos priemonė.	Įranga sudėtinga; Brangi įranga; Naikinant mikroorganizmus reikalauja daug laiko (mažas našumas); Netinka laivams plaukiojantiems trumpais atstumais.
Kavitacija	Veiksmingas valymas; Įranga paprasta; Užima nedaug vietos.	Vandens tekėjimo debitas yra mažesnis už balastinio siurblio darbo našumą; Diegiama tik nedidelio dedveito laivuose; Brangi įranga.

1 priede yra pateiktas balastinio vandens valymo sistemų katalogas [12]. Jame galima rasti visas esančias BWTS gamintojus ir būtent kokia valymo technologija yra naudojama.

II dalies išvados:

- 1) Fizinio separavimo (mechaninio) valymo technologija yra pati prasčiausia, pigiausia ir mažiausiai užima vietos lyginant su kitomis balastinio vandens valymo technologijomis. Tačiau ši valymo technologija nėra visiškai efektyvi, nes negali pašalinti mažesnių negu 10 µm diametro mikroorganizmų.
- 2) Cheminio dezinfekavimo valymo technologija yra pati efektyviausia. Cheminio valymo metu yra visiškai pašalinamos bakterijos ir virusai. Šios sistemos trūkumas yra tas, kad valymo metu išsiskiria kenksmingos cheminės medžiagos. Prieš išleidžiant balastinį vandenį reikia neutralizuoti balastinį vandenį. Taip pat cheminės medžiagos gali sukelti antikorozinės dangos irimą, be sukelti koroziją. Sistema yra sudėtinga ir brangi.
- 3) Fizinio dezinfekavimo valymo technologija yra brangi. Jos efektyvumas priklauso nuo vandens skaidrumo. Efektyvus mikroorganizmų išnaikinimas reikalauja daug laiko, todėl netinka trumpais atstumais plaukiojantiems laivams. Technologijos privatumas, kad neišskiria pavojingų cheminių medžiagų ir neužima daug vietos.

3. BALASTINIAI TANKAI

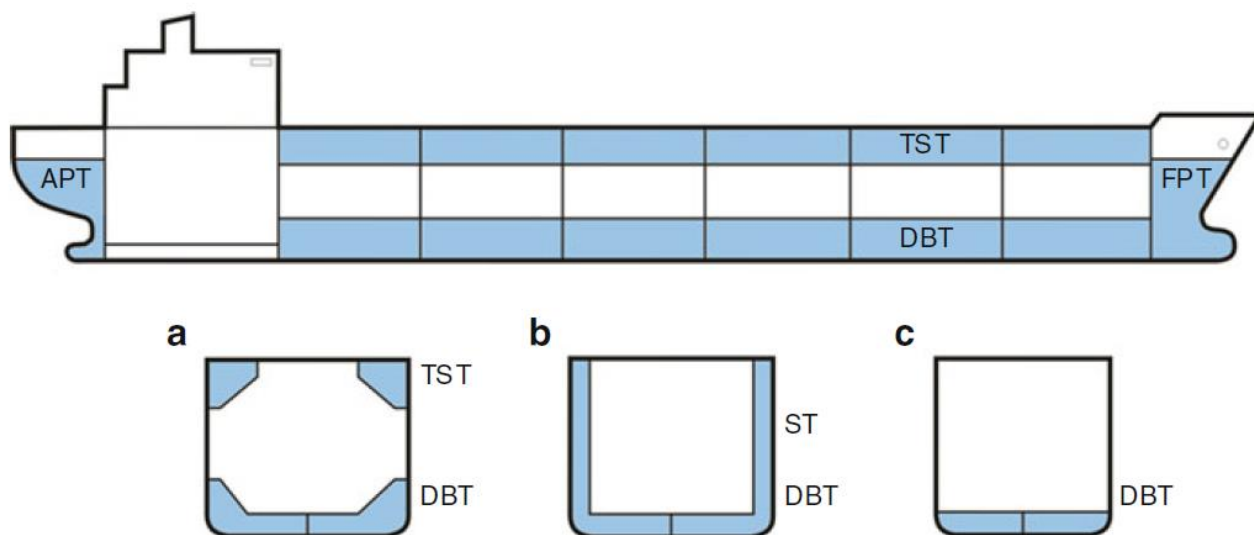
3.1. Balastinio tanko konstrukcija

Siekiant užtikrinti tinkamą laivo stovumą jūroje, balastas naudojamas grimzlės, diferento ir kreno reguliavimui. Tarptautiniai susitarimai, pateikti žmogaus gyvybės išsaugojimo jūroje (angl. *SOLAS - Safety of Life at Sea*) konvencijoje, reikalauja visus laivus konstruoti taip, kad jie išliktų vandens paviršiuje net po avarijos. Pagrindiniai konvencijos reikalavimai – laivo suskirstymas į skyrius, o taip pat tų skyrių suskirstymas į poskyrius. Balastas yra jūros vanduo, kuris yra pumpuojamas į balasto tankus (cisternas). Balastinių tankų skaičius, apimtis ir paskirstymas priklauso nuo laivo tipo ir dydžio. [11]

Balastinių tankų rūšys:

1. Dvigubo dugno tankai (angl. *DBT – double bottom tanks*)
2. Kairiojo ir dešiniojo bortų tankai išilgai laivo (angl. *ST – side tanks or WT – wing tanks*)
3. Laivapriekinis tankas (angl. *FPT – forepeak tank*)
4. Laivagalinis tankas (angl. *APT – after peak tank*)
5. Kairiojo ir dešiniojo bortų tankai po pagrindiniu deniu (angl. *TST – topside tanks or upper wing tanks*) [14]

Balastinių tankų rūšys schematiškai yra pateiktos 4 paveiksle. Taip pat 5 paveiksle yra pateiktas kaip balastinio tanko vaizdas realybėje iš vidaus.

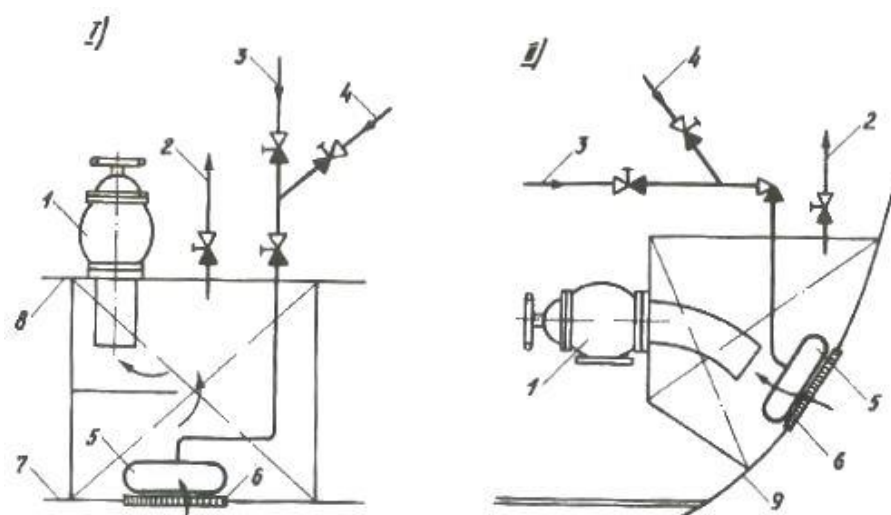


4 pav. Balastiniai tankai: a) balkerinių laivų; b) tanklaivių ir konteinerinių laivų; c) Ro – Ro ir generalinių krovinių laivų [14]



5 pav. Balastinio tanko interjeras: dvigubo dugno tankas (kairėje) ir išilginiai bortiniai tankai (dešinėje) [14]

Balastiniai tankai yra sujungti su balasto vandens siurbliais balastinio vandens vamzdynu. Siurbliais yra siurbiamas vanduo siekiant padidinti laivo svorį ir pagerinti stabilumą, kai kroviny yra iškrautas. Taip pat siurblių pagalba yra pašalinamas bortinis vanduo iš tankų, kai laivas būna pakrautas. Užbortiniam vandeniui įleisti povandeninėje dalyje yra įrengiami dugniniai arba bortiniai vožtuvai, vadinami kingstonais. [14] Kingstonai būna dviejų rūšių: dugninis ir bortinis, kurie yra pateikiami 6 paveiksle.



6 pav. Kingstonų schema: I – dugninis; II – bortinis

1 – kingstonas; 2 – oro vamzdis; 3 – garo tiekimo vamzdis; 4 – suspausto oro tiekimo vamzdis; 5 – garo arba suspausto oro tiekimo vamzdis; 6 – apsauginės grotelės; 7 – išorinis dugno apsiuvas; 8 – antro dugno apsiuvas; 9 – borto apsiuvas. [43]

Kingstono dėžės gali būti išdėstytos laivo dugne, korpuso briaunoje arba laivo borte ir visada simetriškai iš abiejų laivo pusių. Balastinių tankų užpildymas ir tuštinimas yra kontroliuojamas kingstono vožtuvais ir ventiliacijos angomis. Kartu dirbdami šie įrenginiai sukuria subalansuotą sistemą. Kai anga ir vožtuvas yra atidaryti, tai vanduo teka tiesiai į tanką. Kingstoninių dėžių priėmimo angos laivo korpusuose turi apsaugines groteles (žr. 7 pav.), kurios apledėjimo atveju gali būti apdirbamos garu ir suspaustu oru, o užsikimšus mechaninėmis priemaišomis – suspaustu oru. [43]



7 pav. Kingstono dėžių groteles

Balastinės sistemos siurbiai dirba debalastuojant vandenį. Balastinių tankų vanduo yra pašalinamas per borto išleidimo vožtuvus, kurie dažniausiai būna išsidėstę žemiau vandens lygio. Kai kurių laivų balastinio vandens išleidimas yra įrengtas virš vandens lygio. Daugiausiai tai būna balkeriuose, iš kurių vanduo išleidžiamas tiesiogiai iš šoninio tanko. Balastinio vandens pakrovimo ir iškrovimo operacijos valdomos iš centrinės balasto stebėjimo ir valdymo stoties. Balasto siurbiai pašalina didžiąją dalį balastinio vandens. [20]

3.2. Balastinio tanko dangos ir reikalavimai jų kokybei

Apsauga nuo korozijos yra pagrindinis ir reikšmingiausias priežiūros rodiklis visoje jūrų pramonėje. Norint veiksmingai taikyti ir prižiūrėti laivo dangas, kad kuo ilgiau jos tarnautų, reikia skirti didžiulį dėmesį apsaugai nuo korozijos. Žmogaus gyvybės apsaugos jūroje taisyklės, pagal Tarptautinės jūrų organizacijos (TJO) standartus MSC.215 (82) ir MSC.291 (87) įvedė eksploatacinių charakteristikų pakeitimus susijusius su apsaugine danga. Pakeitimuose minima, kad visuose specializuotose laivo erdvėse yra reikalingos apsauginės dangos. [46]

Balastinių tankų konstrukcijų dangos turi būti paruoštos pagal „IMO MSC.215 (82) Performance Standard for Protective Coatings for water ballast tanks“ standartą. Šis standartas apibrėžia reikalavimus apsauginėms dangoms ir jų tarnavimo laiką jūros laivų balasto tankuose [35]. PSPC standartas buvo patvirtintas 2008 m. gruodžio 8 d. ir taikomas visiems naujiems laivams, kurių [20]:

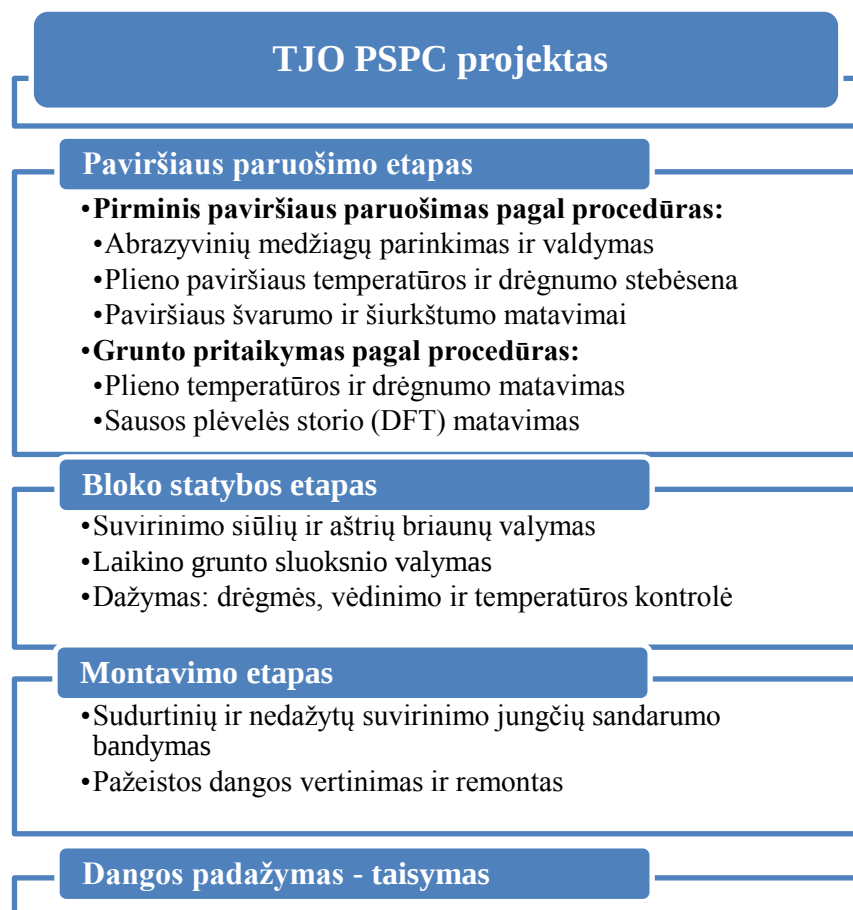
- Bendrasis tonažas daugiau nei 500GT;
- Statybų sutartis buvo pasirašyta po 2008 m. liepos 1 d.;
- Kyliis buvo paklotas po 2012 liepos 1 d.;
- Laivas atiduotas eksploatacijai po 2012 liepos 1 d.

Vandens balastinių tankų apsauginės dangos reikalingos tam, kad būtų lengviau prižiūrėti, apsaugoti konstrukcijas nuo korozijos, ankstyvesnio irimo ir išlaikyti laivus geros būklės. Norint gauti didesnę dangų veiksmingumą, reikia stengtis pagerinti dažymo kokybę statant laivą.

Dangų gamintojai siūlo keletą dangų, tinkančių balastinių tankų įvairovei, kurios pritaikytos tinkamai apsaugoti tankus nuo pažeidimų. Balastinių tankų dangos [4]:

- Akmens anglies deguto poliuretano danga;
- Modifikuota epoksidinė danga;
- Modifikuota epoksidinė danga, skirta naudoti žiemą;
- Gryna epoksidinė danga;
- Gryna epoksidinė danga su aliuminiu;
- Labai kieta, gryna epoksidinė danga;
- Akmens anglies deguto epoksidinė danga;
- Modifikuota epoksidinė danga skirta naudoti borto priežiūrai ir atnaujinimui.

Visoms aukščiau išvardytoms dangoms yra siūlomas dangų gamintojų specifikacijos. Jose yra nurodoma informacija, kur taikyti dangas, kaip paruošti paviršių prieš padengiant danga, kokiomis oro sąlygomis ir aplinkybėmis galima padengti dangą. [4]



8 pav. Antikorozinės dangos dengimo etapai [46]

8 paveiksle pateiktas tipinis algoritmas, nusakantis apsauginės dangos padengimo etapus naujo laivo statybos metu. Daugelis skirtingų laivų statyklų įsidiegė savo kokybės kontrolės sistemas, todėl kiekvienos laivų statyklos PSPC reikalavimai gali skirtis. Pažengusios laivų statyklos, laikydamos TJO PSPC reikalavimų, gali pagerinti dažymo našumą ir potencialiai sumažinti dangos eksploatacinės priežiūros ir remonto dažnį. Taip pat standartizuoti PSPC reikalavimai suteikia galimybę geriau kontroliuoti išlaidas statybos metu ir eksploatuojant laivą. [46]

Svarbiausi etapai, kurios turi įtakos PSPC įgyvendinimo kokybei:

1. Trišalė sutartis;
2. Kvalifikuotas dangų inspektorius;
3. Pirminis paviršiaus paruošimas;
4. Plieno apdirbimas;
5. Antrinis paviršiaus paruošimas;
6. Konstrukcijų montavimas;
7. Baigiamasis dangos taisymas;
8. Laivo dangos techninė priežiūra ir remontas;
9. Dangos techninė byla.

Trišalė sutartis yra skirta, kad trys šalys susitartų prieš pradėdant įgyvendinti PSPC projektą, kaip patenkinti visus reikalavimus ir pasiekti geresnes dangos savybes. Tarptautinė jūrų organizacija reikalauja, kad trys šalys (laivų statykla, dangos gamintojas ir savininkas), pasirašydamos sutartį, aptartų visas dangos dengimo detales nuo paviršiaus paruošimo iki dengimo proceso patikrinimo. Ši sutartis skirta padidinti dangos dengimo atitiktį, nuspėjamumą, bei padidinti produktyvumą. Pasirašytoje sutartyje šalys turi sutarti dėl padengimo vietos, dangos sistemos parinkimo ir padengimo inspektoriaus kvalifikacijos. Trišalėje sutartyje turi būti nurodyta, kokie ir kokių formų dokumentai bei duomenys yra reikalingi. Iš šių duomenų sukomplektuojama dangos techninė byla, kaip reikalauja TJO. [46]

Kvalifikuotas dangų inspektorius atlieka patikrinimus, kad dangos dengimas būtų atliekamas pagal TJO PSPC. Inspektorius turi būti sertifikuotas Nacionalinės korozijos inžinierių asociacijos (angl. *NACE - National Association of Corrosion Engineers*), Dangų inspektoriaus programos 2 lygio (angl. *CIP – Coating Inspector Program*), Norvegijos profesionalaus švietimo tarnybos ir sertifikuota inspektorių paviršių tyrimams – inspektorius 3 lygio (angl. *FROSIO - Norwegian Professional Council for Education and Certification of Inspectors for Surface Treatment*) [19]. Svarbu, kad dangų inspektorius būtų ne tik kvalifikuotas, bet ir turėtų jūrinių objektų dangos inspektoriaus patirties. Dangos inspektorius tikrina, ar dangos gamintojo dengimo techniniai duomenys suderinti su PSPC reikalavimais. Jis turi tikrinti kiekviename dangos etape: tiek paviršiaus paruošimo, tiek maišymo operacijoje, tiek padengimo etape. Inspektoriaus negali leisti nukrypti nuo specifikacijos. Tačiau, jeigu nustato, kad kažkurios šalies patvirtintas procesas yra neįgyvendinamas arba nepraktiškas, turi daryti pakeitimą dalyvaujant visoms trišalės sutarties nariams. Nukrypimai nuo PSPC reikalavimų yra neleidžiami. Dangos kokybės patikrinimas yra pagrindas, leidžiantis įvertinti dangos ilgaamžiškumą. [46] Sausos plėvelės tikrinimas pavaizduotas 9 paveiksle.



9 pav. Sausos plėvelės storio matavimas ir klasės tikrinimas [26]

Pirminis paviršiaus paruošimas yra svarbus ir laikomas visų dangų dengimo pagrindu. Teigiama, kad apie 70% visų pirmalaikių dengimo nesėkmių priežastis yra netinkamas paviršiaus

padengimas. PSPC tikslas yra tai kad danga pasiektų 15 metų tarnavimo laiką, būtų geros būklės ir nesuirytų. Atliekant išankstinį paviršiaus valymą, svarbu, kad būtų laikomasi PSPC reikalavimų (paviršiaus švarumas - Sa2,5 ir paviršiaus šiurkštumas – 30-75 mikronų). [11]

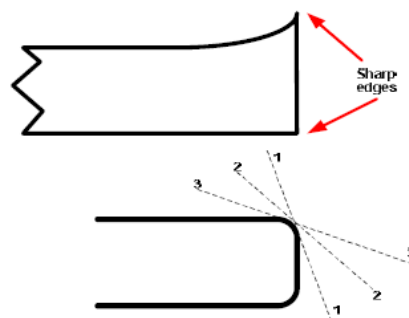


10 pav. Abrazyvinis paviršiaus valymas [6][36]

10 paveiksle yra parodyta tipinės abrazyvinės medžiagos, pagamintos iš plieno, ir paviršiaus valymo procesas. Apdirbant abrazyvų srautu, skriejančių abrazyvinių dalelių kinetinė energija naudojama nešvarumams, oksido plėvelei ar rūdžių sluoksniui pašalinti nuo apdirbamos detalės paviršiaus, taip pat paviršiaus šiurkštumui, spalvai, paviršiaus įtempių būviui ir pasiskirstymui pakeisti.

Prieš pradedant dengti apsaugines dangas, bet kokiame statybos etape laivų statykla, remiantis trišale sutartimi, turi nuspręsti, kokia dengimo sistema bus naudojama. Jeigu gruntas buvo išbandytas ir tipas pasirinktas kaip dalis pasirinktos dangos sistemos, tai gruntas gali būti valomas abrazyviniu būdu arba aukšto slėgio vandens srove. [30]

Plieno apdirbimas yra vienas iš svarbesnių dalykų, kurie pagerina dažymo našumą. TJO PSPC teigia, kad dangos našumą didina naudojant valcavimo profilius, išvengiant sudėtingų geometrinių konfigūracijų, sumažinant dantytą kraštą, teikiant lengvą paviršiaus paruošimą, dangų dengimą ir patikrinimą. Priklausomai nuo laivo dizaino, yra naudojamos T formos standumo briaunos arba profiliuoto standumo briaunos. Visos aštrios briaunos iš kiaurymių arba konstrukcijų kraštų turi būti užapvalintos minimum 2 mm spinduliu. Šis apvalinimo procesas atliekamas šlifavimo būdu. Briaunų apvalinimui gali būti naudojama kraštų apvalinimo mašina, tačiau taip galima apdirbti tik ilgas ir lygiagrečias briaunas. Šis būdas paspartina užapvalinimą, nors prieš juo naudojantis reikia vis tiek rankinio paruošimo. Visos suvirinimo siūlės, defektai ir tarša iš suvirinimo turi atitikti ISO 8501-2 P2 reikalavimus [22]. Plieno apdirbimo būdai ir reikalavimai pavaizduoti 11 ir 12 paveiksluose.



11 pav. Aštrių kraštų šlifavimas (kairėje) ir užapvalinimas (dešinėje) [3][22]



12 pav. Rankinis šlifavimas (karėje) ir kraštų apvalinimo mašina (dešinėje) [24][39]

Antrinis dangos paruošimas priklauso nuo pirminės dangos padengimo kokybės ir nuo paviršiaus būklės statybos metu. Paviršiaus danga turi atitikti TJO PSPC reikalavimus. Mechanškai ar kaip kitaip pažeistas paviršius suvirinimo siūlėse ir kraštuose turi būti nuvalomas smėliasvaidžiais iki Sa 2,5 paviršiaus švarumo. Nepažeistą dangą galima iškart klasifikuoti kaip dalį dangos ir valyti tik aukšto slėgio vandeniu siekiant pagerinti sukibimą su epoksidine danga. Dauguma laivų statyklų, remdamosi TJO PSPC reikalavimais, atlieka valymą smėliasvaidžiais visam konstrukcijos blokui. Toks variantas yra pateikiamas 13 paveiksle. Šis viso bloko valymas turi du privalumus. Pirmasis - nepalieka jokių šlifavimo pėdsakų ant plieno paviršiaus, nes naudojamas smėliasrautis valymas. Antrasis – paviršius tolygiai apdorojamas iki Sa2,5 švarumo ir, jeigu liko kokių defektų po pirminio paviršiaus paruošimo, jie pašalinami antrinio dangos paruošimo metu. [46]



13 pav. Viso konstrukcijų bloko valymas iki Sa2,5 švarumo [46]

Montuojant konstrukcijas ir sujungiant į blokus, dauguma konstrukcijų būna nudažytos ir padengtos apsaugine danga. Visos konstrukcijų sritys, montavimo sujungimai ir suvirinimų jungtys turi būti gerai apsaugotos ir padengtos tinkama danga. Norint įsitikinti, kad konstrukcijos gerai sujungtos, reikia atlikti sandarumo testus. Montavimo sujungimuose turi būti naudojama izoliacinė juosta, užtikrinanti sandarumą.

Suvirinimo jungčių pataisymus elektriniais šlifavimo prietaisais gali padaryti mažas dengimo vietų žalas ir taip pakenkti suvirinimo jungčių sandarumui. Abrazyvinio valymo metodui visada teikiamas pirmumas norint pataisyti jungtis, tačiau ne visada tai įmanoma. Pagal PSPC reikalavimus atliekant šlifavimo darbus padaryta žala negali viršyti 3% viso tanko dangos ploto, siekiant išlaikyti dangą geros būklės, kad gyvavimo laikotarpis būtų 15 metų. [46]

Baigiamasis dangos taisymas yra atliekamas iki galutinio patikrinimo. Kai tankas yra baigtas yra atliekamas galutinis patikrinimas pagal laivų statyklos kokybės kontrolę. Dangos inspektorius, laivo savininko ir dangos gamintojo atstovai patikrina ar visi dangos plotai sutvarkyti. Atliekamas paskutinis sausos plėvelės storio matavimas ir užregistruojama žurnale. Visų matavimų žurnalas turi būti pasirašytas ir patvirtintas visų trijų šalių. [46]

Laivo dangos techninė priežiūra ir remontas yra labai svarbu, kad danga išliktų geros būklės per 15 metų gyvavimo ciklą. Dangos priežiūrą atlieka laivo įgula pagal dangos techninį failą. Kai dangos būklė yra bloga, laivas turi būti remontuojamas, kad atstatyti dangos kokybę. Šis remontas yra kapitalinis ir atliekamas laivų statyklose arba laivų remonto įmonėse. Remonto atveju reikalingi visi dangos techninio failo dokumentai, kaip ir vykdant naują statybą. Klasifikacinė bendrovė reikalauja, kad tarpiniai dangos patikrinimai būtų atliekami kas 5 metus, kol dar dangos būklė yra pakankamai gera. Tai suteikia laivo savininkui ir operatoriams išlaikyti kuo ilgiau laivą geros būklės iki pristatant laivą remontui. [46]

Dangos techninė byla turi būti laikoma laive visą laivo gyvavimo laiką. IMO PSPC reikalauja kad dangos techninė byla būtų baigta laivų statykloje ir peržiūrima laivo vėliavos valstybės prieš išduodant pažymėjimą. Dangos techniniame faile minimaliai turi būti įtraukta nauja statyba, kvalifikacinis aptarnavimas ir remontas, tačiau gali būti dar papildomai pateikiama informacija. [46]

III dalies išvados:

- 1) Apsauga nuo korozijos yra pagrindinis ir reikšmingiausias priežiūros rodiklis visoje jūrų pramonėje. Norint veiksmingai taikyti ir prižiūrėti laivo dangas, kad kuo ilgiau jos tarnautų, reikia skirti didžiulį dėmesį apsaugai nuo korozijos. Pagrindiniai balastinio tanko dangų reikalavimai yra pateikti standartuose MSC.215 (82) ir MSC.291 (87).

- 2) Norint išvengti greito korozijos atsiradimo ir dangos irimo, reikia užtikrinti, kad visi konstrukcijų kraštai ir suvirintos jungtys būtų tinkamai padengtos bent dviguba juostelių danga. Visi konstrukcijų kraštai turi būti užapvalinti. Plyšiai, esantys konstrukcijų sujungimuose, turi būti užglaistyti. Sujungimai turi būti tinkamos formos, nuo visų konstrukcijų turi būti nuožulnos, kad nesivystytų plyšinė korozija.
- 3) Daugelis skirtingų laivų statyklių įsidiegė savo kokybės kontrolės sistemas, todėl kiekvienos laivų statyklos PSPC reikalavimai gali skirtis. Pažengusios laivų statyklos, laikydamosios TJO PSPC reikalavimų, gali pagerinti dažymo našumą ir potencialiai sumažinti dangos eksploatacinės priežiūros ir remonto dažnį. Taip pat standartizuoti PSPC reikalavimai suteikia galimybę geriau kontroliuoti išlaidas statybos metu ir eksploatuojant laivą.

4. BALASTINIO VANDENŲ VALYMO SISTEMŲ ĮTAKA LAIVO BALASTINIŲ TANKŲ ANTIKOROZINĖMS SISTEMOMS

4.1. Balastinių tankų korozija

Laivai yra nuolat veikiami sūraus vandens, dažus nuolat blukina saulė. Plieniniai laivų korpusai paprastai rūdija ten, kur yra nuolat veikiami jūros vandens ir jūrinės atmosferos. Tai išorinė apkala, įvairios vandens nutekėjimo angos, aikštelės prie trapų, zonos po iliuminatoriais, balastiniai tankai ir pan.

Projektuojant ir statant laivus, pagrindinis tikslas yra užtikrinti jų maksimalų eksploatacijos patikimumą ir ekonomiškumą. Tai gali būti pasiekama tik tuo atveju, jeigu statant bus laikomasi visų techninės eksploatacijos sąlygų, nurodytų projektinėje dokumentacijoje.

Eksploatacijos metu laivo korpuso elementuose dėl skirtingų priežasčių atsiranda defektai, kurie sutrumpina konstrukcijos ilgaamžiškumą ir sumažina patikimumą. Dilimo ir irimo procesai atsiranda trinties, erozijos, korozijos pasekoje, o taip pat dėl metalo nuovargio šiluminio efekto, eksploatacinių nukrypimų, sunkių eksploatacijos sąlygų ir avarijų. Nusidėvėjimo proceso intensyvumas priklauso nuo apkrovos, temperatūros sąlygų, paviršių dalyvaujančių trinties procese tarpusavio sąveikos, susidarančių rūgštingų plėvelių savybių, tamprumo ribos, termofizikinių savybių, cheminio atsparumo, metalų struktūros ir t.t. [8]

Praktika rodo, kad pirmiausiai korozija atsiranda ant išorinės apkalos, vaterlinijos lygmenyje. Korozija intensyvi ir balastinių vandenų tankuose, kur nuolatos vyksta jūrinio vandens pasikeitimas. Laikui bėgant pažeistų vietų plotas didėja ir korozijos procesas vyksta greičiau, koroziniai suardymai įgyja žaizdinės ir pitinginės korozijų savybes.

Laivuose korozija būna 3 rūšių, kuri pagal intensyvumą gali būti charakterizuojama taip [46]:

- Cheminė – tarpinis greitis, nors gali būti pavojinga;
- Biologinė – pati lėčiausia;
- Elektrocheminė – pati sparčiausia.

Balastiniuose tankuose dominuoja elektrocheminė korozija. Biologinė korozija gali būti papildoma. Elektrocheminės korozijos procesui reikalingas elektrolitas (užbortinis vanduo) ir katodinis – antodinis pasiskirstymas, kurį lemia daug faktorių [8]:

- Liekamieji vidiniai įtempimai metalo paviršiuje;
- Fizinės sąlygos (temperatūra, vandens tekėjimo greitis ir t.t.);
- O₂ kiekis vandenyje;
- Metalų lydinio cheminė sudėtis;

- Yra ar nėra kontaktas tarp skirtingų metalų;
- Kokio tipo mechaniniai įtempimai veikia laivo konstrukcijas laivo eksploatacijos metu.

Elektrocheminės korozijos tipiški pavyzdžiai: laivo korpuso korozija jūros vandenyje, plieno korozija išlydytame natrio chloride. Jūros ir upių vanduo yra geras elektrolitas, laivo korpuso metalas savo ruožtu turi cheminį ir struktūrinį nevienodumą. Priklausomai nuo laivo korpuso apsauginio sluoksnio storio, skirtingos laivo korpuso dalys turi nevienodą absorbcijos koeficientą. Dėl to laivo korpusas tampa panašus į daugiaelektrodinę sistemą, sudarytą iš anodinių ir katodinių zonų. Taip susidaro mikrogalvaniniai elementai. Veikiant korozinės elektros įtampai, vyksta metalo tirpimas ir susidaro korozinės opos. Korozijos vykimo mechanizmas konkrečioje aplinkoje, veikiant daugeliui faktorių, gali būti skirtingas proceso pradžioje ir proceso eigoje [8].

Atsižvelgiant į pastarąjį faktorių, korozija dar skirstoma į korozinį - nuovarginį irimą, korozinį pleišėjimą veikiant nuolatinei statinei apkrovai; korozinį - kavitacinį irimą, vykstantį dėl pulsuojančių mechaninių įtempių metalo paviršiuje, veikiamame elektrolito.

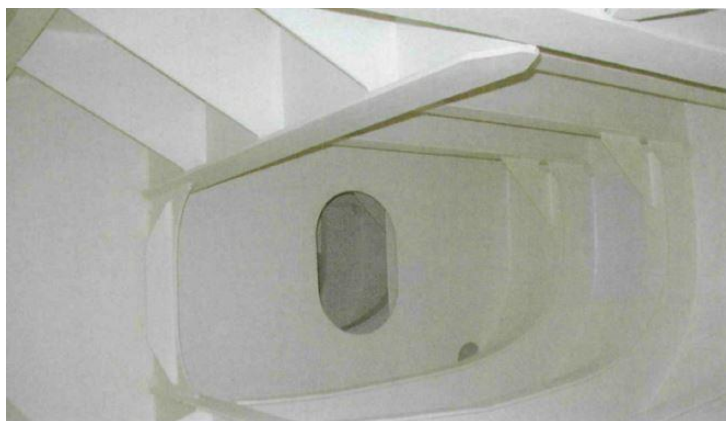
Korozinio dilimo intensyvumas priklauso nuo plaukiojimo trukmės, rajono, greičio, antikoriznės sistemos efektyvumo.

4.2. Balastinio vandens valymo sistemų įtaka tankų dangoms

PSPC teigia, kad apsauginės balastinių tankų dangos turi apsaugoti laivo konstrukcijas nuo korozijos 15 metų. Balastinio vandens valymo konvencija verčia laikytis D-1 ir D-2 standartų ir atitinkamai valyti balastinius vandenį ir stabdyti invazinių rūšių pervežimą iš vienos pasaulio dalies į kitą. Yra nemažai techninių sprendimų, kurie neutralizuoja balastinį vandenį, tuo pačiu keičia ir eksploatacinę balastinių tankų aplinką. Siekdami laikytis abiejų reikalavimų, laivo savininkai turi mokėti didesnę kainą už techninę balastinių tankų konstrukcijų priežiūrą, kadangi kai kurios valymo technologijos spartina korozijos procesus. Paprastai kalbant, balastinių tankų danga tinkamai nebeatlieka antikorozinės funkcijos. [32]

Balastinio vandens valymas (BWT) keičia vandens ir aplinkos kompoziciją tankuose ir tai priklauso nuo balastinio vandens valymo sistemos tipo. Dėl to gali pasikeisti antikorozinės dangos savybės. Kiekvienas valymo metodas sukuria skirtingą grėsmę tankų dangai, tačiau didžiausią potencialią grėsmę sudaro cheminio valymo metodai, sukeliantys greitą didžiosios dalies epoksidinių dangų irimą. Šiai dienai rinkoje yra daugiau nei 30 tokių valymo sistemų, kurios naudoja aktyvias medžiagas. Viena iš TJO patvirtinto protokolo proceso dalių yra ta, kad tiekėjas turi atlikti BWT įrangos suderinamumo su tankų dangomis bandymus. Visi atlikti bandymai ir gauti rezultatai turi būti pateikiami vartotojams arba dažymo įmonėms, kad būtų žinoma, kokia balastinio vandens valymo sistema (BWTS) kokią įtaką daro balasto tankų dangoms. TJO teigia, kad

apsauginės dangos veikiamos oksidavimo sistemų, greičiau pradeda irti. [10] Korozijos nepaveikta tanko danga pavaizduota 14 paveiksle.



14 pav. Geros būklės balastinio vandens tankas [17]

Mechaninis balastinio vandens valymo būdas nedaro jokios įtakos balasto tankų dangoms. Skirtingi filtravimo metodai nepaveikia dangos ir nesukelia korozijos. Tačiau cheminis valymas su veikliomis medžiagomis ir preparatais kelia didžiausią grėsmę tankų dangoms. [7] Balastiniai tankai paveikti cheminio valymo sistemų pavaizduoti 15 paveiksle.



15 pav. Balastinio vandens tankas prastos būklės (paveikta korozijos) [17] [32]

Cheminiam valymui priskiriamos medžiagos yra biocidai ir jų oksidacija, sukelianti balasto tankų dangų koroziją. Cheminio valymo medžiagos, kurios turi didžiausią oksidacijos potencialą yra pateikiamos 4 lentelėje.

4 lentelė. Medžiagos turinčios didžiausią oksidacijos potencialą. [32]

Oksidantas	Oksidacijos potencialas (V)
Ozonas	2,07
Vandenilio peroksidas	1,78
Chloro dioksidas	1,57
Chloras	1,36

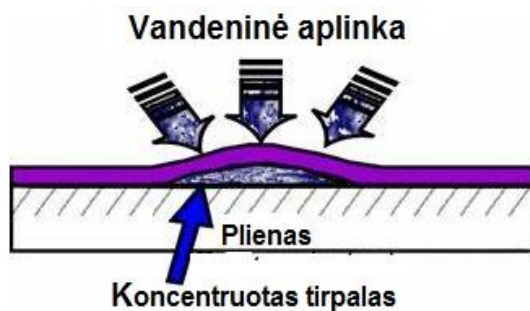
Cheminio balastinio vandens valymo būdų keliama grėsmė balasto tankų dangoms: [32] [18]

- Vandenilio peroksidui skylant susidaro deguonis ir vanduo. Didesnis deguonies kiekis skatina plieno, dangų ir esamų anodų koroziją. Vandenilio peroksidas yra oksidantas ir, jeigu jo yra valymo sistemoje, sukelia didelę žalą dangai.
- Peroksido acto rūgštis sumažina balastinio tanko dangos gyvavimo trukmę priklausomai nuo druskingumo, rūgštingumo ir temperatūros. Skylant šiai medžiagai, susidaro acto rūgštis, deguonis ir vanduo su vandenilio peroksido tirpalu, todėl ėsdina plieną, dangas ir esamus anodus.
- Ozonas sukuria chloro ir bromo reakcijos produktus. Jie taip pat yra galingi antioksidantai, kurie ėsdina metalą, plastiką ir žaloja dangas.
- Chloras, hipochloritas ir chloro dioksidas yra stiprūs oksidatoriai. Reaguoja su fenilo žiedu, kuris yra lyg stuburas epoksidinėms dangoms, taip sukeldami dangų minkštumą, skilinėjimą ir dangos degradaciją. Ėsdina plieną ir esamus anodus.

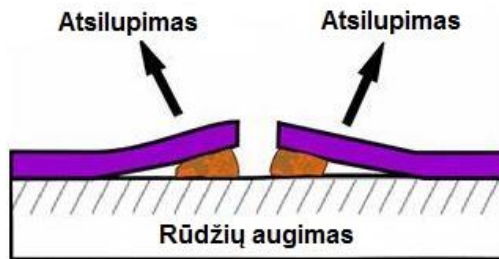
4.3. Apsauginės balastinio tanko dangos irimo mechanizmas

Balastinio tanko dangos įtrūkimus sunku prognozuoti. Yra 3 dangų trūkinėjimo proceso etapai, kurie gali užtrukti tam tikrą laiką ir tai priklauso nuo dangos. Pirmasis etapas yra vadinamas pradžios etapu, po kurio seka stabilizacijos ir dangos suirimo etapai.

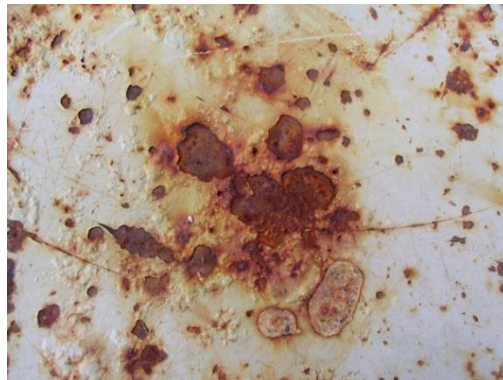
Pradžios etape danga yra santykinai plastiškos būsenos. Dinamiškai formuojamos poros, kurios blokuoja korozijos produktus, neleidamos korozijai plisti. Šis etapas gali trukti nuo 18 mėnesių iki 2 metų. Stabilizacijos etape maži ploteliai dangos pradeda atsiskirti nuo plieno dėl rūdžių iškilimo (17 ir 18 pav.) ar mikropūslių susidarymo (16 pav.). Paskutinio dangos suirimo etapo metu danga praranda visas dangos ilgaamžiškumo savybes ir pradeda irti. Balastinio tanko dangų savybių pastovų pablogėjimą lemia tai, kad prarandama nepasiskirsčiusių tirpiklių, plastifikatorių, todėl dangos tampa vis trapesnės. [4]



16 pav. Mikropūslių susidarymas[3]



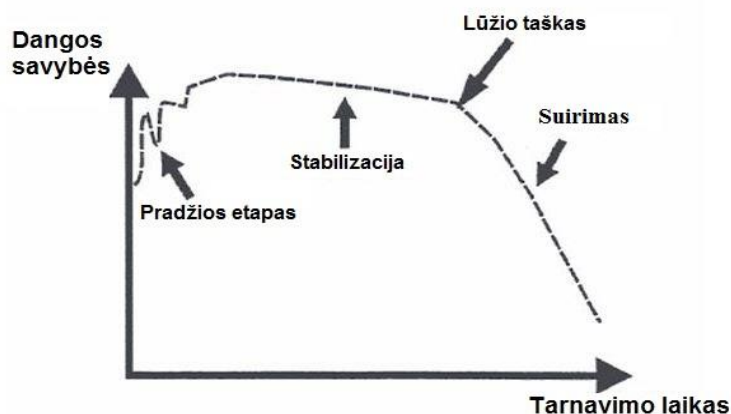
17 pav. Rūdžių augimas[3]



18 pav. Rūdžių iškilimas [9]

Rūdžių iškilimas sukelia dangos koroziją. Dangos korozija pasireiškia taip greitai ir dažnai, kad neįmanoma lengvai išvengti net ir reguliariai prižiūrint dangas. Jeigu danga nėra sutvarkoma tinkamai, tai remonto apimtys ženkliai išauga.

Visi paminėti dangų suirimo etapai vyksta laivo balastinio tanko gyvavimo metu, kai laivas yra pilnas (balastinis režimas) arba kai laivas tuščias (pakrauto krovinio režimas). Laivai privalo atlikti balastinio vandens pasikeitimą, taip išvengdami vandens mikroorganizmų migracijos tarp uostų. Tačiau šis balastinio vandens pasikeitimas yra kenksmingas laivo korpusui, ypač kai balasto cisterna pirmiausia ištuštinama ir pripildoma. Kai yra atliekamas balastinio vandens pasikeitimas siurbiant vandenį į balastinius tankus, tada tankuose prisikaupia šviežias jūros vanduo. Šiame jūros vandenyje yra daug deguonies, kuris turi įtakos laivo dangų ilgaamžiškumui. 19 paveiksle parodyta, kaip balastinio tanko dangos veikiamos įvairių veiksnių degraduoja ir praranda ilgaamžiškumą. [4]



19 pav. Dangos degradacijos grafikas laivų balastinio tanko gyvavimo metu [4]

Dangos ilgaamžiškumo savybės suskirstytos į tris pagrindinius etapus. Pradžios etapas trunka apie 6 mėnesius nuo dangos padengimo. Stabilizacijos etapas trunka nuo 6 iki 20 mėnesių. Suirimo etapas dažniausiai prasideda po 6 metų nuo dangos padengimo. 20 paveiksle pateikiamas grafikas su pagrindiniais dangos gyvavimo etapais.



20 pav. Balastinio tanko dangos irimo etapai [4]

Dangų irimas yra viena iš didžiausių problemų. Pastebėta, kad rimčiausias dangų irimas vyksta suvirinimo kritiniuose sujungimuose, konstrukcijų kraštuose, standumo briaunose ir sijose. Pagrindinių konstrukcijų dangų irimas pavaizduotas 21 paveiksle. [4]



21 pav. Korozija tarp pagrindinio denio sijos ir išilginių skersinių sujungimų [4]

21 paveiksle pateikta nuotrauka iš 15 mėnesių amžiaus dvigubo korpuso tanklaivio. Sritis struktūriškai yra viena svarbiausių laivo jungčių, kurios bet koks gedimas gali pakenkti laivo būklei. Paveikslas pristato tipinius neveiksmingu dangų tvarkymus, kurie gali būti randami daugelyje kitų vietų ir panašiuose laivuose. Dangos irimas sujungimo vietose gali sukelti katastrofinę laivo avariją.

Balastinio tanko dangos irimų ir defektų yra daugybė rūšių. Dauguma defektų rezultatai yra susiję su dažų ir dangų atsiskyrimu. Dažnai dangų irimai įvyksta dėl įvairių priežasčių, kurias gali nustatyti tik patyrę ekspertai.

Dažniausiai pasitaikantys dangų defektai ir irimo rūšys:

1. Pūslės
2. Irimas po dangos plėvele
3. Kiaurymių kraštų irimas
4. Suvirintų sujungimų korozija
5. Kalkių apnašos ant dangų
6. Prastas dangos paruošimas
7. Dangos skilinėjimai nuo dumblo ar purvo
8. Įtempimų sukelti dangos gedimai

Pūslės dažniausiai būna paplitusios tam tikrame dangos plote. Toks paplitimas vadinamas klasterinis arba bėrimas. Vidus būna pripildytas skysčio, pusrutulio formos dažų arba metalo pūslės. Jos gali susidaryti tarp dažų sluoksnių, tačiau tai mažiau paplitęs. [4] Tipinis pūslių bėrimas nurodytas 22 paveiksle.



22 pav. Pūslių išsidėstymas laivo konstrukcijų dangose [37]

Pūslės dažniausiai susidaro nuo užteršto pagrindo prieš padengiant dangą arba išplaunant šarmus iš pačios dangos ir perkelia ant metalo sąsajos sluoksnio. Vanduo visada migruoja plėvelėmis dėl osmoso. Osmosinis slėgis per lizdines pūsles nuolatos balansuoja dangos sukibimą aplink savo perimetrą, tada pūslės nustoja augti.

Kai kurios pūslės daro įtaką korozijos plotams ir prarandamiems anodams. Šiuo atveju pūslių augimas yra varomas elektrochemiškai. Dažniausiai pūslės nerodo korozijos pažeistos medžiagos ir yra paplitusios tose vietose, kur gali būti pažeistos mechaniškai. [4]

Irimas po dangos plėvele dažniausiai atsiranda dėl nepakankamo plėvelės padengimo arba per mažo storio. Toks dangos irimas yra vienas iš labiausiai paplitusių dangos nesėkmių ir sukelia

rudžių plotus. Kartais taip atsitinka vien dėl to, kad dangos padengimas būna praleidžiamas. Šis dangos irimas pasitaiko nuotekų vietose ties balastinio tanko viršumi. [37] Tipinis dangos irimas po dangos plėvele parodytas 23 paveiksle.



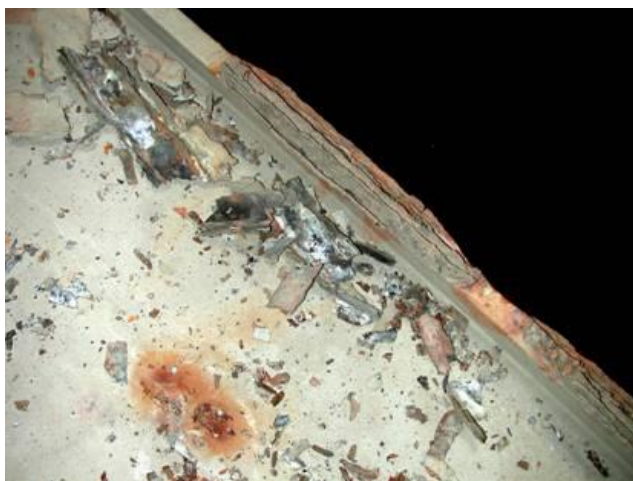
23 pav. Irimas po dangos plėvele. [3]

Dangos irimas, atsirandantis po dangos plėvele, vėliau perauga į rūdžių dėmes, kurių paplitimas didėja dėl šiltų ir drėgnų sąlygų. Po dangos plėvele irimas paprastai įvyksta pirmiausia viršutiniuose paviršiuose išilginių sutvirtinimų ir išilginėse denio sijose. Vandens likutis lieka ant abiejų paviršių ilgesnį laiką negu yra ištuštinami tankai. [37] Rūdžių dėmių plėtimas parodytas 24 paveiksle.



24 pav. Rūdžių dėmių augimas po dangos plėvele [37]

Kiaurymių kraštų irimas prasideda ankščiausiai ir vyksta aplink išpjovų kraštus. Norint padengti kiaurymių kraštus apsaugine danga, laikomasi ypatingos technologijos. Paviršiaus įtempimai šlapioje plėvelėje, aukštas greitis dangos purškimo metu ir prastas paviršiaus paruošimas prieš dengiant apsauginę dangą yra pagrindinės priežastys, sukeliančios dangos apie konstrukcijų kraštų irimus. [4] Dangos irimas konstrukcijų kraštuose ir aplink kiaurymes pavaizduotas 25 ir 26 paveiksle.



25 pav. Dangos irimas konstrukcijos briaunoje [37]



26 pav. Dangos irimas aplink kiaurymės briaunas [3]

Suvirintų sujungimų korozija savo eiga yra labai panaši į konstrukcijų briaunų irimą. Suvirintuose sujungimuose paprastai vyksta dviejų tipų korozija. Pirmuoju atveju korozija pasireiškia abiejose suvirintose siūlės pusėse. Korozijos atsiradimas suvirinimo siūlės viduje susijęs su oksido burbuliukų susikūrimu suvirinimo metu. [4] Šis korozijos atsiradimo būdas pavaizduotas 27 paveiksle.



27 pav. Suvirinimo siūlės ir terminio poveikio zonos korozija [3]

Antruoju atveju korozija pasireiškia ir danga pradeda irti daug arčiau suvirinimo siūlės, dėl prasto paviršiaus prieš dengimą apsaugine danga. [37] Šis korozijos atsiradimo variantas yra pateikiamas 28 paveiksle.



28 pav. Suvirinimo siūlės korozija [3]

Kalkių apnašos ant dangų yra viena iš dangų pažeidimo ir irimo rūšių. Anodo irimas balastiniame tanke sukelia hidroksido jonų atsiradimą ant dangos. Šis hidroksido jonų pasidengimas ant dangos slopina ir užkerta kelią korozijos atsiradimui po danga. Tačiau yra šalutinis poveikis – atsiranda balta kreidos medžiaga po danga, kitaip vadinama kalkėmis. [37]

Kalkės ant dangos atsiranda dėl anglies dioksido reakcijos su hidroksido jonais ir pusiau tirpiaisiais karbonatais, kurie atsiranda iš jūros vandens. Kai katodų apsaugos sistema dirba gerai, tai sąnašų apimtys pakanka užpildyti įtrūkimus pažeistame plote. Kai anodas yra perkrautas, tada sąnašų apimtys susiformavusios po danga gali apaugti plieną ir susilpninti plieną. Kalkių apnašos ant dangos yra pavaizduotas 29 paveiksle.



29 pav. Kalkių nusėdimas ant dangos [37]

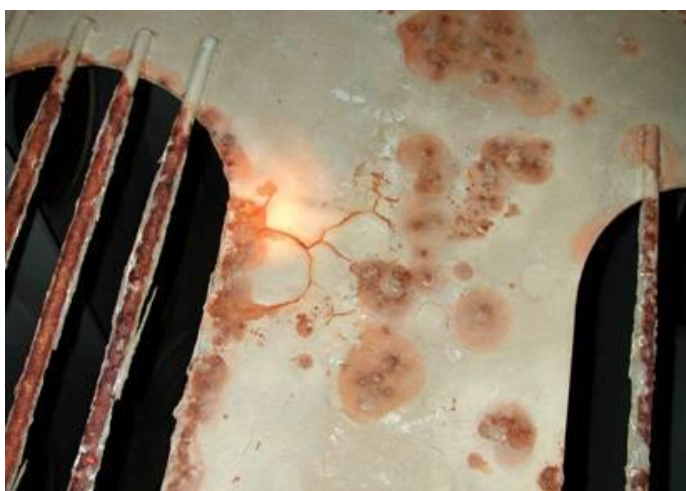
Prastas dangos paruošimas yra viena iš pagrindinių dangos irimo priežasčių. Kai dangos plėvelė yra geros būklės ir storis yra daugiau nei $250\mu\text{m}$, tai gali atsirasti tik mikro pūslių defektas.

Tačiau, kai apsauginė danga yra blogai padengiama arba per plona, tai tada pasireiškia įvairūs dangos irimai, korozija. Šis dangos irimas yra pavaizduotas 30 paveiksle.



30 pav. Dangos irimas dėl prasto paviršiaus paruošimo [4]

Dangos skilinėjimas dėl dumblo ar purvo tipiniame modelyje susidaro plyšis, žemyn nuo paviršiaus dangos iki metalo. Purvo susikaupimas ant paviršiaus sumažina dangos sąsają su plienu. Dėl šios priežasties atsiradusi korozija sukelia dangos skilinėjimus ir plyšius. Taip pat dangos skilinėja ir dėl nepakankamo dangos storio sujungimuose [37]. Tipinis plyšių susidarymas nuo dumblo ar purvo pavaizduotas 31 paveiksle.



31 pav. Dangos pleišėjimas dėl purvo ir dumblo poveikio [4]

Įtempimų sukelti dangos gedimai

Įtempimai ir deformacijos ir viena svarbiausių priežasčių, sukeliančių dangos gedimus. Įtempimų koncentracija tampa anodu, todėl koncentruojasi korozija.



32 pav. Nuo įtempimų koncentracijos atsiradusi korozija ties angomis [37]

Įtempimai taip pat gali sukelti pleišėjimą, danga atsilupa dėl skirtingų dangos ir pagrindinio plieno mechaninių savybių. Dangos gedimai nuo atsiradusių įtempimų pavaizduoti 32 paveiksle.

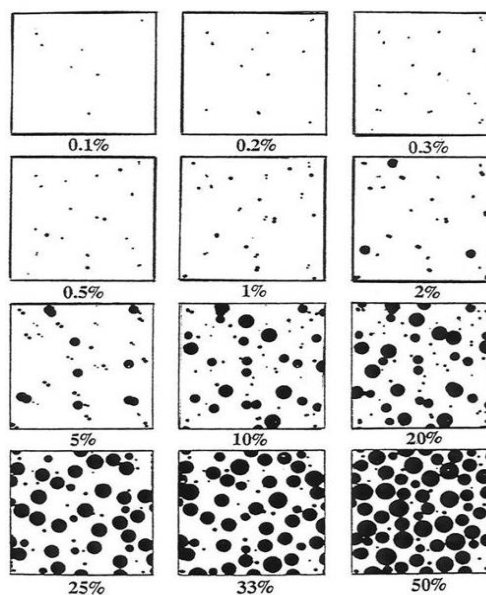
4.4. Balastinio tanko dangos irimo įvertinimas

Savininkai, statytojai ir dangų gamintojai laivo statybos metu privalo įvertinti dangą naujame laive. Šios trys šalys turi sekti nustatytas dangų procedūras, kad sutartų dėl esamos dangos. Kad visos šalys rastų bendrą sprendimą, jos tiesiog turi laikytis Tarptautinės klasifikacinių bendrovių asociacijos (angl. *IACS - International Association of Classification Societies*) nustatytos dangų procedūros SC 122. Šioje procedūroje yra aprašomi visi reikalavimai, kurių reikia laikytis norint išvengti korozijos balastiniuose tankuose. Bet kokie pasikeitimai planavime gali padaryti įtaką galutinei dangos kokybei. Danga turi būti tikrinama siekiant užtikrinti kad ji yra visiškai suderinta su laboratorijos bandymų protokolais sprendžiant ypatingos dangos formulavimą. [4]

Plieno padengto epoksidinėmis dangomis tarnavimo laikas yra apie 4% didesnis lyginant su nepadengtu plienu. Per pirmuosius kelerius tarnavimo metus susidaro plieno susiraukšlėjimas ir šlytis. Daroma išvada, kad veikiant šlyties ir lenkimo poveikiui konkrečiai suvirinimo siūlei ar plokštei pirma pasireiškia dangos suirimas esant atitinkamais etapais. [4]

2 priede yra pateikiamos dangų dengimo specifikacijos, kuriose yra nurodytos išsami dangos dengimo tvarka, bei dengimo savybės naujiems statiniams. Keletas daiktų susijusių su dangų formavimo reikalavimais nėra įtraukti. Specifikacijose pabrėžiamas pailgėjimas dangų amžiaus, įrodytos dangų formuluotės galinčios išlaikyti laiką be suirimo svarbiose srityse (pabrėžiamos suvirinimo jungtys) balastinio tanko struktūros.

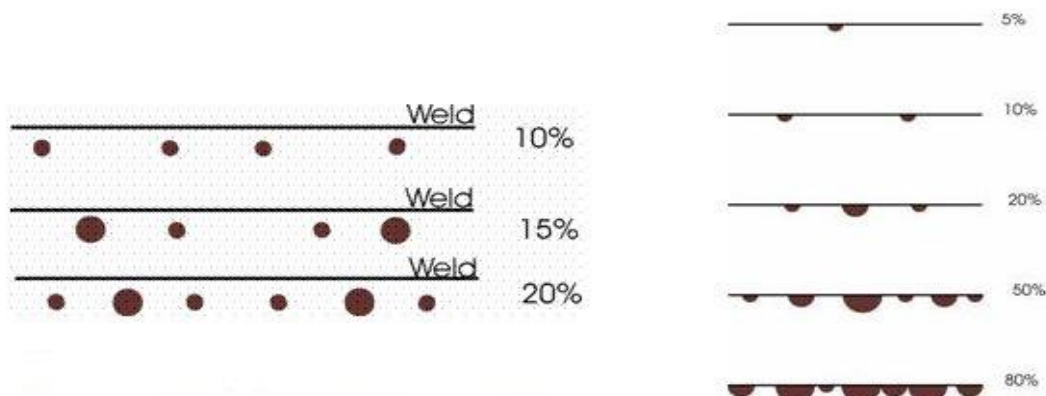
Nustatyti dangos irimo veikimą balastiniuose tankuose yra labai sudėtinga. Šis veikimas elektrocheminio pobūdžio su dideliu katodu kiekiu ant plokštelių paviršiaus judinant mažus anodus, kuris gali pasireikšti suvirinimo sujungimuose ir kraštuose [4]. 33 paveiksle pateikiama korozijos ir dangos irimo įvertinimo pasiskirstymo diagrama pagal dabartinius nuostatus.



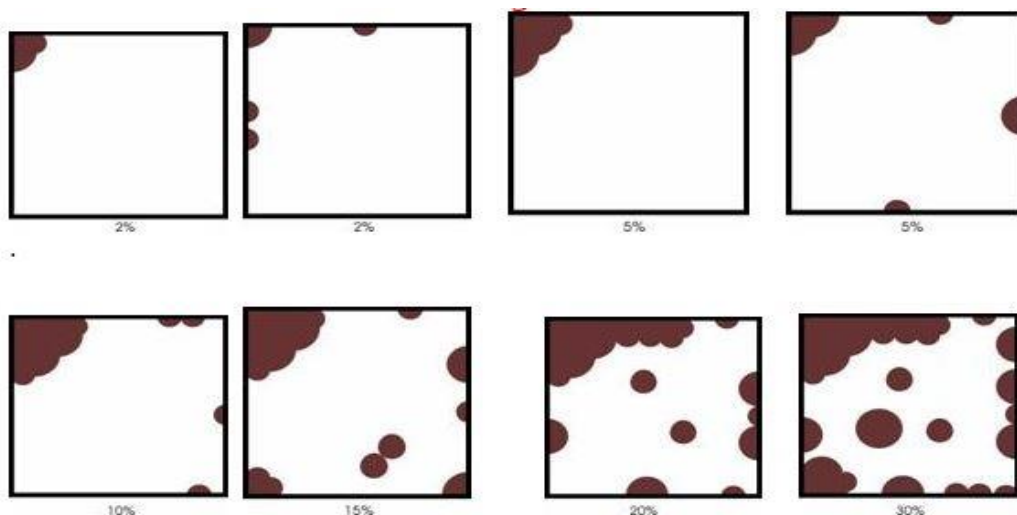
33 pav. Dangos suirimo vertinimo skalės diagrama [3]

Paplitusi korozijos koncentracija papildomai veikiama aukštos įtampos sąlygų sukels dangų irimą pažeidžiamiausiuose konstrukcijų plotuose. Norint išvengti tokių pažeidimų reikia užtikrinti, kad visi konstrukcijų kraštai ir suvirintos jungtys būtų tinkamai padengtos (bent dviguba juostelių danga).

Dangos irimo vertinimas balastiniuose tankuose yra reglamentuojamas IACS remiantis dangos suirimo vertinimo skalės diagramomis, kurios pateiktos 32 paveiksle. Šioje diagramoje pateikiama apžvalga bendrojo tanko būklės, kur keletas svarbiausių vietų nebuvo galima identifikuoti. Šias vietas galima nustatyti naudojant naujos apimties diagramas, skirtas vertinti korozijos įvertinimui konstrukcijų kraštuose ir suvirinimo jungtyse [4]. Šios diagramos yra pateiktos 34 ir 35 paveiksluose.



34 pav. Linijinių įdubimų paplitimo diagrama [3]



35 pav. Apibrėžtos dangos irimo paplitimo diagrama [3]

Tiriant dangos irimo paplitimus buvo priimtas sprendimas, kad reikšmingai sumažėja suvirinamo plieno pagrindas. Toks dangų irimas gali sukelti visišką dangų sistemos žlugimą. Visas dangų vertinimo skales ir irimo paplitimo diagramas būtų galima sujungti į konkretų protokolą. Pagal šį protokolą būtų galima nustatyti dangų irimo tipą, korozijos apimtį, virinamo pagrindo sumažėjimą ir anodo atidavimą. Visa tai gali būti pateikta skaitmeninėje formoje. Tai gali įvertinti vizualines dangų kliūtis visumoje ir suteikti daugiau žinių dangų gamintojams, tiekėjams, laivų savininkams ir operatoriams apie dangos irimo tipą ir paplitimo problemas balastinio tanko dangoms. [4]

4.5. Protektorinė balastinių tankų apsauga ir jos ilgaamžiškumo tyrimas

Pasaulinio laivyno avarijų statistika rodo, kad pavojingiausia inžinerinių konstrukcijų įrimo rūšis yra trapusis irimas, kuris prasideda labai staigiai ir vystosi dideliu greičiu. Trapiojo irimo priežastimi dažniausiai būna koroziniai ir nuovarginiai defektai, ypač tie, kurie susikongravę apie suvirintos siūlės, staigaus konstrukcinių elementų skerspjuvio pjūvio kritimo vietose, rinkinio elementų susikirtimo zonose, išpjovose.

Kadangi praktiškai visi išvardinti reiškiniai aptinkami balastiniuose tankuose, TJO (IMO) įvedė šias pataisas – SOLAS-74 konvencijoje:

- Techninės laivo korozinės apsaugos sistemų (KAS) aptarnavimas turi būti įtrauktas į bendrą laivo techninio aptarnavimo planą;
- KAS efektyvumas turi būti periodiškai patvirtinamas atlikus inspekcijas;
- KAS efektyvumo kriterijumi laikomas periodinis bet kokių defektų remontas (taškinė korozija, vietinis irimas ir pan.) ir apsauginės dangos atstatymas pagal dažų tiekėjų specifikacijas ir instrukcijas;

- KAS techninio aptarnavimo metu turi būti apžiūrimi ir keičiami pagal poreikį protektoriai, apžiūrima danga šalia protektorių.

Balastiniai tankai be kokybiškos apsauginės dangos privalo turėti protektoarinę apsaugą, kuri pradeda veikti pažeidus apsauginę dangą ir susidarius galvaninei porai. Efektyvi protektoarinė balastinių tankų apsauga yra ypač svarbi, nes balastinio tanko dangos būklės įvertinimo ir atstatymo procedūros yra imlios laikui dėl griežtų reikalavimų paviršių paruošimui prieš dažymą. Protektoarinė apsauga naudojama ten kur reikia slopinti elektrocheminę koroziją t.y. ten kur pažeista apsauginė danga ir vyksta taškinė arba opinė korozija.

Protektoarinės apsaugos veikimas yra paaiškinamas kaip anodinis procesas, kurio metu tirpsta plienas. Šis procesas vyksta kai metalo geležis praranda 2 elektronus ir tampa geležies jonu tirpale. Jei potencialiai koroduojantis daiktas yra nuleistas prie grįžtamojo potencialo anodo reakcijos, tada metalo tirpimas bus sustabdytas, nes tirpimo norma bus subalansuota nusėdimo normai. [4]

Balastinių tankų apsaugai naudojami cinko ir aliuminio protektoriai. Aliuminiai protektoriai gali būti taikomi tais atvejais, kai potencinė protektoriaus energija neviršija 275J. Magnio protektoriai balastiniuose tankuose yra draudžiami. Protektorių išdėstymo schemas rengiamos atsižvelgiant į balastinių tankų paviršių konfigūraciją. Šios schemas turi būti laikomos laive ir naudojamos apžiūrų ir remontų metu. Protektoriai tvirtinami horizontaliuose dvitėjinių sijų paviršiuose, prie stringerių, todėl protektorių konstrukcijos forma ir dydis būna tokia, kad jie pakankamai priglustų prie paviršių, tolygiai išsidėstytų. Protektoriaus pavyzdys yra pateiktas 36 paveiksle. Išilgai protektoriaus yra įvirinta plieninė plokštelė (armatūra). Šio tipo protektorius bus naudojamas ir tolimesniame tyrime. Protektoriaus matmenys yra pateikiami 3 priede.



36 pav. Z-5C tipo protektorius [47]

Skaičiuojant protektorių kiekį, turi būti žinoma ši informacija:

- Konstrukcijos paskirtis;
- Saugomo paviršiaus plotas;
- Protektoriaus medžiaga;
- Apsauginės dangos tipas;

- Balastinės sistemos darbo ciklo parametrai;
- Apsauginės srovės tankis, kurio nudažytas paviršiaus sudaro 0,110 A/m²; iki St3 ir Sa2 kokybės nuvalytiems prieš dažymą paviršiaus – 0,030 A/m²; iki Sa2,5 nuvalytiems paviršiams – 0,010 A/m².

Reikalinga protektorių masė skaičiuojama pagal formulę:

$$M = 8760 \cdot i \cdot S \cdot r \cdot T \cdot Q_t, \quad (1)$$

Čia: M – protektorių masė;

i – apsauginės srovės tankis, A/m²;

S – saugomas paviršiaus plotas, m²;

r – apsauginės sistemos tarnavimo laikas, metais;

T – balastavimo laikas, %;

Q_t – protektoriaus srovė, A · h/kg.

Protektorių kiekis skaičiuojamas pagal formulę:

$$N = M / m \quad (2)$$

Čia: N – kiekis;

m – parinkto protektoriaus masė.

Praktika rodo, kad apsauginis protektorių plotas yra 6-8 m², todėl reikalingą protektorių skaičių galima preliminarai apskaičiuoti ir pagal balastinio tanko paviršių plotą.

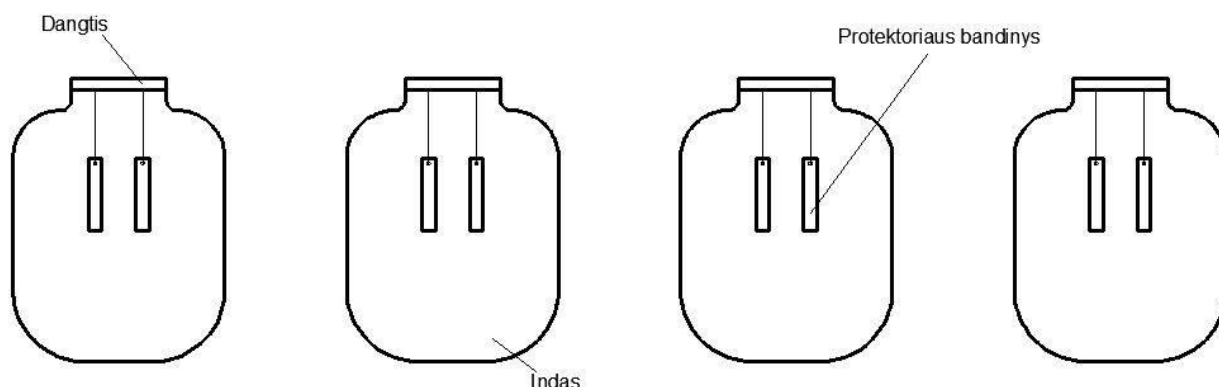
Protektorinė sistema neveikia, kai tankas neužpildytas balastu ir tankuose, kuriuose šis laikas neviršija 20%. Taip pat sistema neveikia, jei vandens druskingumas mažesnis nei 12%. Tokiais atvejais protektorių paviršius padengiamas korozijos ir pasyvuojančiais produktais.

Prieš protektorių montavimą tikrinama jų kokybę patvirtinanti markiruotė (gamintojas, tipas, matmenys ir markė). Prieš montажą nedarbinis protektoriaus paviršius turi būti padengtas 2 sluoksniais epoksidinio glaisto. Dažant tankus, ant protektorių darbinio paviršiaus negali patekti dažų arba užtiškę turi būti nuvalyti metaliniais šepetiais.

Tyrimo metodika.

Valant balastinį vandenį cheminiais būdais, ypač chloruojant ir ozonuojant, balastiniame vandenyje lieka aukšta koncentracija chemikalų, kurie spartina protektorių irimą. Siekiant nustatyti chloravimo įtaką protektorių tarnavimo laikui, buvo atliktas eksperimentas: 4 dviejų litrų talpos indai su Baltijos jūros vandens pavyzdžiais buvo apdoroti natrio hipochloritu ir gautos šios koncentracijos: 3 mg/l, 5 mg/l, 10 mg/l ir 20 mg/l. Išvardintos koncentracijos pasirinktos po BWTS analizės ir reikalavimų išleisti už borto balastinį vandenį ne didesnės nei 0,5 mg/l koncentracijos. Didžiausia koncentracija pasirinkta atsižvelgiant į maksimaliai leistiną koncentraciją valymo metu, nes kai likęs chloras balastiniame tanke transportavimo metu suskyla iki leidžiamų koncentracijų. Į kiekvieną indą patalpinta po 2 bandinius, išpjautus iš cinko protektoriaus, kuriuose galvaninė pora

susidaro tarp plieno armatūros ir protektoriaus medžiagos (36 pav.). Bandymui pasirinktas protektorius yra pateiktas 32 paveiksle. Prieš patalpinimą į elektrolitą (jūros vandenį), bandinių paviršius buvo apdirbtas vandenilio peroksidu, bandiniai buvo pasverti analitinėmis svarstyklėmis ir sumarkiruoti. Indai laikomi tamsoje, uždaryti plastmasiniais dangčiais, siekiant imituoti realias sąlygas laivo balastiniuose tankuose (neapšviečiamos ir neventiliuojamos reiso metu patalpos). Bandiniai buvo sveriami kas 3 dienas ir taip nustatoma jų dilimo priklausomybė nuo chloro koncentracijos jūros vandenyje. [28]



37 pav. Bandymas siekiant nustatyti chloravimo įtaką protektoriaus ilgaamžiškumui

Darbo rezultatai:

Norint nustatyti chloro koncentracijos esančios jūros vandenyje daromą įtaką antikorozinei sistemai (protektoriui), buvo lyginamos cinko protektoriaus dilimas 3 mg/l, 5 mg/l, 10 mg/l ir 20 mg/l koncentracijos apdorotos natrio hipochloritu Baltijos jūros vandenyje.

Atlikus matavimus buvo vertinamas protektorių bandinių masės pokytis. Eksperimento rezultatai parodė, kad 20mg/l koncentracijos tirpale protektoriai irsta 1,5 karto greičiau nei 3mg/l koncentracijos tirpale. Galima teigti tai, kad kuo didesnės koncentracijos tirpalas tuo greičiau vyksta protektoriaus dilimas.

Tyrimo rezultatai suvesti į 5 lentelę.

5 lentelė. Tyrimo rezultatai.

Nr.	20mg/l				10mg/l			
	m_1	Δm_1	m_2	Δm_2	m_3	Δm_3	m_4	Δm_4
1	124,546	0,0000	119,795	0,0000	109,556	0	108,148	0
2	124,804	-0,2072	119,971	-0,1469	109,695	-0,1269	108,311	-0,1507
3	124,713	0,0729	119,873	0,0817	109,643	0,0474	108,228	0,0766
4	124,725	-0,0096	119,872	0,0008	109,641	0,0018	108,226	0,0018
5	124,718	0,0056	119,87	0,0017	109,639	0,0018	108,225	0,0009

5 lentelės tesinys

Nr.	5mg/l				3mg/l			
	m ₅	Δm ₅	m ₆	Δm ₆	m ₇	Δm ₇	m ₈	Δm ₈
1	105,83	0	96,588	0	143,171	0	114,117	0
2	105,963	-0,1257	96,628	-0,0414	143,415	-0,1704	114,215	-0,0859
3	105,896	0,0632	96,612	0,0166	143,328	0,0607	114,186	0,0254
4	105,898	-0,0019	96,612	0,0000	143,327	0,0007	114,186	0,0000
5	105,898	0,0000	96,61	0,0021	143,325	0,0014	114,185	0,0009

Apskaičiuojami visų bandinių masės pokyčiai:

$$\Delta m_n = \frac{m_n - m_{n+1}}{m_n} \quad (5)$$

$$\Delta m_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% = \frac{124,546 - 124,804}{124,546} \cdot 100\% = -0,2072\%$$

Kiti skaičiavimai atliekami analogiškai. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 5 lentelėje. Pagal pateiktus lentelės duomenis yra sudaromi bandinių masės pokyčių priklausomybės nuo laiko grafikai (38 pav.). Pagal šiuos grafikus bus skaičiuojami protektoriaus dilimo greitis. Norėdami išsiaiškinti, kurioje tirpalo koncentracijoje vyks dilimas greičiausiai, reikės paskaičiuoti, per kiek laiko bandinys neteks 50g masės. Šiuos skaičiavimus atliksime pagal grafike pateiktas lygtis.

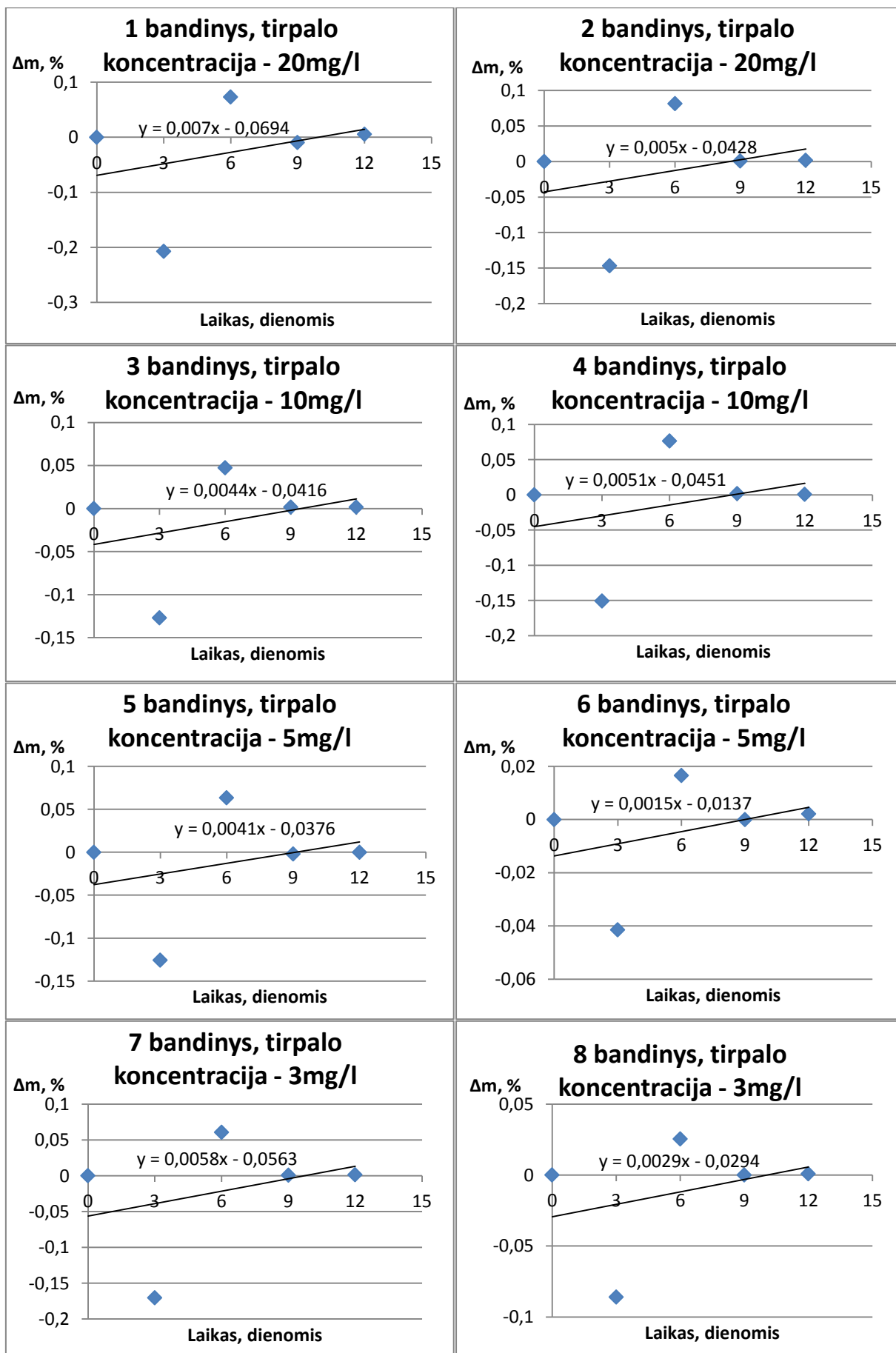
Apskaičiuojama per kiek laiko (t) pirmasis bandinys neteks 50g:

$$t = \frac{50 + 0,0694}{0,007} = 7152,8 \text{ dienos}$$

Kitų bandinių skaičiavimai atliekami analogiškai ir rezultatai pateikiami 6 lentelėje.

6 lentelė. Laikas, per kurį bandinys neteks 50g masės.

20mg/l		10mg/l		5mg/l		3mg/l	
t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈
7152,8	10008,6	11373,1	9812,8	12204,3	33342,5	8630,4	17251,5



38 pav. Protektoriaus bandinių masės pokyčiai

Eksperimento rezultatų aptarimas

Protektorinė sistema neveikia:

- kai tankas neužpildytas balastu ir tankuose, kuriuose šis laikas neviršija 20%;
- kai vandens druskingumas mažesnis nei 12‰.

Baltijos jūros druskingumas yra didžiausias (30–32‰) Kategate ir kituose Danijos sąsiauriuose, kuriais atiteka druskingesnis Šiaurės jūros vanduo. Lietuvos priekrantėje ties Palanga paviršinio vandens druskingumo vidurkis siekia apie 6,61 ‰, ties Klaipėda gali kisti nuo 0 iki 10,12 ‰. Čia druskingumas ypač sumažėja pučiant pietų vėjui, kai į jūrą per Kuršių marias suplūsta daug gėlo Nemuno vandens. Eksperimento atveju vandens pavyzdys buvo paimtas kaip tik mažesnio druskingumo zonoje.

Labiausiai paplitę koroziniai procesai su deguonine depoliarizacija (suaktyvėjusiu anodiniu procesu). taip koroduoja svarbiausi techniniai metalai. Metalų korozija su deguonine depoliarizacija vyksta atmosferoje, vandenyje, druskų tirpaluose, dirvoje ir kitur. Eksperimento atveju prasidėjo anodinė poliarizacija, tai yra anodinio proceso lėtėjimas. Anodinė poliarizacija prasideda, kai susidarę metalo jonai nespėja pasišalinti nuo anodo ir pradeda prie jo kauptis arba kai anodo paviršiuje susidaro pasyvinančioji (netirpių druskų, oksidų, hidroksidų ir t. t.) plėvelė. Mažinant metalo jonų koncentraciją prie anodo, mechaniškai šalinant pasyvinančiąją plėvelę, prasideda anodinio proceso suaktyvėjimas, arba depoliarizacija. Deguoninė depoliarizacija vyksta metalams koroduojant terpėse, kuriose yra ištirpusio, pavyzdžiui, iš oro, deguonies O_2 (aerotuose rūgščių, šarmų ir druskų tirpaluose bei vandenyje). [45]

Tokiais atvejais protektorių paviršius padengiamas korozijos ir pasyvuojančiais produktais, kas lėtina irimą. Baltijos jūros vandenį - beveik neutralų elektrolitą - papildžius chloro junginiu natrio hipochloritu, protektoriaus paviršiuje susidarė cinko hidroksido plėvelė. Kadangi eksperimentas vyko stovinčiame vandenyje, cinko plėvelė išliko mechaniškai nepažeista. Realiomis sąlygomis balastinis vanduo tanke juda, todėl ties briaunomis ir suvirintais sujungimais plėvelė pleišėja, nebeatlieka savo antikoroziųjų apsauginių funkcijų, todėl tankas pradeda koroduoti.

Siūlyčiau atlikti eksperimentą judančiame vandenyje (uždara sistema su siurbliu), kad įsitikinti, jog chloravimas neturi įtakos antikorozinės sistemos ilgaamžiškumui.

IV dalies išvados:

- 1) Balastiniai tankai be kokybiškos apsauginės dangos privalo turėti protektorinę apsaugą, kuri pradeda veikti pažeidus apsauginę dangą ir susidarius galvaninei porai. Efektyvi protektorinė balastinių tankų apsauga yra ypač svarbi, nes balastinio tanko dangos būklės įvertinimo ir atstatymo procedūros yra imlios laikui dėl griežtų reikalavimų paviršių paruošimui prieš briaunų dažymą voleliais, bei daugiasluoksnio dažymo.

- 2) Dangų irimas yra viena didžiausių problemų balastiniuose tankuose. Sparčiausias dangų irimas vyksta suvirinimo kritiniuose sujungimuose, konstrukcijų briaunose, standumo briaunose ir sijose.
- 3) Atliekant balastinio vandens keitimą, į tankus patenka šviežias jūros vanduo, kuriame yra daug deguonies, darančios įtaką laivo dangų ilgaamžiškumui ir pagreitintam dangos irimui.
- 4) Cheminis balastinio vandens valymas keičia vandens ir aplinkos kompoziciją tankuose. Dėl šios priežasties gali pasikeisti tanko dangos savybės. Mechaninis balastinio vandens valymo būdas nedaro jokios įtakos balasto cisternų dangoms. Tačiau cheminis valymas su veikliomis medžiagomis ir preparatais kelia didžiausią grėsmę cisternų dangoms. Cheminio valymo metu naudojamos cheminės medžiagos sukelia balasto tanko dangų koroziją ir sukelia greitą didžiosios dalies epoksidinių dangų irimą.
- 5) Eksperimento rezultatai parodė, kad 20mg/l koncentracijos tirpale protektoriai irsta 1,5 karto greičiau nei 3mg/l koncentracijos tirpale. Galima teigti tai, kad kuo didesnės koncentracijos tirpalas tuo greičiau vyksta protektoriaus dilimas.
- 6) Protektorių paviršius padengiamas korozijos ir pasyvuojančiais produktais, kas lėtina irimą. Baltijos jūros vandenį - beveik neutralų elektrolitą - papildžius chloro junginiu natrio hipochloritu, protektoriaus paviršiuje susidarė cinko hidroksido plėvelė. Kadangi eksperimentas vyko stovinčiame vandenyje, cinko plėvelė išlieka mechaniškai nepažeista. Realiomis sąlygomis balastinis vanduo tanke juda, todėl ties briaunomis ir suvirintais sujungimais plėvelė pleišėja, nebeatlieka savo antikorozinių apsauginių funkcijų, todėl tankas pradeda koroduoti.
- 7) Siūlyčiau atlikti eksperimentą judančiame vandenyje (uždara sistema su siurbliu), kad įsitikinti, jog chloravimas neturi įtakos antikorozinės sistemos ilgaamžiškumui.

5. BALASTINIO VANDENS VALYMO SISTEMOS PARINKIMAS

Pasaulyje yra kelios mokslo institucijos, kurių pastangomis yra atliekami svarbūs tyrimai siekiant išplėtoti balastinio vandens valymo technologijas ir jų efektyvumą. Balastinio vandens valymas išlieka besivystanti technologija su didėjančiais šių sistemų gamintojais. Laivo savininkas turi pasirinkti BWTS, kuri geriausiai atitiktų laivo poreikius ir paslaugas. [33] Toliau šiame skyriuje aptarsime kaip pasirinkti BWTS, kuri sistema yra geresnė ir tinkamesnė, kokie kriterijai yra pagrindiniai renkantis BWTS ir t.t.

5.1. BWTS parinkimo kriterijai

BWTS parinkimas labai priklauso nuo laivo savininko. Yra keletas pagrindinių kriterijų į kuriuos atsižvelgia savininkas, norėdamas išsirinkti savo laivui tinkamą BWTS: [33]

1. Laivo eksploatacijos profilis susijęs su balasto veikla.

Kiekvienas laivas yra unikalus dėl savo konstrukcijos ir eksploatacijos profilio. Pagrindiniai kriterijai, kuriuos reikia išspręsti yra dizaino ir inžinerijos klausimai, taip pat atsargumo priemonės siekiant veiksmingai įgyvendinti visus kriterijus. Siekiant sumažinti riziką susijusią su kenksmingų invazinių rūšių atsirandančių išleidžiant balastinį vandenį turi būti parinkta veiksminga sistema laivo eksploataavimo sąlygas. Sistema turi veikti be neigiamo poveikio, taip pat turi būti užtikrintas saugumas laivo konstrukcijoms, įgulos nariams ir aplinkai į kurią išpilamas balastinis vanduo.

2. Balastinio vandens siurblio dydis ir našumas, bei BWT pajėgumo reikalavimai.

Ne visos BWTS technologijos yra taikomos visiems laivams. Kai kurios BWTS technologijos yra taikomos tik dideliems balasto laivams, o kiti yra taikomi tik mažiems balasto laivams. Pirmiausia reiktų pasirinkti tik tas alternatyvas, kurios atitinka valymo pajėgumus su atitinkamomis balastinio tanko talpomis. Valymo pajėgumas turi patenkinti normalias laivo balasto operacijas. Kai bandoma nuspręsti dėl valymo sistemos reiktų iškart atmesti tas sistemas, kurios savo fiziniais parametrais netenkina valymo pajėgumo reikalavimų.

3. Kapitalo ir sistemos veiklos sąnaudos

Pagrindinis savininkų rūpestis yra sistemos tikrasis gyvavimo ciklo išlaidos.

Įsigijimo sąnaudos yra visiems gerai žinomos, nes kiekvienas sistemos pardavėjas ją jau pateikia. Į sistemos kainą yra įskaičiuota išlaidos moksliniams tyrimams, technologijų plėtrai, sistemos patvirtinimui ir sertifikavimui.

Montavimo sąnaudos yra sunkiai įvertinamos, nes jos priklauso nuo kiekvienos sistemos. Montavimo išlaidas apima esamo vamzdyno pakeitimas, įrangos ir tiesioginio įrenginio montavimas, pajungimas, paleidimas, bandymai ir tyrimai pagal patvirtintą instituciją. Daugumai

sistemų bus reikalingas aptarnavimo laikas, norint galutinai užbaigti montavimo darbus, tačiau gali prireikti sausojo doko.

Didžiausias veiklos sąnaudos daugumai sistemų yra galia. BWTS naudojančios elektrolitinius ir oksidacijos procesus yra dideli energijos vartotojai. Chemijos dozavimo sistemoms naudojama galia yra labai maža. Abiejų įrengimų ir naudojimo išlaidos yra skirtingos ir priklauso nuo laivo tipo ir dydžio, sistemos, parinktos ir vyraujančios rinkos sąlygų. Norint įvertinti galimas veiklos sąnaudas sistemoje reiktų atsižvelgti į:

- Energijos suvartojimą reikalingai sistemai, įskaitant elektros energiją ir kurą naudojamą valymui;
- Eksploatacines sistemos medžiagas (cheminės medžiagos, filtrų elementai ir t.t.);
- Įgulą skirtą darbui atlikti ir palaikyti sistemos darbui (įskaitant mokymus).

Investicijų išlaidos bus vienas iš svarbiausių kriterijų norint pasirinkti sistemą. Tačiau eksploatacijos išlaidos yra santykinai mažos ir turės minimalų poveikį laivo eksploatacijai.

4. Sistemos integracijos laive suvaržymas

Sistemos integracijai laive yra keliami tam tikri apribojimai ir suvaržymai. Pagrindiniai kriterijai šiems suvaržymams yra užimamas plotas ir pajėgumo reikalavimai. Norint turėti tinkamą sistemą esamame laive reikia gerai atkreipti dėmesį į sistemos užimama plotą, nes jis gali svyruoti nuo $0,25\text{m}^2$ iki 30m^2 už $200\text{m}^3/\text{val.}$ vieneto. Klasifikacinės bendrovės teigia, kad vienetai gali būti daugiausia modulinė ir tai reiškia kad užimamas plotas didėja proporcingai su srauto pajėgumu. Taigi galime teigti, kad užimamas sistemos plotas laive ir srauto pajėgumas tarpusavyje susiję ir priklauso vienas nuo kito.

5. Sistemos patvarumo ir techninės priežiūros reikalavimai

Patirtis rodo, kad bet kokiai jūrų sistemai su filtru gali prireikti tam tikro kiekio aptarnavimų, norint išlaikyti ją švarią ir tinkamai veikiančią. Komponentus, tokius kaip ultravioletinės lempos, reikia patikrinti kas 6 mėnesius. Kita svarbi rizika yra korozija, kurią sukelia elektrolizė, ozonavimas ar cheminės injekcijos. Kai kurie cheminiai valymo metodai turi įtakos balastinio tanko dangoms, tačiau mechaniniai valymo metodai neturi įtakos balastinio tanko epoksidinei dangai.

6. Montavimo paprastumas ir kaina

Renkantis BWTS reikia atkreipti dėmesį į du svarbius veiksnius: montavimo paprastumas ir montavimo sąnaudos. Naujiems įrenginiams montuoti laivuose yra likę tik labai mažai vietos. Vieta įrangai yra optimizuota ir sumažinta konkretiems parametrams. Atlikti montavimo darbus naujos įrangos yra sunkus ir daug pastangų reikalaujantis darbas. Taigi montavimo paprastumas yra glaudžiai susijęs su erdve laive ir jo naudojimu. [5]

7. Veiksmingumas, oficialus patvirtinimas ir tiekėjo patikimumas

Buvo sukurti įvairūs vandens valymo metodai, bet tik kai kurie iš jų turi TJO valstybės narės tipo patvirtinimo sertifikatą. Patvirtintas vėliavos administracijos sertifikatas būtų nurodytas, kad po bandymo sąlygų sistema atitinka reikalingus išleidimo standartus.

8. Sveikatos ir saugumo rizika

Šio kriterijaus tikslas yra kokybiškai įvertinti saugos ir sveikatos riziką susijusią su konkrečiomis balastinio vandens valymo sistemomis. Tai apima bet kokią valymą specialiomis aplinkybėmis, kurie gali kelti grėsmę operatoriaus arba laivo eksploatavimo saugai (ugnies rizika, pavojingos medžiagos laive ir kt.).

5.2. Daugiakriterinio vertinimo metodai

Daugiakriteriniai vertinimo būdai yra plačiai taikomi praktiniams uždaviniams spręsti. Taikant šį būdą galima kiekybiškai įvertinti bet kurį sudėtingą reiškinį, išreikštą daugybe kriterijų ir rodiklių. Jie turi privalumą, kad vieną apibendrintą rodiklį jungia tiek maksimizuojančius, tiek minimizuojančius įvairiomis dimensijomis išreikštus rodiklius. Toks vertinimo būdas yra reikalingas norint išrinkti vieną geriausią alternatyvą iš visų esamų. [16]

Daugiakriterinį vertinimo būdai būna 2 rūšių: kokybiniai ir kiekybiniai. Kokybiniai būdai yra specialistų nustatyti vienas arba keletas geriausių pasiūlytų alternatyvų. Kiekybiniai būdai geriausiai įvertina kiekybiškai kiekvieną alternatyvą ir nustato gautų dydžių skirtumus tarp vertinamų alternatyvų. [16]

Kiekybinių daugiakriterinių metodų pagrindą sudaro rodiklių, charakterizuojančių nagrinėjamą procesą sprendimo priėmimo matrica $R = \|r_{ij}\|$ ir rodiklių reikšmingumų vektorius $\Omega = \|\omega_i\|$ ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$), čia m – rodiklių skaičius, n – lyginamųjų objektų skaičius $\left(\sum_{i=1}^m \omega_i = 1\right)$. [40]

Rodiklių geriausia reikšmė gali būti didžiausia arba mažiausia. Atskirų kriterijų įtaka nagrinėjamam tikslui yra skirtinga, todėl skiriasi ir rodiklių matavimo vienetai. Kiekybiniai daugiakriteriniai metodai apjungė kriterijų normalizuotas reikšmes $\tilde{r}_{ij}$ ($0 \leq \tilde{r}_{ij} \leq 1$) ir jų svorius ω_i į metodo vertinimo kriterijų. [40]

Daugiakriterinio vertinimo metodas gali būti skaičiuojamas pagal SAW (Simple Additive Weighting) metodą [16]:

$$S_j = \sum_{i=1}^m \omega_i \cdot \tilde{r}_{ij}, \quad (3)$$

Čia: S_j – j-osios alternatyvos daugiakriterinio vertinimo reikšmė;

ω_i - i-tojo rodiklio svoris;

$\tilde{r}_{ij}$ - i-tojo rodiklio normalizuota reikšmė j-ajai alternatyvai.

Kitas daugiakriterinio vertinimo metodas yra PROMOTHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation) metodas. Vietoj kriterijų normalizuotų reikšmių $\tilde{r}_{ij}$ yra taikomos prioritetų funkcijos reikšmės $p(d)$, kur funkcijos argumentas d yra kriterijaus reikšmių skirtumas $d_i(A_j, A_k) = r_{ij} - r_{ik}$. [40]

Prioritetų funkcijos reikšmės rodo vienos alternatyvos svarbumo laipsnį kitos alternatyvo atžvilgiu ir priklauso nuo funkcijos parametrų q ir s . Prioritetų funkcijos turi tenkinti tam tikras savybes. Vertinant PROMOTHEE metodu dviejų alternatyvų A_j ir A_k palyginimo kriterijus $\pi(A_j; A_k)$ skaičiuojamas pagal formulę [40]:

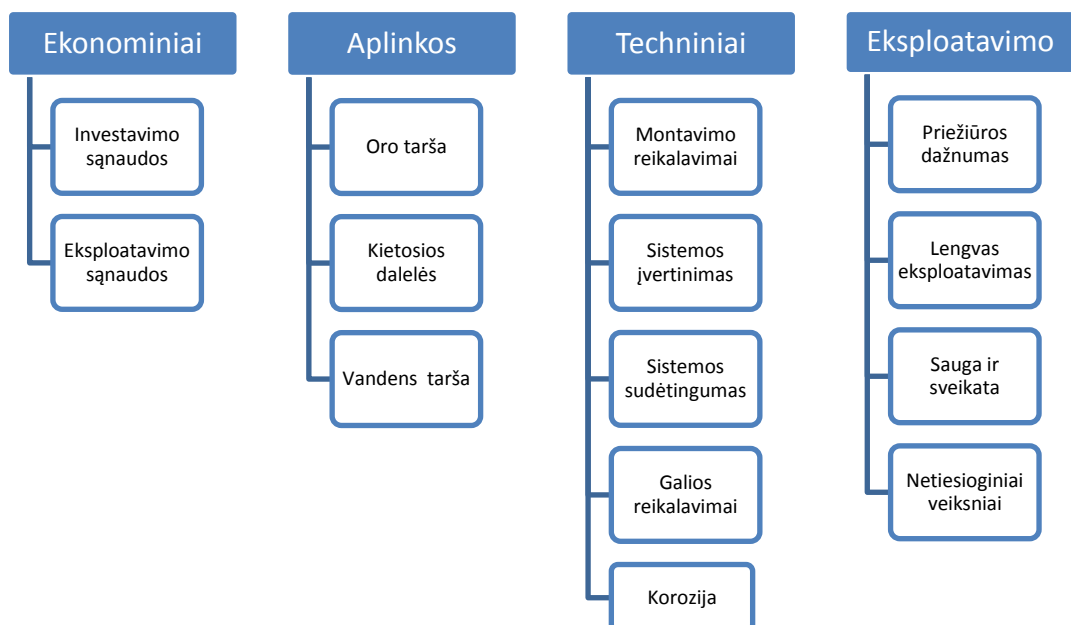
$$\pi(A_j; A_k) = \left(\sum_{i=1}^m \omega_i p_t(d_i(A_j; A_k)) \right), \quad (4)$$

Čia: ω_i - i-tojo rodiklio R_i svoris;

$p_t(d) = p_t(d_i(A_j; A_k))$ - t-oji prioritetų funkcija, pasirinktoji i-jam rodikliui.

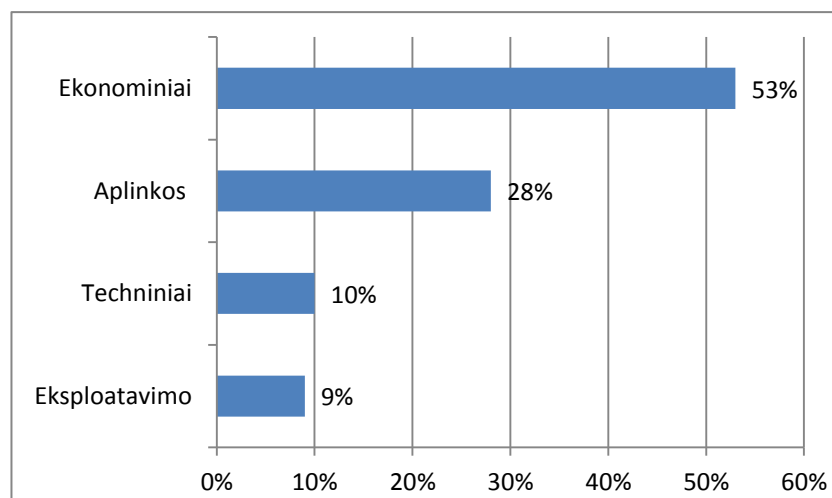
5.3. Sprendimų priėmimo procesas

Atsižvelgiant į kriterijų sąrašą nustatyta, kad svarbus sprendimų priėmimo procesas buvo susitartas tarp partnerių. Sąrašas apima ir kokybinius ir kiekybinius kriterijus. 39 paveiksle yra pateikta dviejų lygmenų struktūros kriterijų naudojimas balastinio vandens valymo sistemoms.



39 pav. Balastinio vandens valymo sistemos parinkimo kriterijų hierarchija [33]

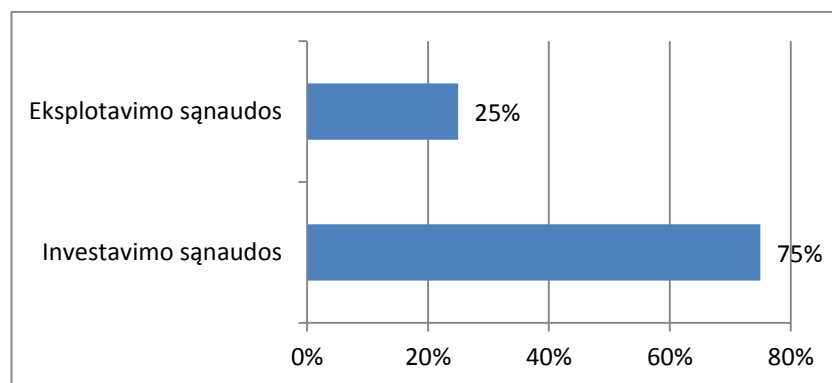
Kiekvienas balastinio vandens valymo sistemos kriterijus yra svarbus renkantis sistemą, tačiau ne visi turi vienodą svertinį koeficientą. Eco – Refitec projekto metu vyko tyrimas ir buvo apskaičiuota, kuris kriterijus yra svarbesnis pagal hierarchiją. Tyrimo rezultatai yra pateikiami 40 paveiksle.



40 pav. BWTS kriterijų pasiskirstymas pagal svarbą [33]

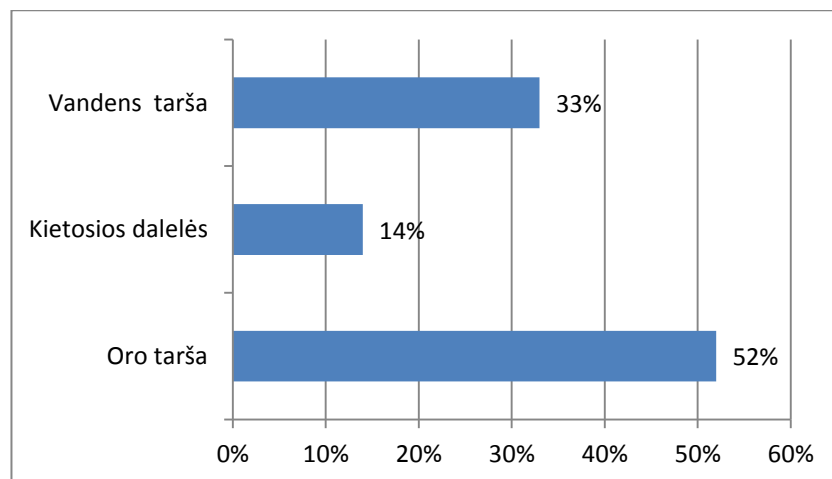
Kiekvienas kriterijus atskirai analizuojamas su konkrečia jo elemento svarba šiam kriterijui.

Atsižvelgiant į ekonominius kriterijus buvo apskaičiuota kiekvieno elemento įtaka. Iš ekonominių kriterijų didžiausią dalį sudaro investavimo sąnaudos - 75% , o eksploatavimo sąnaudos – 25%. Visi šio skaičiavimo rezultatai pateikiami 41 paveikslo diagramoje.



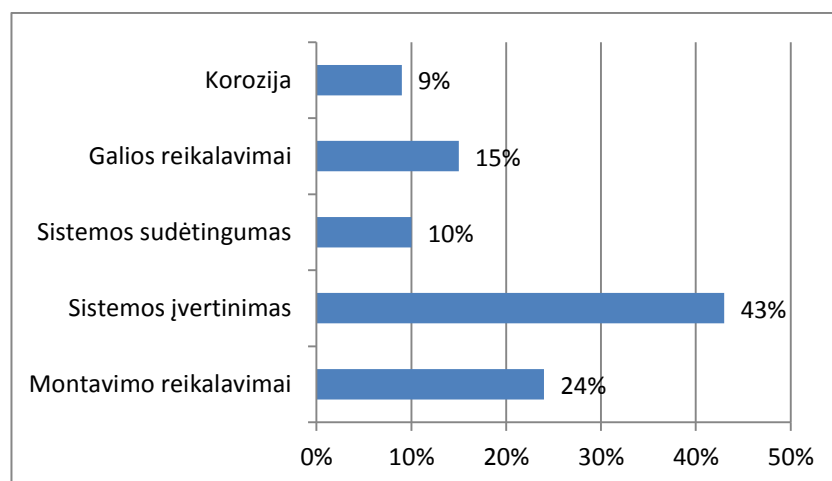
41 pav. BWTS ekonominių kriterijų struktūra [33]

Nagrinėjant aplinkos kriterijus gauti šie rezultatai, į orą išmetamųjų teršalų kiekis yra svarbiausias – 52%. Be to, taip pat yra svarbi vandens tarša – 33% ir kietosios dalelės – 14%. Šių rezultatų pasiskirstymas yra pateiktas 42 paveiksle.



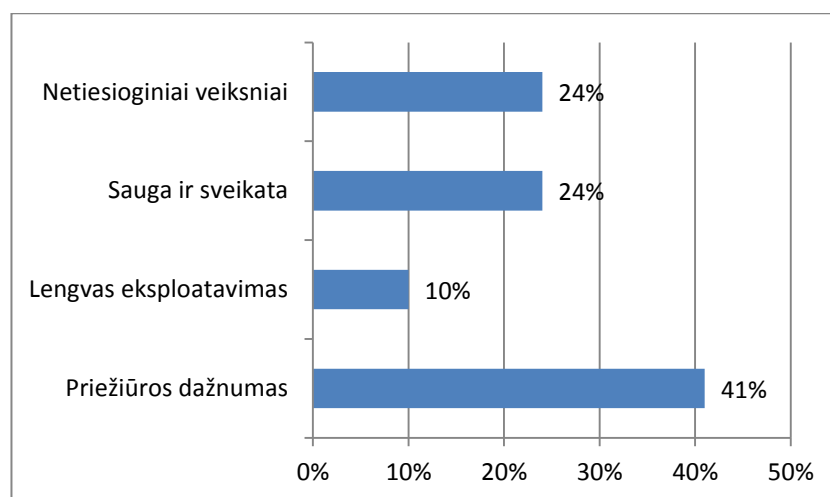
42 pav. BWTs aplinkos kriterijų struktūra [33]

Atlikus skaičiavimus, susijusius su konkrečių elementų techniniais kriterijais, buvo gauti šie svertiniai dydžiai: korozija – 9%, sistemos galios reikalavimai - 15%, sistemos sudėtingumas - 10%, montavimo reikalavimai – 24% ir iš techninių kriterijų didžiausią svarbą turintis sistemos įvertinimas - 43%. Rezultatai pateikti 43 paveiksle.



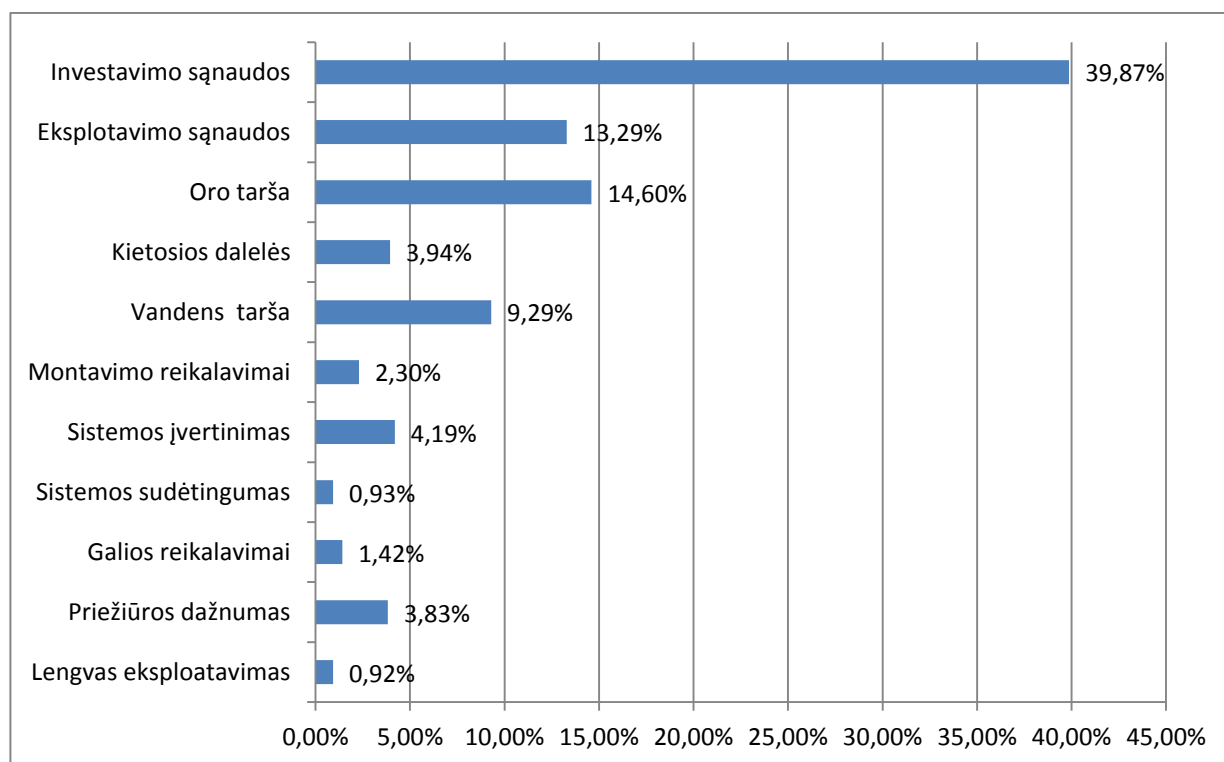
43 pav. BWTs techninių kriterijų struktūra[33]

Eksplotavimo kriterijaus elementų svarba pasiskirstė taip: svarbiausias yra priežiūros dažnis – 41%, lengvas eksploatavimas – 10%, o netiesioginiai veiksniai bei sauga ir sveikata – po 24%. Šis rezultatų pasiskirstymas pateiktas 44 paveikslo diagramoje.



44 pav. BWTS eksploatavimo kriterijų struktūra [33]

Išanalizavus kokybinių ir kiekybinių kriterijų struktūrą ir įtaką balastinio vandens valymo sistemos parinkimui ir apskaičiavus jų reikšmes, galime visus kriterijus suvesti į vieną diagramą. 45 paveiksle parodytas visų kriterijų reitingas su konkrečiomis reikšmėmis ir kiekvieno kriterijaus svarbumu.



45 pav. Balastinio vandens valymo sistemų parinkimo kriterijų reitingas [33]

Iš diagramos galime daryti išvadą, kad renkantis BWTS pats pagrindinis kriterijus yra investavimo sąnaudos. Šio kriterijaus vertės dalis – 39,87%. Renkantis sistemą mažiau yra skiriama dėmesio sistemos sudėtingumui ir eksploatavimo lengvumui. Atitinkamai jų vertės dydis yra 0,93% ir 0,92%.

Atsižvelgus į visus kriterijus ir jų svarbą BWTS pasirinkimui, buvo išnagrinėtos konkrečios 5 balastinio vandens valymo sistemos. 7 lentelėje yra pateiktos konkrečios valymo sistemos su kriterijais ir išanalizuotos kriterijų vertės. Kiekybiniams kriterijams yra surašytos skaitinės vertės kiek viena ar kito kriterijaus kaina. Kokybiniams duomenims pateikiamos tokios vertės kaip aukštas, vidutinis arba žemas. Kokybiniai kriterijai buvo vertinami atsižvelgiant kiekvienos sistemos ypatumus.

7 lentelė. BWTS kiekybinių ir kokybinių kriterijų vertės. [33]

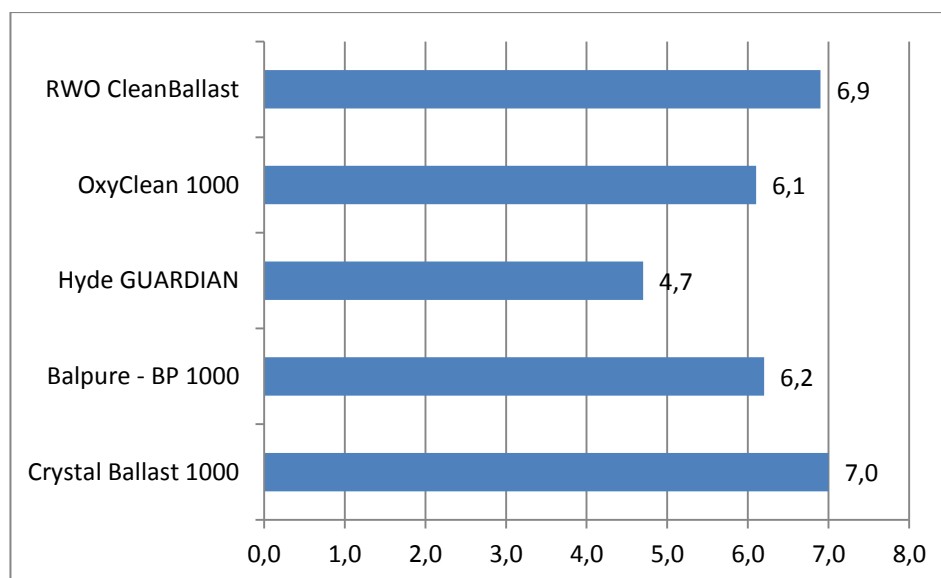
Kriterijai	Vienetai	BWTS pavadinimas				
		Crystal Ballast 1000	Balpure - BP 1000	Hyde GUARDIAN	OxyClean 1000	RWO CleanBallast
		BWTS procesas				
		Filtravimas + UV	Cheminis	Filtras + UV valymas	Filtras + UV + ozono valymas	Filtras + elektrolizė
Įdiegimo kaina	k€	620,00	810,00	890,00	780,00	820,00
Eksplotavimo kaina	k€	40,00	20,00	20,00	22,00	9,00
Galios reikalavimai	kW	165,00	43,00	125,00	94,00	70,00
Montavimo reikalavimai	m ²	10,42	8,60	15,00	9,00	2,00
Slėgio reguliavimas	bar	0,80	0,50	3,50	0,50	0,70
Kietosios dalelės	-	Aukštas	Žemas	Aukštas	Vidutinis	Žemas
Sauga ir sveikata	-	Aukštas	Žemas	Aukštas	Žemas	Vidutinis
Korozija	-	Vidutinis	Vidutinis	Vidutinis	Aukštas	Vidutinis
Kuro suvartojimas	mt	15,35	2,00	11,63	9,02	6,50
Vandens tarša	-	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
Sistemos įvertinimas	-	Taip	Ne	Taip	Taip	Taip
Priežiūros dažnumas	-	Žemas	Žemas	Žemas	Aukštas	Vidutinis
Netiesioginiai veiksniai (svoris)	kg	6160,00	5806,00	3941,00	7844,00	4000,00
Lengvas eksploatavimas	-	Žemas	Aukštas	Žemas	Vidutinis	Žemas

Norint išsirinkti tinkamiausią balastinio vandens valymo sistemą, reikia išanalizuoti pasirinktas alternatyvas. Kiekvieną pasirinktą alternatyvą būtina apibūdinti ir sureitinguoti, pagal analizuotus kriterijus. 8 lentelėje pateikti kiekybiniai duomenys kaip įvertinimas lyginant su mažiausia verte.

8 lentelė. BWTS įvertinimas pagal kriterijus [33]

Kriterijai	BWTS pavadinimas				
	Crystal Ballast 1000	Balpure - BP 1000	Hyde GUARDIAN	OxyClean 1000	RWO CleanBallast
	BWTS procesas				
	Filtravimas + UV	Cheminis	Filtras + UV valymas	Filtras + UV + ozono valymas	Filtras + elektrolizė
Įdiegimo kaina	10	5	1	7	5
Eksplotavimo kaina	1	7	7	5	10
Galios reikalavimai	1	10	4	7	9
Montavimo reikalavimai	5	7	1	7	10
Slėgio reguliavimas	1	10	1	10	4
Kietosios dalelės	10	1	10	6	1
Sauga ir sveikata	10	1	10	1	6
Korozija	6	6	6	10	6
Kuro suvartojimas	1	10	4	6	7
Vandens tarša	10	6	10	6	10
Sistemos įvertinimas	10	6	10	10	10
Priežiūros dažnumas	10	10	10	1	6
Netiesioginiai veiksniai (svoris)	5	6	10	1	10
Lengvas eksploatavimas	10	1	10	6	10

Atlikus tyrimus ir skaičiavimus, buvo gauti rezultatai, kad geriausias sprendimas renkantis BWTS yra Crystal Ballast 1000. Mažiausiai efektyvi valymo sistema yra Hyde GUARDIAN, nes yra pakankamai brangi ir ne tokia veiksminga. Visi gauti rezultatai pateikti 46 paveiksle.



46 pav. Galutiniai tyrimo rezultatai [33]

Naudojantis vertės analizės priemone buvo išanalizuotos kelios BWTS, kurios yra naudojamos rinkoje. Naudojant multikriterinių sprendimų metodiką nustatyta, kad pagal nustatytus kriterijus labiausiai yra tinkama naudoti Auramarine CrystalBallast 1000 valymo sistema.

Auramarine CrystalBallast 1000 valymo sistema susideda iš dviejų pakopų procesu su efektyviu automatinio filtru, kuris pašalina nuosėdas ir didesnius organizmus. UV reaktoriai po intensyvios vidutinio slėgio UV srauto dezinfekuoja ir nukenksmina smulkesnį planktoną, bakterijas ir kitus ligų sukėlėjus. Balastinio vandens valymas yra išbaigtas procesas. Valymo metu būtina pašalinti galimą pakartotinį augimą bakterijų balastiniame tanke. Bakterijos gali atsirasti dėl kryžminio užteršimo ar nepakankamo dezinfekavimo. Automatinis filtras yra instaliuotas prieš UV reaktorių. Jis pašalina didesnius organizmus ir nuosėdų daleles. Filtro pagalba visi organizmai ir dalelės pašalinamos ir grąžinamos atgal į jūros vandenį [33]. CrystalBallast 1000 sistema pavaizduota 47 paveiksle. Visos šios sistemos techninės charakteristikos pateiktos 9 lentelėje.



47 pav. CrystalBallast 1000 balastinio vandens valymo sistema: 1 – automatinis filtras, 2 – UV reaktoriai, 3 – valdymo skydas, 4- AFC srauto matuoklis, 5 – AFC valdymo vožtuvas [33]

9 lentelė. CrystalBallast 1000 sistemos techniniai duomenys [33]

	Nominali galia (m ³ /h)	Ilgis (mm)	Plotis (mm)	Aukštis (mm)	Sistemos užimamas plotas (m ²)	Sistemos užimamas plotas su aptarnavimo plotu (m ²)	Svoris (kg)	UV reaktorių skaičius	Vidutinė galia (kW)
CrystalBallast 75*	75	2400	1080	1270	2,6	3,7	860	1	15
CrystalBallast 150*	150	2450	1350	1550	3,3	4,6	1240	2	28
CrystalBallast 250	250	3030	1650	1650	5	8,3	1800	1	42
CrystalBallast 500	500	3430	1860	2100	6,4	11	3260	2	83
CrystalBallast 750	750	3890	2210	2340	8,6	11,4	4930	3	124
CrystalBallast 1000	1000	4220	2470	2550	10,4	14,3	6160	4	165
CrystalBallast 1500	1500	5180	2570	2720	13,3	15,4	8210	6	250
Slėgio nuostoliai apie 0,8bar / Įtampa ir dažnis 400/600V, 50 Hz arba 440/690V, 60 Hz / Prietaiso oro slėgis 7bar.									

V dalies išvados:

- 1) Balastinio vandens valymo technologijų naudojimą varžo daugybė veiksnių: vieta laive, išlaidos ir efektyvumas, valymo kokybė, kuri turi atitikti TJO išleidžiamus balastinio vandens standartus.
- 2) Laivų statyklos ir savininkai pasirinkdami balastinio vandens valymo technologiją būtinai atsižvelgia į šiuos kriterijus:
 - a. Balastinės sistemos apkrovimas;
 - b. Balastinio vandens siurblio dydis ir našumas, bei BWT pajėgumo reikalavimai;
 - c. Kapitalo ir sistemos veiklos sąnaudos;
 - d. Sistemos integracijos laive suvaržymas;
 - e. Sistemos patvarumo ir techninės priežiūros reikalavimai;
 - f. Montavimo paprastumas ir kaina;
 - g. Veiksmingumas, oficialus patvirtinimas ir tiekėjo patikimumas;
 - h. Sveikatos ir saugumo rizika.
- 3) Norint pasirinkti tinkamą BWTS, yra naudojamas daugiakriterinis vertinimo būdas. Taikant šį būdą galima kiekybiškai įvertinti bet kurį sudėtingą reiškinį, išreikštą daugybe kriterijų ir rodiklių.
- 4) Pagal gamintojų ir teikėjų pateiktus duomenis ir pasinaudojus daugiakriteriniu metodu buvo padaryta išvada, kad geriausias sprendimas renkantis BWTS yra Crystal Ballast 1000. Šios sistemos kaina nėra didelė, lengva eksploatuoti, nekelia pavojaus saugumui ir sveikatai, bei nereikalauja intensyvios priežiūros. Mažiausiai efektyvi valymo sistema yra Hyde GUARDIAN, nes yra pakankamai brangi ir ne tokia veiksminga.

IŠVADOS

1. BWM konvenciją yra patvirtinusios 44 šalys, tačiau šių šalių laivyno tonažas sudaro 32,86% pasaulinio laivyno tonažo. Trūksta 2,14%, kad įsigaliotų balastinio vandens valymo reikalavimai.
2. Spaudoje skelbiama, kad Indija ratifikavo BWM konvenciją, nors TJO tinklapyje oficialus šios informacijos patvirtinimas dar nepateiktas. Jei Indija ratifikavo BWM konvenciją, ji tapo 45 šalimi. Nors tonažo reikalavimai vis tiek dar nepasiekti, egzistuoja didelė tikimybė, kad konvencija įsigalios 2016 m.
3. Konvencijoje numatyta, kad tankuose galima keisti balastinį vandenį pagal D-1 standartą. Laivai, kurie įsigaliojus konvencijai, galės taikyti D-1 standartą dar 12 mėn:
 - a. Tanklaiviai (3400-15000 DWT), balkeriai (4200-14200 DWT) ir universalūs (4100-14000 DWT), kurių kylio paklojimo data yra iki 2009m, cisternų talpumas yra 1500 – 5000 m³;
 - b. Tanklaiviai (3400>DWT>15000), balkeriai (4200>DWT>14200) ir universalūs (4100>DWT>14000), kurių kylio paklojimo data yra iki 2009m, cisternų talpumas yra <1500 ir >5000 m³;
 - c. Tanklaiviai (DWT>15000), balkeriai (DWT>14200) ir universalūs (DWT>14000), kurių kylio paklojimo data yra nuo 2009 m. iki 2012 m., cisternų talpumas yra >5000 m³.
4. Galimi kiti sprendimai, nereikalaujantys balastinio vandens valymo ar keitimo technologijų: kietas balastas, bebalasčiai laivai, uždaro gėlo vandens balasto sistemos, atviros balastinės sistemos ir pan. Su laiku dalis laivybos kompanijų rinksis naujo tipo laivus, kuriems balastinio vandens valymo technologijos nebus reikalingos.
5. Fizinio separavimo (mechaninio) valymo technologija yra pati paprasčiausia, pigiausia ir mažiausiai užima vietos lyginant su kitomis balastinio vandens valymo technologijomis. Tačiau ši valymo technologija nėra visiškai efektyvi, nes negali pašalinti mažesnių negu 10 μm mikroorganizmų.
6. Cheminio dezinfekavimo valymo technologija yra pati efektyviausia. Cheminio valymo metu yra visiškai pašalinamos bakterijos ir virusai. Šios sistemos trūkumas yra tas, kad valymo metu išsiskiria kenksmingos cheminės medžiagos. Pieš išleidžiant balastinį vandenį, jį reikia neutralizuoti. Taip pat cheminės medžiagos gali sukelti antikorozinės dangos irimą, be sukelti koroziją. Sistema yra sudėtinga ir brangi.
7. Fizinio dezinfekavimo valymo technologija yra brangi. Jos efektyvumas priklauso nuo vandens skaidrumo. Efektyvus mikroorganizmų išnaikinimas reikalauja daug laiko, todėl

- netinka trumpais atstumais plaukiojantiems laivams. Technologijos privatumas, kad neišskiria pavojingų cheminių medžiagų ir neužima daug vietos.
8. Apsauga nuo korozijos yra pagrindinis ir reikšmingiausias priežiūros rodiklis visoje jūrų pramonėje. Norint veiksmingai taikyti ir prižiūrėti laivo dangas, kad kuo ilgiau jos tarnautų, reikia skirti didžiulį dėmesį apsaugai nuo korozijos. Pagrindiniai balastinio tanko dangų reikalavimai yra pateikti standartuose MSC.215 (82) ir MSC.291 (87).
 9. Norint išvengti greito korozijos atsiradimo ir dangos irimo, reikia užtikrinti, kad visi konstrukcijų kraštai ir suvirintos jungtys būtų tinkamai padengtos bent dviguba juostelių danga. Visi konstrukcijų kraštai turi būti užapvalinti. Plyšiai, esantys konstrukcijų sujungimuose, turi būti užglaistyti. Sujungimai turi būti tinkamos formos, nuo visų konstrukcijų turi būti nuožulnos, kad nesivystytų plyšinė korozija.
 10. Daugelis skirtingų laivų statyklų įsidiegė savo kokybės kontrolės sistemas, todėl kiekvienos laivų statyklos PSPC reikalavimai gali skirtis. Pažengusios laivų statyklos, laikydamosios TJO PSPC reikalavimų, gali pagerinti dažymo našumą ir potencialiai sumažinti dangos eksploatacinės priežiūros ir remonto dažnį. Taip pat standartizuoti PSPC reikalavimai suteikia galimybę geriau kontroliuoti išlaidas statybos metu ir eksploatuojant laivą.
 11. Balastiniai tankai be kokybiškos apsauginės dangos privalo turėti protektorinę apsaugą, kuri pradeda veikti pažeidus apsauginę dangą ir susidarius galvaninei porai. Efektyvi protektorinė balastinių tankų apsauga yra ypač svarbi, nes balastinio tanko dangos būklės įvertinimo ir atstatymo procedūros yra imlios laikui dėl griežtų reikalavimų paviršių paruošimui prieš briaunų dažymą voleliais, bei daugiasluoksnio dažymo.
 12. Dangų irimas yra viena didžiausių problemų balastiniuose tankuose. Rimčiausias dangų irimas vyksta suvirinimo kritiniuose sujungimuose, konstrukcijų briaunose, standumo briaunose ir sijose.
 13. Atliekant balastinio vandens keitimą, į tankus patenka šviežias jūros vanduo, kuriame yra daug deguonies, darančios įtaką laivo dangų ilgaamžiškumui ir pagreitintam dangos irimui.
 14. Cheminis balastinio vandens valymas keičia vandens ir aplinkos kompoziciją tankuose. Dėl šios priežasties gali pasikeisti tanko dangos savybės. Mechaninis balastinio vandens valymo būdas nedaro jokios įtakos balasto cisternų dangoms. Tačiau cheminis valymas su veikliomis medžiagomis ir preparatais kelia didžiausią grėsmę cisternų dangoms. Cheminio valymo metu naudojamos cheminės medžiagos sukelia balasto tanko dangų koroziją ir sukelia greitą didžiosios dalies epoksidinių dangų irimą.
 15. Eksperimento rezultatai parodė, kad 20mg/l koncentracijos tirpale protektoriai irsta 1,5 karto greičiau nei 3mg/l koncentracijos tirpale. Galima teigti tai, kad kuo didesnės koncentracijos tirpalas tuo greičiau vyksta protektoriaus dilimas.

16. Protektorių paviršius padengiamas korozijos ir pasyvuojančiais produktais, kas lėtina irimą. Baltijos jūros vandenį - beveik neutralų elektrolitą - papildžius chloro junginiu natrio hipochloritu, protektoriaus paviršiuje susidarė cinko hidroksido plėvelė. Kadangi eksperimentas vyko stovinčiame vandenyje, cinko plėvelė išlieka mechanškai nepažeista. Realiomis sąlygomis balastinis vanduo tanke juda, todėl ties briaunomis ir suvirintais sujungimais plėvelė pleišėja, nebeatlieka savo antikorozinę apsauginę funkcijų, todėl tankas pradeda koroduoti.
17. Siūlyčiau atlikti eksperimentą judančiame vandenyje (uždara sistema su siurbliu), kad įsitikinti, jog chloravimas neturi įtakos antikorozinės sistemos ilgaamžiškumui.
18. Balastinio vandens valymo technologijų naudojimą varžo daugybė veiksnių: vieta laive, išlaidos ir efektyvumas, valymo kokybė, kuri turi atitikti TJO išleidžiamus balastinio vandens standartus.
19. Laivų statyklos ir savininkai pasirinkdami balastinio vandens valymo technologiją būtinai atsižvelgia į šiuos kriterijus:
 - a. Balastinės sistemos apkrovimas;
 - b. Balastinio vandens siurblio dydis ir našumas, bei BWT pajėgumo reikalavimai;
 - c. Kapitalo ir sistemos veiklos sąnaudos;
 - d. Sistemos integracijos laive suvaržymas;
 - e. Sistemos patvarumo ir techninės priežiūros reikalavimai;
 - f. Montavimo paprastumas ir kaina;
 - g. Veiksmingumas, oficialus patvirtinimas ir tiekėjo patikimumas;
 - h. Sveikatos ir saugumo rizika.
20. Norint pasirinkti tinkamą BWTS, yra naudojamas daugiakriterinis vertinimo būdas. Taikant šį būdą galima kiekybiškai įvertinti bet kurį sudėtingą reiškinį, išreikštą daugybe kriterijų ir rodiklių.
21. Pagal gamintojų ir teikėjų pateiktus duomenis ir pasinaudojus daugiakriteriniu metodu buvo padaryta išvada, kad geriausias sprendimas renkantis BWTS yra Crystal Ballast 1000. Šios sistemos kaina nėra didelė, lengva eksploatuoti, nekelia pavojaus saugumui ir sveikatai, bei nereikalauja intensyvios priežiūros. Mažiausiai efektyvi valymo sistema yra Hyde GUARDIAN, nes yra pakankamai brangi ir ne tokia veiksminga

LITERATŪRA

1. ABS. Ballast Water Treatment Advisory 2014. Hiustonas, 2014.
2. ABS. Guide for ballast water treatment. Hiustonas, 2014.
3. ABS. Guide notes on the inspection, Maintenance and Application of Marine Coating systems. Hiustonas, 2007.
4. Amtec Corrosion And Coatings Consultants. Prieiga per internetą:
<http://www.amteccorrosion.co.uk/coatingbreakdown.html>
5. Anderson, A. Installation works can double capital cost. Ballast water treatment technology, 2011.
6. APKXDA. Prieiga per internetą:
http://apkxda.com/steel_shot_is_used_for_blast_cleaning_of_shot_blasting_machine_steel.html
7. Argo Navis. „Ballast Water Management Systems- More Questions than Answers: Question 2 Impact of BWMS's to ballast tank coatings“. Prieiga per internetą:
<http://argonavis.gr/newsarticle-8.html>
8. Aušrienė, M. Trumpasis metalų korozijos teorijos kursas. Mokymo medžiaga. Klaipėda: Klaipėdos universitetas, 2006.
9. Bgfons, textures and backgrounds for design. Prieiga per internetą:
<http://bgfons.com/download/3976>
10. Blue Ocean Technologies. „Convergence of tank coatings and ballast water treatment“. Prieiga per internetą: <http://blueot.com/recent-news/convergence-of-tank-coatings-and-ballast-water-treatment/>
11. Brighthub Engineering. Prieiga per internetą:
<http://www.brighthubengineering.com/naval-architecture/66722-what-is-ballast-water/>
12. BWTS Intelligence. Prieiga per internetą:
<http://www.ballastwater-treatment.org/product-list/ballast-water-treatment-systems-catalogue>
13. Christopher, R., Kullmann, S., Kullmann, R. New ballast water management regulations. Maritime reporter and marine news magazines online, 2014.
14. David, M. Vessels and ballast water. Springer Science + Business Media Dordrecht, 2015.
15. Erma First. Prieiga per internetą:
<http://ermafirst.com/ballast-water/>
16. Ginevičius, R., Podvezko, V. Daugiakriterinio vertinimo taikymo galimybės kiekybiniam socialinių reiškinių vertinimui. Straipsnis. Verslas: teorija ir praktika. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2008.

17. Goldie, B. Potential risks of ballast water treatment systems on ballast tank coatings. Informa Maritime Events konferencija, vykusi 2010 m. gruodžio 6d. Londone, straipsnis. Londonas, 2011
18. Haraldsson, M. Chemical ballast water treatment problems. JOWA USA, 2012.
19. International Marine Coatings. Industry first for international paint. UK, 2012.
20. International Marine Coatings. Prieiga per internetą:
<http://www.international-marine.com/marinehome.aspx>
21. International Maritime Organization. Prieiga per internetą:
<http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/BWM/Pages/default.aspx>
22. International Paint Ltd. Surface preparation: metallic surfaces. Additional informatikon, 2011.
23. Investigation into design issues related to the selection and installation of ballast water treatment systems, 2011.
24. John Deere. Prieiga per internetą:
https://groundscare.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/433/~sharpening-mower-blades
25. Laursen, W. Doubts are raised over securing 15 good years. Ballast water treatment technology, 2011.
26. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie susisiekimo ministerijos. Prieiga per internetą:
http://www.lakd.lt/lt.php/panemunes_aplinkkelis/14520;_wai;1
27. Lloyd's Register. Ballast water treatment technology. Londonas, 2010.
28. Lukauskaitė, L., Kryževičius, Ž. Druskingumo įtaka korozijos greičiui laivo balastinėje vandens sistemoje. Studentų mokslinės konferencijos „Chemija ir cheminė technologija“ pranešimų medžiaga. Klaipėda: Klaipėdos universitetas, 2015.
29. Meer, R. Ballast water risk assessment in the North Sea. Centrum voor Energie en Milieukunde, IVEM, 2012.
30. National Physical Laboratory. Surface preparation for coating. Guides to good practice in Corrosion control, 2010.
31. NK Activities toward the Entry into Force of the International Convention for the Control and Management of Ships Ballast water (2nd Report), 2010.
32. Ocean Saver. „About Corrosion and Ballast Water Treatment Systems“ Prieiga per internetą:
<http://www.atenanazionale.it/sezioni/napoli/2011/20110119shortaboutcorrosion.pdf>
33. Palau, E. Eco Innovation process Shipyard Validation of ship retrofit cases. VSTU, CTO, 2014.
34. Pancerovas, D., Šateikienė, D. Balastinio vandens valymo technologija. Straipsnis. Klaipėda: Klaipėdos universitetas, 2012.
35. Peickert, C. Exchange requirements will impact before treatment. Londonas, 2009.

36. Qingdao Besttech Machinery Co. Prieiga per internetą:
<http://www.besttechmachinery.com/html/13885344001854.html>
37. Rust Bullet. Rust Bullet Application Methods, Coating Failures & Preparation Rules. Prieiga per internetą: <http://www.rustbullet.com.au/technical/coating-failures/rust-bullet-application-methods-coating-failures-preparation-rules/>
38. Schilling, S. Ballast treatment requires advanced processes. Ballast water treatment. 2009.
39. Specialist Machinery Services. Prieiga per internetą:
<http://www.smsales.com.au/neptun>
40. Šateikienė, D., Janutėnienė, J. Balastinių vandenų priežiūros sistemų diegimo sausakrūviuose laivuose duagiakriterinis vertinimas. 16-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA, vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys. Vilnius, 2013.
41. Šateikienė, D., Janutėnienė, J. Laivo balastinio vandens valymo problemos ir jų sprendimo būdai. 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA, vykusios 2012 m. gegužės 4 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys. Vilnius, 2012.
42. Šateikienė, D., Stanalytė, D. Laivo balastinio vandens valymo metodų analizė ir parinkimo kriterijai. Straipsnis. Jaunųjų mokslininkų darbai, ISSN 1648-8776, [Nr.] 1(39). Šiauliai: Šiaulių universitetas, 2013.
43. Taučius, R. Laivų sandara. Klaipėda, 1993.
44. Teisės aktų registras. „Dėl laivų balastinio vandens ir nuosėdų valdymo ir kontrolės priemonių, skirtų išvengti kenksmingųjų ir ligas sukeliančių vandens organizmų, patvirtinimo“. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.4A36EE0DFD4F>
45. Verikienė, G. Nemetalinių intarpų nustatymas nusodinant cinką ir jo lydinis impulsine elektros srove. Vilnius, 2008.
46. Wei, C., Eliasson, J., Jansen, E., Wang, G., Basu, R. IMO PSPC implementation and 15 years of target useful coating life. Northchase Drive, Houston, Texas, 2011.
47. Zineti, S.A.U. - Sacrificial Anodes. Prieiga per internetą:
[http://www.zineti.com/en/component/search/?searchword=anodes&searchphrase=any&areas\[0\]=categories&start=40](http://www.zineti.com/en/component/search/?searchword=anodes&searchphrase=any&areas[0]=categories&start=40)

PRIEDAI

1 priedas. Balastinio vandens valymo sistemų katalogas

<u>Brand Name</u> ▲	<u>Active Substance</u>	Substance Approved	<u>Type Approved</u>	Treatment Technology
AQUARIUS EC	Used	No	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration
AQUARIUS UV	None Used	N/A	Yes	Filtration, Ultraviolet
AquaStar BWMS	Used	Final	No	Cavitation, Electro-Chlorination/Electrolysis
BalClor BWMS	Used	Final	Yes	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration
Ballast Water Cleaner(BAWAC)	None Used	N/A	No	Ultraviolet
BallastMaster ecoP	Used	Basic	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
BallastMaster ultraV	None Used	No	Yes	Filtration, Ultrasound, Ultraviolet
BalPure	Used	Final	Yes	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
BioViolet BWMS	Used	Basic	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration
Blue Ocean Guardian	Used	Final	Yes	Advanced Oxidation, Filtration, Ultraviolet
Blue Ocean Shield	None Used	N/A	Yes	Filtration, Ultraviolet
BlueBallast	Used	Final	Yes	Ozonation
BlueWorld BWMS	Used	Basic	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
BSKY BWMS	None Used	N/A	Yes	Cavitation, Residual Control (sulphite/bisulphate), Ultrasound
Cathelco	None Used	N/A	No	Filtration, Ultraviolet
CleanBallast	Used	Final	Yes	Advanced Oxidation, Electro-Chlorination/Electrolysis,

				Filtration
ClearBallast	Used	Final	Yes	Coagulation/Flocculation, Filtration
Coldharbour Marine	None Used	N/A	No	Cavitation, Deoxygenation, Ultrasound
CrystalBallast	None Used	N/A	Yes	Filtration, Ultraviolet
DMU OH BWMS	Used	Basic	No	Advanced Oxidation, Filtration
Dow-Pinnacle BWMS	Used	Basic	No	Filtration, Ozonation
EcoBallast	None Used	Final	Yes	Filtration, Ultraviolet
Ecochlor	Used	Final	Yes	Chlorination
EcoGuardian	Used	Basic	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
Electro-Cleen System	Used	Final	Yes	Electro-Chlorination/Electrolysis
ERMA FIRST BWMS	Used	Final	Yes	Cyclonic Separation (hydrocyclone), Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration
FineBallast OZ	Used	Final	Yes	Cavitation, Ozonation
GloEn-Patrol BWMS	Used	Final	Yes	Filtration, Ultraviolet
HiBallast	Used	Final	Yes	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
HS-BALLAST	Used	Basic	No	Electro-Chlorination/Electrolysis
Hyde GUARDIAN	None Used	N/A	Yes	Filtration, Ultraviolet
JFE BallastAce	Used	Final	Yes	Chlorination, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
KTM-BWMS	Used	Basic	No	Electro-Chlorination/Electrolysis
MARENCO	None Used	N/A	No	Filtration, Ultraviolet
Maritime Solutions	None Used	N/A	No	Filtration, Ultraviolet
MH Systems	None Used	N/A	No	Cavitation, Deoxygenation
MICROFADE BWMS	Used	Final	Yes	Chlorination, Filtration

Neo-Purimar	Used	Final	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
Ocean Guard OxyClean	Used	Final	Yes	Electro-Catalysis, Filtration, Ozonation, Ultraviolet
Ocean Protection System	None Used	N/A	Yes	Filtration, Ultraviolet
OceanDoctor BWMS	Used	Basic	No	Advanced Oxidation, Filtration, Ultraviolet
OceanGuard BWMS	Used	Final	Yes	Advanced Oxidation, Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Ozonation, Ultrasound
OceanSaver BWMS	Used	Final	Yes	Advanced Oxidation, Cavitation, Deoxygenation, Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration
Optimarin Ballast System	None Used	N/A	Yes	Filtration, Ultraviolet
PureBallast (2.0 & 2.0EX)	Used	Final	Yes	Advanced Oxidation, Filtration, Ultraviolet
Purimar	Used	Final	Yes	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration, Residual Control (sulphite/bisulphate)
SiCURE BWMS	Used	Final	No	Electro-Chlorination/Electrolysis, Filtration
SKY-SYSTEM	Used	Basic	No	Peraclean Ocean, Residual Control (sulphite/bisulphate)
Smart Ballast BWMS	Used	Final	No	Electro-Chlorination/Electrolysis
Trojan Marinex	None Used	N/A	No	Filtration, Ultraviolet
Venturi Oxygen Stripping	None Used	N/A	Yes	Cavitation, Deoxygenation

2 priedas. Dangu dengimo specifikacijos

TSCF 10: Guide for minimum of 10 years – System Specification

Item	Requirement	Comment
Primary Surface Preparation Blasting and Profile Soluble Salt limit	Sa 21/2 , 30-75 Micron $\leq 30 \text{ mg/m}^2$	ISO 8501, ISO 8503-1/3 ISO 8502-9
Pre-Construction Primer Coating type	Ethyl-zinc-silicate	
Secondary Surface Preparation Steel Condition Pre-washing Salt limit before secondary S.P. Surface treatment After erection Profile requirements Dust Salts after blasting/grinding Abrasive inclusions	Preparation grade p1 One pass edge grinding Recommended $\leq 30 \text{ mg/m}^2$ Sa 21/2 on damaged pre-construction primer and welds, SA 1 on intact pre-construction primer, removing 30% of primer. Butts and damages St3 As coating requirements “1” $\leq 30 \text{ mg/m}^2$ None	ISO 8501-3 SSPC SP1 ISO 8502-9 BS 2634 ISO 8502-3 ISO 8502-9 As viewed without magnification
Painting Requirements Minimum surface temperature Coating pre-qualification testing Thickness requirement Coating type Number of coats	As per manufacturers advice Independent 250 mic dft minimum, over pre-construction primer thickness, Light colour epoxy Minimum one full strip coat followed by two full spray coats	+ 10oC recommended Appendix 4 ‘Guidelines for ballast tank coating system and surface preparation’
Anodes: Zinc or Aluminium*	As per contract	*Installed in accordance with class rules.

Acceptance Criteria:

Following conditions shall cause rejection:

- Excessive sags and runs: Isolated sags and runs defined as 1 per each 10m maximum are permissible
- Pin-holes: none allowed
- Air bubbles or air bubble craters: non permissible
- Low DFT (dry film thickness): none permissible
- Too high DFT: none permissible (see sags and runs for only exception)
- Blistering: none acceptable
- Lifting or peeling: none permissible
- Insufficient dehumidification, heating and/or ventilation: none permissible
- Unsafe or poorly erected staging: not acceptable
- Poor cleaning, presence of inclusions or invisible contamination in excess of the specification: none permissible.

TSCF 15: Guide for minimum of 15 years – System Specification

Item	Requirement	Comment
Primary Surface Preparation Blasting and Profile Soluble Salt limit	Sa 21/2 , 30-75 Micron ≤30 mg/m ²	ISO 8501, ISO 8503-1/3 ISO 8502-9
Pre-Construction Primer Coating type	Ethyl-zinc-silicate	
Secondary Surface Preparation Steel Condition Pre-washing Salt limit before secondary S.P. Surface treatment After erection Profile requirements Dust Salts after blasting/grinding Abrasive inclusions	Preparation grade P2 Three pass edge grinding Recommended ≤30 mg/m ² Sa 21/2 on damaged pre-construction primer and welds, SA 2 on intact pre-construction primer, removing 70% of primer. Butts Sa 21/2 , damages St3 As coating requirements “1” ≤30 mg/m ² None	ISO 8501-3 SSPC SP1 ISO 8502-9 ISO 8501 ISO 8503-1/3 ISO 8502-3 ISO 8502-9 As viewed without magnification
Painting Requirements Minimum surface temperature Coating pre-qualification testing	As per manufacturers advice Independent	+ 10oC recommended Appendix 4 Item 2.3.1 ‘Guidelines for ballast tank

Thickness requirement	300 mic dft minimum,	coating system and surface preparation'
Coating type Number of coats	Light colour epoxy Minimum two full strip coat followed by two full spray coats	To be qualified by testing
Anodes: Zinc or Aluminium*	As per contract	*Installed in accordance with class rules.

Acceptance Criteria:

Following conditions shall cause rejection:

- Excessive sags and runs: Isolated sags and runs defined as 1 per each 100m maximum are permissible
- Pin-holes: none allowed
- Air bubbles or air bubble craters: non permissible
- Low DFT (dry film thickness): none permissible
- Too high DFT: none permissible (see sags and runs for only exception)
- Blistering: none acceptable
- Lifting or peeling: none permissible
- Insufficient dehumidification, heating and/or ventilation: none permissible
- Unsafe or poorly erected staging: not acceptable
- Poor cleaning, presence of inclusions or invisible contamination in excess of the specification: none permissible.

TSCF 25: Guide for minimum of 25 years – System Specification

Item	Requirement	Comment
Primary Surface Preparation Blasting and Profile Soluble Salt limit	Sa 2 1/2 , 30-75 Micron ≤30 mg/m ²	ISO 8501, ISO 8503-1/3 ISO 8502-9
Pre-Construction Primer Coating type	Ethyl-zinc-silicate	
Secondary Surface Preparation Steel Condition Pre-washing Salt limit before secondary S.P. Surface treatment	Preparation grade P2 Edge grinding to radius Mandatory ≤30 mg/m ² Sa 2 1/2 for full area	ISO 8501-3 SSPC SP1 ISO 8502-9 ISO 8501 Block holding primer not acceptable

After erection Profile requirements Dust Salts after blasting/grinding Abrasive inclusions	Butts and damages Sa 21/2 , As coating requirements “1” ≤30 mg/m2 None	ISO 8503-1/3 ISO 8502-3 ISO 8502-9 As viewed without magnification
Painting Requirements Minimum surface temperature Coating pre-qualification testing Thickness requirement Coating type Number of coats	Minimum +10oC Independent 350 mic dft minimum, Light colour epoxy Minimum three full stripe coat followed by three full spray coats	Or higher if coating manufacturer recommends Appendix 4 Item 2.3.1 ‘Guidelines for ballast tank coating system and surface preparation’ To be qualified by testing
Anodes: Zinc or Aluminium*	As per contract	*Installed in accordance with class rules.

Acceptance Criteria:

Following conditions shall cause rejection:

- Excessive sags and runs: Isolated sags and runs defined as 1 per each 100m maximum are permissible
- Pin-holes: none allowed
- Air bubbles or air bubble craters: non permissible
- Low DFT (dry film thickness): none permissible
- Too high DFT: none permissible (see sags and runs for only exception)
- Blistering: none acceptable
- Lifting or peeling: none permissible
- Insufficient dehumidification, heating and/or ventilation: none permissible
- Unsafe or poorly erected staging: not acceptable
- Poor cleaning, presence of inclusions or invisible contamination in excess of the specification: none permissible.

3 priedas. Z-5C tipo anodas



Reference: Z-5C

Description: Anode plate with longitudinal insert to weld.

Material: Zinc

Norms: U.S. MIL. A18.001:K

Weight [Kg]: 5,000

