

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Mindaugas Česnauskis

**TANKLAIVIŲ KONSTRUKCIJOS YPATYBIŲ IR EKSPLOATACIJOS
SĄLYGŲ ĮTAKA AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBEI IR
MASTAMS**

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai, transporto inžinerija

Vilnius, 2007

Disertacija rengta Klaipėdos universitete 2002–2006 metais

Disertacija ginama eksternu

Mokslinis konsultantas:

prof. habil. dr. Vytautas Smailys (Klaipėdos universitetas, technologijos mokslai, transporto inžinerija – 03T)

TURINYS

IVADAS	4
1. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMO INCIDENTŲ IŠ TANKLAIVIŲ IR JUOS ĮTAKOJANČIŲ VEIKSNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA	8
1.1. Lietuvos mokslininkų darbų apžvalga	8
1.2. Užsienio mokslininkų darbų apžvalga	9
1.3. Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbų apžvalgų apibendrinimas	12
2. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBĘ IR MASTUS ĮTAKOJANTYS VEIKSNIAI	14
2.1. Tanklaivių avarijų ypatumai	14
2.2. Tanklaivių korpuso konstrukcija, inžineriniai aspektai	17
2.3. Avarinės taršos procesas ir jį įtakojantys veiksniai	21
2.4. Veiksniai, įtakojantys eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijos techninę būklę	37
2.5. Antrojo skyriaus išvados	42
3. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBĖS IR MASTŲ ĮVERTINIMO METODAI	44
3.1. Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės prognozavimo metodika	44
3.2. Parametrų, reikalingų avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei prognozuoti, įvertinimo metodai	48
3.3. Avarijos metu iš tanklaivio išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimo metodai	52
3.4. Modifikuota išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimo metodika	55
3.5. Tanklaivių keliama avarinių naftos išsiliejimų incidentų rizika. Priemonės rizikai sumažinti	64
3.6. Trečiojo skyriaus išvados	71
4. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBĖS IR MASTŲ BEI JUOS ĮTAKOJANČIŲ VEIKSNIŲ TYRIMAI IR JŲ REZULTATAI	72
4.1. Tanklaivių bei kitų laivų avarijų statistika ir priežastys	72
4.2. Tanklaivių, dominuojančių LAR konstrukcija, konjunktūra bei jos kitimas	85
4.3. Avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybės prognozės LAR rezultatai	92
4.4. Išsiliejusio krovinio kiekio iš avariją patyrusio tanklaivio tyrimo rezultatai	97
4.5. Tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikos įvertinimo rezultatai	102
4.6. Veiksnių, bloginančių tanklaivio korpuso konstrukcijų mechanines savybes, poveikio mažinimas	104
4.7. Atskirų veiksnių poveikio naftos išsiliejimų incidentų rizikai įvertinimas	108
4.8. Ketvirtąjo skyriaus išvados	113
BENDROSIOS IŠVADOS	116
LITERATŪROS SĄRAŠAS	118

IVADAS

Nors laivas, kaip transporto priemonė, remiantis statistika, priskiriamas saugiausiai transporto rūšiai, laivų avarijos nuolat įvyksta ir toliau vyks. Akivaizdu, kad šio reiškinio visiškai pašalinti niekada nepavyks, tačiau turi būti dedamos pastangos, kad būtų sumažintas laivų avaringumas bei sušvelninamos avarijų pasekmės pastarosioms įvykus.

Naftos ir jos produktų transportavimas tanklaiviais jūromis Tarptautinės jūrų organizacijos duomenimis [99] šiuo metu siekia daugiau nei 2 milijardus tonų per metus ir neturi tendencijos mažėti. Nežiūrint į įvairias tarptautinių organizacijų, klasifikacinių bendrovių bei atskirų valstybių pastangas, kuriomis siekiama nustatyti tokius laivų konstrukcijos bei eksploatacijos standartus, kurie garantuotų tanklaivių avaringumo mažėjimą bei pasekmių, jei įvyktų tokios avarijos, minimizavimą, transportuojant naftą ar jos produktus laivais, tam tikri jos kiekiai neišvengiamai – dalis legaliai, kita dalis nelegaliai ar dėl operatorių klaidų bei avarijų – patenka į jūrą.

Didžiausia tiesioginė žala jūrinei aplinkai bei netiesioginė žala pakrantės valstybių ekonomikai padaroma tanklaivių avarijų metu, kada į aplinką išsilieja dideli kiekiai gabenamo krovinio. Žalos mastai ir ekonominiai nuostoliai tokiais atvejais labai priklauso nuo avarijos eigos kontrolės ir likvidavimo priemonių panaudojimo operatyvumo bei efektyvumo. Uždelsus su avarijos likvidavimo priemonėmis keliasdešimt minučių ar valandą (pvz. Klaipėdos uosto sąlygomis) kur pastovi Nemuno srovė gali pernešti teršalus, užteršimo zona, žala aplinkai ir jos likvidavimo kaštai gali labai padidėti. Todėl įvykusio naftos išsiliejimo vietos bei mastų įvertinimas yra vienas svarbiausių avarijos padarinių likvidavimo proceso elementų. Svarbiausios šio vertinimo charakteristikos yra jo atlikimo operatyvumas bei tikslumas, kadangi pagal gautus rezultatus operatyviai parenkama kovos su įvykusiu užteršimu strategija ir taktika.

Tiriamoji problema

Tanklaivių ir kitokio tipo laivų avarijos, avarinius naftos išsiliejimus iš tanklaivių įtakojantys veiksniai, jų poveikio mažinimas. Tanklaivių konstrukcijos ypatybės, eksploatacijos sąlygos bei technologiniai veiksniai, darantys didžiausią poveikį eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijos techninei būklei. Avarinių naftos išsiliejimų iš tanklaivių tikimybės ir mastų įvertinimas.

Mokslo problemos aktualumas

Reagavimo į taršą jūroje sistemų projektavimas, operatyvus jų panaudojimas, likviduojant tanklaivių avarijų padarinius siejamas su patikimomis bei operatyviomis tanklaivių avarijų ir jų sukeltos taršos parametrų prognozėmis. Egzistuoja problema, kad šiuo metu naudojami prognozavimo metodai yra nepakankamai efektyvūs, jais dažnai nevisiškai įvertinami avarinių

naftos išsiliejimų incidentų tikimybę bei mastus įtakojantys veiksniai, ypač kai šie metodai taikomi konkrečioms laivybos rajonams, kuriuose tanklaivių eismas nėra intensyvus ir tanklaivių avarijos yra itin retos. Todėl būtina ištirti, kaip įvertinti labiausiai tikėtinas avarinių naftos išsiliejimų incidentų vietas konkrečiame laivybos rajone bei kaip operatyviai prognozuoti tanklaivio avarijos metu į aplinką patekusio naftos ar kitokio tanklaivio transportuojamo krovinio kiekį.

Disertacijos tikslas

Ištirti avarinį naftos išsiliejimą iš tanklaivio apibūdinančių parametrų prognozavimo galimybes. Suformuluoti teorines prielaidas avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei sumažinti bei tanklaivio avarijų padarinių mastams sušvelninti.

Disertacijos tyrimo objektas

Avariniai naftos išsiliejimai (taip pat vadinama avarinė tarša) iš tanklaivių, t.y., taršos gabenamu kroviniu, kurią sukėlė tanklaivio avarija (užplaukimas ant seklumos ar grunto lietimasis, susidūrimas ar atsitrenkimas, korpuso struktūros pažeidimas, gaisras ar sprogimas), incidentai bei šiuos incidentus įtakojančios tanklaivių konstrukcinės ypatybės ir eksploatacijos sąlygos. Disertacijoje nenagrinėjami atsitiktiniai bei tyčiniai naftos išpylimo iš tanklaivių incidentai, krovos operacijų metu įvykę išpylimai, galimų teroristinių išpuolių prieš tanklaivius sukelti naftos išsiliejimo incidentai. Tokių naftos išsiliejimo incidentų analizei naudojami metodai iš esmės skiriasi nuo šioje disertacijoje naudojamų tyrimo metodų.

Pagrindiniai darbo uždaviniai

1. Įvertinti avarinius naftos išsiliejimus iš tanklaivių įtakojančių objektyvių ir subjektyvių veiksnių visumą bei nustatyti prielaidas šiems veiksniams valdyti.
2. Ištirti, kokie technologiniai veiksniai ir kokioms aplinkybėms esant daro didžiausią poveikį eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijos techninei būklei, bei parengti rekomendacijas tokių veiksnių poveikiui sumažinti.
3. Modeliuojant avarinės taršos iš tanklaivių procesą, parengti avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio tikimybinių įvertinimo modelį.
4. Remiantis atliktų eksperimentinių bei teorinių tyrimų rezultatais parengti metodiką, leidžiančią operatyviai prognozuoti galimus avarinių naftos išsiliejimų mastus konkrečiame laivybos rajone.
5. Atliekant Baltijos jūroje įvykusių tanklaivių avarijų bei Lietuvoje įregistruotų laivų avarijų statistikos eksperimentinį tyrimą, nustatyti potencialias priežastis, galinčias sukelti

tanklaivio avariją Lietuvos atsakomybės rajone, bei suformuluoti teorines prielaidas tokių avarijų prevencijai pagerinti.

6. Įvertinti Lietuvos atsakomybės rajone operuojančių tanklaivių keliamą naftos išsiliejimų incidentų riziką bei parengti šios rizikos mažinimo rekomendacijas.

Darbo mokslinis naujumas

Pasiūlytas avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio tikimybinio įvertinimo modelis, kurį rekomenduojama naudoti prognozuojant tanklaivio avarijos sukeltos taršos tikimybės pasiskirstymą atskirose tiriamo laivybos rajono zonose. Dalis pradinių duomenų, reikalingų modeliui taikyti, gaunami pasitelkiant laivybos ekspertus, todėl užtikrinamas visos disponuojamos informacijos (pasaulinė ir regioninė laivų avarijų statistika, tiriamame laivybos rajone dominuojantys veiksniai) panaudojimas.

Darbas atliktas naudojant šiuos metodus

Statistinės analizės ir prognozavimo metodus, kompleksinės analizės metodą.

Praktinė vertė

Darbe patikslinta naftos išsiliejimo iš avariją patyrusio tanklaivio tikimybinė skaičiavimo metodika, ją panaudojant apibendrintiems galimų avarinių naftos išsiliejimų iš tam tikrų konstrukcinių parametų tanklaivių skaičiavimams bei operatyviam preliminariam įvykusio naftos išsiliejimo masto įvertinimui pagal pačius primityviausius techninius duomenis apie avariją (avarijos tipas, uostas, tanklaivio tipas, jame esantis pakrautas naftos ar jos produktų kiekis, pagrindiniai tanklaivio konstrukciniai parametrai). Darbe taip pat susisteminti technologiniai veiksniai, darantys įtaką tanklaivių korpuso konstrukcijų techninei būklei, pateikiamos šių veiksmų poveikio mažinimo rekomendacijos.

Ginamieji disertacijos teiginiai

1. Avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio tikimybinio įvertinimo metodika.
2. Patikslinta avarinių naftos išsiliejimų mastų tikimybinė skaičiavimo metodika.
3. Technologinių veiksmų, įtakančių eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijų techninę būklę, tyrimo rezultatai.
4. Veiksmų, galinčių nulemti tanklaivių avaringumą Lietuvos atsakomybės rajone, tyrimų rezultatai.

Darbo aprobavimas

Pagrindiniai disertacijos teiginiai aprobuoti keturiose mokslinėse publikacijose:

Recenzuojamuose periodiniuose mokslo leidiniuose:

1. SMAILYŠ, V.; ČESNAUSKIS, M. Estimation of Expected Cargo Oil Outflow from Tanker Involved in Casualty. *Transport*, 2006, Vol. XXI No. 4, p. 293 – 300. ISSN 1648-4142.
2. ČESNAUSKIS, M. Model of Probabilistic Assessment of Oil Outflow Event Caused by Tanker Accident. *Transport*, 2007, Vol. XXII, No. 3, p. 187 – 194. ISSN 1648-4142 (ISI Master List).
3. ČESNAUSKIS, M.; TARASEVIČIUS, R. Jūrų laivų avarių, įregistruotų 1999–2003 m. Lietuvos kompetentingose institucijose, statistikos ir tyrimų analizė. *Jūra ir aplinka*, 2004, Nr. 2, p. 33 – 40.

Kituose leidiniuose:

4. ČESNAUSKIS, M. Jūrų laivų avarių, įregistruotų Lietuvos jūrų administracijos 1999–2003 m., analizė. Klaipėda: *Technologijos mokslo darbai vakarų Lietuvoje*, 2004, IV tomas, p. 168 – 174.

Dalyvavimas mokslinėse konferencijose

1. Tarptautinė konferencija „Trans Baltica 2004“. 2004 m. balandžio 6–7 d., Vilnius.
2. Tarptautinis seminaras „Tolimesnis infrastruktūros, skirtos oro taršos iš laivų Baltijos jūroje prevencijai bei mažinimui, vystymas“. 2006 m. rugsėjo 28 d., Klaipėda.

Darbo apimtis

Darbą sudaro įvadas, 4 skyriai, bendrosios išvados ir literatūros sąrašas. Bendra disertacijos apimtis – 125 puslapiai, 45 iliustracijos ir 35 lentelės. Literatūros sąrašą sudaro 101 šaltinis.

1. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMO INCIDENTŲ IŠ TANKLAIVIŲ IR JUOS ĮTAKOJANČIŲ VEIKSNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

1.1. Lietuvos mokslininkų darbų apžvalga

Naftos išsiliejimo incidentai (avarinė tarša, avariniai naftos išsiliejimai) iš tanklaivių disertacijoje nagrinėjami kaip procesas – nuo prielaidų tanklaivio avarijai įvykti iki avarijos metu gabenamo krovinio išsiliejimo. Patį avarinės taršos procesą sudaro dvi kartinės stadijos – tai tanklaivio avarija ir avarijos (incidento) metu išsiliejęs naftos kiekis, t. y. avarijos mastai.

Avarinius naftos išsiliejimo incidentus iš tanklaivių įtakojančios veiksniai yra palyginus nedaug tyrinėti Lietuvos mokslininkų, tačiau yra nemažai užsienio mokslininkų darbų, tam tikru aspektu susijusių su nagrinėjama tema, todėl šių darbų analizė suteikia reikiamą pagrindą disertacijos temos nagrinėjimui.

Tanklaivių saugos klausimai visų pirma susiję su transporto klausimais – tai ir uostų terminalai, ir jūrų transportas. Nemažai Lietuvos mokslininkų yra publikavę darbus fundamentaliais transporto klausimais. Svarų indėlį į bendrosios transporto sistemos teorijos tyrimus įnešė prof. A. Baublys [1, 2, 3].

Tanklaivių susidūrimams ar atsitrekimams bei užplaukimams ant seklumų prognozuoti dažnai naudojamos praityje įvykusių laivų avarių statistika [4, 5, 6, 7, 8], praities įvykių perkeltant į prognozę. Šiuo principu, vertindamas tanklaivio transportuojančio orimulsiją avarijos tikimybę, naudojasi V. Smailys et al, ją patikslindamas atsižvelgiant į Lietuvos atsakomybės rajonui būdingus ypatumus [9]. V. Smailio vadovaujamos mokslininkų grupės parengtoje Jūros vandens apsaugos transportuojant orimulsiją ir naftos produktus programoje [10] tiriama Pasaulinio tanklaivių laivyno ir Baltijos jūros laivyno avaringumas, remiantis praities įvykių pasaulyje bei Baltijos jūroje statistika, įvertinama tanklaivio avarijos tikimybė ir galimi tokios avarijos padariniai. Darbe įvertinamas vidutinis tikėtinas išsiliejusios naftos kiekis iš konkretaus tanklaivio, neatsižvelgiant į veiksnis, susijusius su tanklaivių korpuso konstrukciniais ypatumais.

V. Paulauskas analizuoja veiksnis, įtakojančius laivų navigacinę riziką, bei siūlo metodiką, leidžiančią įvertinti tiriamame laivybos regione esančių atskirų laivybos zonų navigacinę riziką [11, 12]. Tyrime preliminariai įvertinama Baltijos jūros uostų rizika ir nurodoma, kad atskirų Baltijos jūros regionų tikslesniam rizikos įvertinimui būtina atlikti papildomus tyrimus. Tyrime nėra vertinama galimų naftos išsiliejimų incidentų tikimybė bei tokių incidentų mastai. V. Paulauskas taip pat analizuoja su laivo valdymu ypatingomis sąlygomis susijusią riziką [13].

Volkovas ir kiti [14] analizuoja benzino transportavimo sausumos keliais riziką, ją įtakojančius veiksnis bei tiria šios rizikos įvertinimo ir kontrolės galimybes.

Šios disertacijos autorius nagrinėjo 1999–2003 m. Lietuvos atsakomybės zonoje įvykusias laivų avarijas bei laivų avarijas, įvykusias su Lietuvoje registruotais jūrų laivais [4]. Tyrime susistemintos išnagrinėtų laivų avarių priežastys, nustatytos avaringumo tendencijos ir įvertinta eksploatacijos sąlygų įtaka laivų avaringumui. Atlikto tyrimo rezultatai šioje disertacijoje sėkmingai panaudoti nustatant ir tiriant laivų avaringumą Lietuvos atsakomybės zonoje įtakančius veiksnius.

V. Smailys kartu su šios disertacijos autoriumi pasiūlė supaprastintos tikimybinės išsiliejusios iš avarią patyrusio tanklaivio naftos kiekio nustatymo metodikos variantą [15], kuris gali būti panaudotas gavus labai ribotą pirminę informaciją apie avarijos aplinkybes ir turint tik pačius bendriausius duomenis apie tanklaivio parametrus ir konstrukciją. Taikoma konkrečiame jūros regione (pvz., Baltijos jūros Lietuvos atsakomybės zonos sektoriuje), metodika užtikrina keletą kartų trumpesnę negu naudojant standartines TJO metodikas įvertinimų rengimo laiką tik nežymiai (8 – 20 %) padidėjant vertinimo paklaidai.

Šios disertacijos autorius pasiūlė avarinio taršos įvykio iš tanklaivio tikimybinių įvertinimo modelį [72], kurį rekomenduojama naudoti prognozuojant tanklaivio avarijos sukeltos taršos tikimybės pasiskirstymą atskirose tiriamo laivybos rajono zonose. Dalis pradinių duomenų, reikalingų modeliui taikyti, gaunami atliekant ekspertinį vertinimą, todėl užtikrinamas visos disponuojamos informacijos (pasaulinė ir regioninė laivų avarių statistika, tiriamame laivybos rajone dominuojantys veiksniai) panaudojimas. Modelis pritaikytas Lietuvos atsakomybės rajonui, įvertinta avarinio taršos įvykio tikimybė bei jos pasiskirstymas atskiruose rajono sektoriuose.

1.2. Užsienio mokslininkų darbų apžvalga

Tanklaivių avarijos, sukėlusios skaudžius padarinius jūros aplinkai ir gyvūnijai, skatino užsienio mokslininkus, klasifikacines bendroves, tarptautines organizacijas tirti šių avarių priežastis ir pasekmes įtakančius veiksnius. Sėkmingai atliktų mokslinių tyrimų rezultatai buvo panaudojami nustatant priemones, mažinančias tanklaivių avarių tikimybę bei švelninančias įvykusios avarijos padarinius.

Tirdami laivų susidūrimų ir užplaukimų ant seklumų dažnumą bei tokių įvykių tikimybes, priežastis ir pasekmes, Wennick [16], Kite – Powell ir kiti [17], Psaraftis ir kiti [18], Fowler ir kiti [19] rėmėsi laivų avarių tyrimų ataskaitomis bei avarių statistikos suvestinėmis. Visi šie autoriai nurodo, kad informacija apie avarijas pateikiama tokiuose šaltiniuose dažnai yra prieštaringa, kai kurių tyrimams reikalingų duomenų iš vis nėra. Psaraftis ir kiti [18] komentuoja Europos Komisijos užsakymu atlikto tyrimo „Laivybos saugumas pakrantės vandenyse“ kai kuriuos aspektus. Projekte tiriama, kaip laivo dydis ir tipas, amžius, hidrometeorologinės sąlygos įtakoja jūrų transporto riziką.

Tyrimas remiasi laivų avarijų tyrimų medžiaga. Darbo pabaigoje nurodoma, kad išvados nėra absoliučiai patikimos, kadangi remtasi tik vienerių metų laivų avarijų statistika.

Kiti tyrėjai [20, 21] didžiausią avarijos riziką keliančių veiksnių nustatymui siūlo naudoti ekspertinio vertinimo metodiką, prieš tai sumodeliavus galimus laivų avarijų scenarijus ir pateikus juos vertinti ekspertams. Ši metodika yra ir viena iš Tarptautinės jūrų organizacijos (TJO) aprobuotų formalaus saugumo įvertinimo metodikos [22], skirtos įvertinti techninius sprendimus saugos požiūriu, sudedamųjų dalių.

Kite – Powell ir kiti [17] analizuoja aplinkos sąlygų bei jūrlapiuose esančių netikslumų ryšį su penkiuose JAV uostuose 1981–1995 m. įvykusiais laivų užplaukimais ant seklumų. Studija remiasi išsamia statistika, tačiau ataskaitoje nurodoma, kad sėkmingai baigti tyrimą trukdė pradinių duomenų nevienodumas ir trūkumas. Tyrimo išvadose nepateiktas aiškus tirtų veiksnių įtakos nagrinėto tipo laivų avarijoms vaizdas.

Wennick, [16] tirdamas laivų susidūrimų kanaluose bei uostuose tikimybę, naudoja „priežastinio ryšio“ bei „statistinį“ metodus. Naudojant „statistinį metodą“, remiantis incidentų statistika, prognozuojama ateities incidento tikimybė, o naudojant „priežastinio ryšio“ metodą – nustatinėjami veiksniai, įtakojantys incidentą. Autorius siūlo „priežastinio ryšio“ modelį naudoti rengiant uostų vystymo projektus, kuomet, dėl pasikeitusių bei atsiradusių naujų aplinkos veiksnių, atlikti rizikos vertinimo remiantis praeities statistika negalima. Kur įmanoma, Wennick siūlo naudoti tiek „priežastinio ryšio“, tiek „statistinį“ metodus, nes tokia gautų rezultatų kombinacija leidžia patikimiau įvertinti laivų susidūrimų riziką.

Brown ir kiti [23] bei Sirkar ir kiti [24] tyrimus atliko naudodami rizikos analizės metodą, pagal kurį įvertinamos susidūrimų ir užplaukimų ant seklumos pasekmės. Abiejose studijose susidurta su avarijų pasekmių sukeltų nuostolių įvertinimo problema. Brown ir Amrozowicz [25] pasiūlytame modelyje vertinama incidento tikimybė naudojant rizikos įvertinimo metodus, taip pat naudojant tikimybinės metodikas skaičiuojamas po avarijos išsiliejęs naftos kiekis. Šis modelis yra labai sudėtingas, jį praktikoje sunku pritaikyti. Sirkar ir kiti [24] siūlo panašų modelį, pagal kurį vertinama konkretaus tanklaivio aplinkai keliama rizika. Tanklaivio pažeidimo tikimybė ir išsiliejusio naftos kiekio analizė remiasi tikimybine naftos išsiliejimo nustatymo metodika [26]. Autoriai nurodo, kad susiduria su pasekmių sukeltų nuostolių įvertinimo problema.

Sonne Ravn, Friis – Hansen, išsiliejusios iš tanklaivio naftos kiekio įvertinimui pasiūlė kombinuotas metodikas [27, 28], pagal kurias, žinant nagrinėjamo jūros rajono laivybos intensyvumą bei laivų judėjimo schemas, modeliuojami laivų susidūrimai ir nustatoma laivo korpuso pažeidimų tikimybė. Taikant šias metodikas, suvedami laivų, operuojančių tiriamame rajone, konstrukciniai duomenys, taip pat papildomi duomenys, apibūdinantys jų keliamą riziką.

Pagal tai prognozuojami tikėtini avarių sukelti laivų korpuso pažeidimai ir tokių pažeidimų pasekmės.

Naujai suprojektuoto tanklaivio apsaugos nuo taršos lygio įvertinimui Tarptautinė jūrų organizacija yra aprobavusi dvi metodikas – tikimybinę [29] bei supaprastintą tikimybinę naftos išsiliejimo iš tanklaivio metodiką [44, 26]. Kiti tyrėjai šiomis metodikomis naudojasi nustatant konkretaus tanklaivio keliamos rizikos aplinkai laipsnį bei parenkant „optimalaus tanklaivio“ parametrus rizikos ir „kaštų – efektyvumo“ požiūriu [23]. Tanklaiviui užplaukus ant seklumos arba susidūrus su kitu laivu, taršos tikimybė labiausiai priklauso nuo tanklaivio korpuso konstrukcijos, todėl patikimumo požiūriu, šiuo atveju taršos tikimybės įvertinimui geriausiai tinka TJO aprobuota tikimybinė metodika [29].

Gaisrų ir korpuso struktūros pažeidimų tikimybei prognozuoti naudojamos praeities įvykių statistika [30]. Tiriama ir sausakrūvių laivų bei tanklaivių korpuso struktūros pažeidimo tikimybės priklausomybė skirtinguose vidutinio bangų aukščio Europos rajonuose [31], kuriuose laivas daugiausia eksploatuojamas. Verta atkreipti dėmesį, kad šiuo požiūriu Baltijos jūra priklauso mažiausios rizikos zonai.

Gaisro bei korpuso struktūros pažeidimo sukulto taršos įvykio tikimybės įvertinimui paprastai siūloma pasinaudoti praeities įvykių statistika [20], kadangi kitokių metodų, leidžiančių atlikti patikimus vertinimus, nėra.

Paminėtinas 2004 metais ES iniciatyva pradėtas ir 2008 planuojamas baigti vykdyti projektas „Taršos prevencija ir kontrolė“ (POP&C), kurio tikslas – pasiūlyti priemones, kuriomis naudojantis būtų galima metodiškai įvertinti riziką, pervežant naftą ir jos produktus tanklaiviais, bei pateikti racionalius siūlymus sprendimų, susijusių su reikalavimais tanklaivių konstrukcijai, eksploatacijai, priėmimui. Vykdamas projektą numatoma parengti rizikos vertinimais pagrįstą metodiką (angl. *risk – based methodology*), skirtą įvertinti naftos išsiliejimo potencialą tiek iš naujai statomų, tiek iš eksploatuojamų įvairios konstrukcijos tanklaivių, parengti rizikos vertinimų rezultatais paremtą pasyvią taršos iš laivų prevencijos metodiką, kuri būtų naudojama kaip priemonė tanklaivių konstrukcijai bei eksploatacijai tobulinti [32]. Taip pat planuojama parengti rizikos vertinimais paremtą aktyvų taršos mažinimo ir kontrolės mechanizmą, naudojamą įvykus incidentams su tanklaiviu. Projekte keliamus tikslus numatoma pasiekti nustatant bei klasifikuojant kritinius rizikos veiksnius – laivų susidūrimus, atsitrenkimus, užplaukimus ant seklumos, gaisrus, sprogimus bei korpuso lūžius, tikimybiškai vertinant šių pavojų tolimesnius padarinius (laivo apvirtimas ar nuskendimas, stovumo praradimas ar korpuso lūžis). Taip pat bus vertinamos ir galimų incidentų su tanklaiviais pasekmės (naftos išsiliejimo mastai, žala aplinkai). Pagal šiuos abu gautus rezultatus bus holistiškai vertinama taršos rizika bei pasiūlytos priemonės tos rizikos sumažinimui.

Igyvendinus projektą, numatoma pateikti moksliniais tyrimais pagrįstus pasiūlymus dėl:

- viengubo korpuso tanklaivių išvedimo iš eksploatacijos grafiko paankstinimo;
- viengubo korpuso 2 ir 3 kategorijos tanklaivių būklės įvertinimo schemos keitimo;
- reikalavimų avariniam tanklaivių vilkimui sugriežtinimo;
- papildomų reikalavimų tanklaivių priešgaisrinei apsaugai;
- reikalavimų, susijusių su žmogiškojo veiksnio įtaka;
- reikalavimų, nustatančių laivo kapitono veiksmus, laivui patyrus korpuso struktūros pažeidimus, nustatymo;
- metodikų, leisiančių įvertinti riziką į nelaimę patekusiam laivui suteikiant prieglobsčio vietą.

1.3. Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbų apžvalgų apibendrinimas

Tanklaivių avarijas ir avarinius naftos išsiliejimus įtakojančios veiksniai, kaip du savarankiški veiksmų blokai, formuojantys avarinės taršos iš tanklaivių procesą, yra išsamiai tyrinėti užsienio mokslininkų bei laivybos ekspertų. Yra atlikta nemažai studijų ir parengta metodikų, kuriose įvertinamos tanklaivių avarijų tikimybės, prognozuojamas teršalų (tanklaivių gabento krovinio), išsiliejusių iš avariją patyrusio tanklaivio, kiekis ir tokiu būdu nustatoma tanklaivių keliamas rizika jūros aplinkai. Moksliniais tyrimais gautų rezultatų pagrindu nustatomos priemonės ir mechanizmai, užtikrinantys tanklaivių keliamos rizikos aplinkai sumažinimą. Tačiau visi aukščiau aprašyti metodai neleidžia visapusiškai įvertinti avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės atskiriems tiriamo laivybos rajono sektoriams, kadangi jie skirti arba konkrečiam tanklaivio keliamai naftos išsiliejimo incidento rizikai prognozuoti (tokiu atveju lieka neįvertinti rajono, kuriame eksploatuojami tanklaiviai, ypatumai), arba detaliam nagrinėjami tiriamo laivybos rajono ypatumai, deramai neatsižvelgiant į tanklaivių eksploatacinius bei konstrukcinius veiksmus. Todėl jeigu šiais metodais ir būtų pasinaudota siekiant čia suformuluoto tikslo, liktų tinkamai neįvertinti daugelis veiksmų, galinčių nulemti galutinio rezultato patikimumą. Čia išryškėja mokslinė problema – kaip nustatyti ir įvertinti konkrečiam laivybos rajonui būdingus avarinius naftos išsiliejimus iš tanklaivių įtakojančius veiksmus bei kaip prognozuoti galimo avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybę ir galimai įvyksiančios taršos mastus konkrečioje tiriamojo laivybos rajono zonoje pagal žinomus ar numatomus duomenis apie naftos pervežimų mastus, tam naudojamų tanklaivių technines charakteristikas bei uosto ir jame esančių naftos terminalų ypatybes. Egzistuoja problema, kad esamomis naftos išsiliejimo mastų įvertinimo metodikomis dėl jų sudėtingumo bei pradinių duomenų trūkumo sunku operatyviai pasinaudoti, jos reikalauja daugelio įvestinių duomenų. Dėl to dažnai šiame tanklaivio avarijos padarinių likvidavimo etape

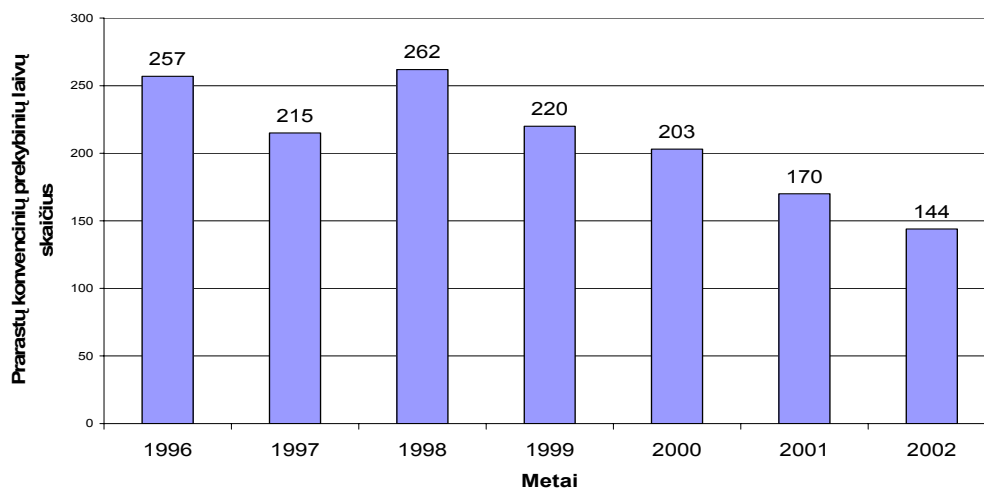
pasikliaujama profesine patirtimi ir apskritai netaikomos jokios aiškos moksliniais tyrimais pagrįstos metodikos.

Siekiant pagrįsti ir patikslinti problemos aktualumą, nustatyti galimus avarinį naftos išsiliejimą ir jo sukeltus padarinius įtakojančius technologinius veiksniai bei tanklaivių eksploatacijos sąlygas, svarbu ištirti tanklaivių avarijų ypatumus didžiųjų pasaulyje įvykusių tanklaivių avarijų kontekste, sumodeliuoti avarinės taršos procesą bei įvertinti, kokie veiksniai turi įtakos šio proceso vyksmui.

2. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBĘ IR MASTUS ĮTAKOJANTYS VEIKSNIAI IR JŲ ĮVERTINIMO METODAI

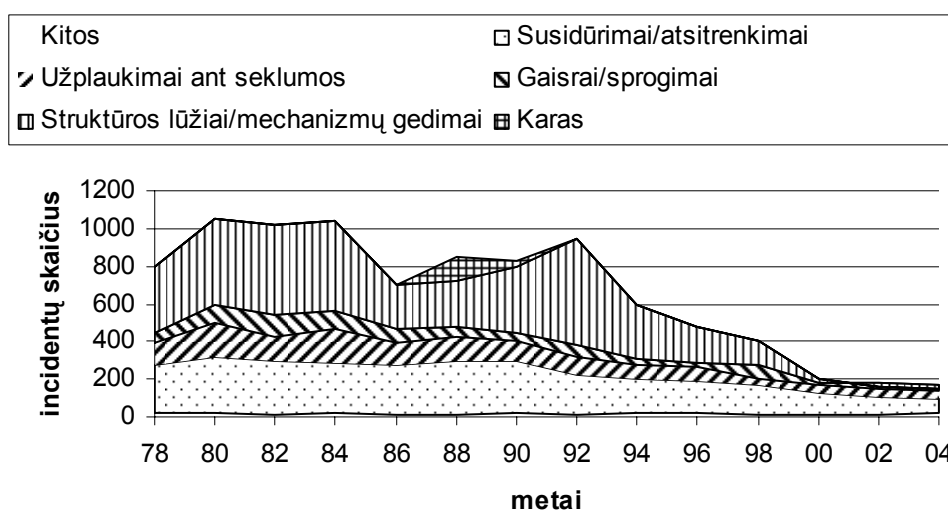
2.1. Tanklaivių avarijų ypatumai

Nagrinėjant bendras pasaulines laivų avaringumo tendencijas, Pasaulinio jūrų universiteto duomenimis [14], pastebimas laivų avarijų mažėjimas. Prekybinių konvencinių laivų žūčių statistika 1996–2002 metais pateikta 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Prekybinių konvencinių prarastų laivų skaičius 1996–2002 metais

Dėl laivų, įskaitant ir tanklaivius, konstrukcijos ir eksploatacinių technologijų pažangos bei sugriežtintų saugos standartų, taip pat pastebima žymi naftos tanklaivių avarijų mažėjimo tendencija (2.2 pav.).



Šaltinis: Intertanko [55]

2.2 pav. Tanklaivių avarijos ir jų kategorijos

Remiantis pasauline tanklaivių avarijų statistika, stambių naftos išpylimų skaičius iš tanklaivių per metus nuo 1970 metų iki 1990 metų sumažėjo apie 3 kartus. Dominuoja mažos pagal išsiliejimo mastą avarijos, kai išsiliejusios naftos kiekis neviršija 7 tonų (2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Naftos išsiliejimo jūroje incidentų skaičiaus ir masto kitimas 1970–2005 m.

Periodas	Išsiliejimų skaičius				Išsiliejusios naftos kiekis, t	
	< 7 t	7 – 700 t	>700 t	Iš viso	bendras	vidutinis metinis
1970–2005	7794 ⁽¹⁾	1172 ⁽¹⁾	343 ⁽¹⁾	9309 ⁽¹⁾	5621000	156139
1970–1979		536	252	788 ⁽²⁾	3142000	314200
1980–1989		356	93	449 ⁽²⁾	1176000	117600
1990–1999		280	78	358 ⁽²⁾	1140000	114000
2000–2005		99	22	121 ⁽²⁾	163000	27170
Pastabos: (1) duomenys už 1974–2005 m						
(2) neįskaitant incidentų < 7 t						

Pirminis duomenų šaltinis: Oil tanker spill statistics: 2005. The International Tanker Owners Pollution Federation, Ltd, 2006

Tačiau per tokius incidentus į jūros aplinką patenkantis santykinai mažas naftos kiekis yra nepalyginamai mažesnis už jos kiekius, išsiliejančius per didžiąsias avarijas. Pavyzdžiui 1990–1999 metais iš 1140000 t išsiliejusios naftos 830000 t arba 73 % atitinka dešimtį didžiausių incidentų, sudarančių vos 3 % nuo jų bendro skaičiaus. Svarbu yra tai, kad smulkios ir vidutinės (išsiliejimai iki 7 tonų ir 7 – 700 tonų) avarijos dažniausiai įvyksta uostuose ir jų prieigose, kur taršos pasekmės pasireiškia labai greitai ir paliečia daugelį objektų.

Baltijos jūros regione stambūs naftos išsiliejimai iš tanklaivių, kurių metu į jūrą patenka keletas tūkstančių tonų naftos yra labai reti. Tačiau tanklaivių avarijos ir toliau vyksta. Konkrečios avarijos atveju visuma išlaidų, susijusių su jos pasekmių likvidavimu (likvidavimo darbų kaina, prarasta laivo ir krovinių vertė, kompensacijos už žalą aplinkai ir ekonomikai, etc.) gali būti labai didelė, tačiau priklauso ne tik nuo išsiliejusios naftos kiekio, bet ir nuo avarijos vietos, aplinkos ir oro sąlygų avarijos metu, naftos produktų tipo (2.2 lentelė).

1967 m. kovo 18 d. tanklaivis Torrey Canyon, pakrautas 117000 t naftos užplaukė ant seklumos ties pietvakarine Anglijos dalimi. Išsiliejusi nafta padarė didžiulę žalą jūrinei aplinkai. Laivo kapitonas plaukė sąsiauriu nemažindamas greičio, nežiūrind į tai kad farvateryje buvo daug žvejybinių laivelių. Kapitono sprendimas plaukti sąsiauriais tarp salų buvo nulemtas informacijos iš paskirties uosto – laivas turėjo atvykti iki tam tikro laiko, kad spėtų iki įvyksiančio atoslūgio.

1978 m. kovo 16 d. tanklaivis Amoco Cadiz, pakrautas 220000 t žalios naftos, 9 val. 45 min. dėl vairo įrenginio gedimo tapo nevaldomas. 21 val. 00 min. laivas užplaukė ant seklumos. Pagrindinė šio laivo avarijos priežastis – netinkama vairo mechanizmo konstrukcija, tačiau laivo kapitonas irgi buvo pripažintas kaltu dėl to, kad laiku nesikreipė pagalbos. Be to, buvo sugaišta

laiko derantis dėl kontrakto laivui gelbėti sąlygų. Taigi laivo avarijos priežastis galima įvardinti kaip technines – ekonomines.

2.2 lentelė. Naftos tanklaivių avarių apibendrintų ekonominių pasekmių palyginimas

Tanklaivio pavadinimas	Avarijos aplinkybės			Išsilejusi nafta		Pasekmės aplinkai	Žala		Pastaba
	Metai	Vieta	Oro sąlygos	Tipas	Kiekis, t		Iš viso, mln. USD	1 t naftos, USD/t	
Amoco Cadiz	1978	Bretanės pakrantė	Audringas oras	Žaliavinė nafta	223000	Užteršta 320 km pakrantės	282	1265	
Globe Asimi	1981	Klaipėda	Blogos	Mazutas	16000	Užterštos uosto krantinės, uosto ir kuršių marių akvatorija, virš 600000 t grunto			
Exxon Valdez	1984	Aliaskos pakrantė	Specifinės Arktikos žiemos	Žaliavinė nafta	37000	Pažeista virš 1760 km kranto ruožo, žuvo virš 350000 jūros paukščių, 4500 kalanų, 200 ruonių	9500	256756	Avarijos padarinių likvidavimą apsunkino Arktikos sąlygos ir infrastruktūros nebuvimas
American Trader	1990	Kalifornija		Žaliavinė nafta	1681	Užteršta 24 km paplūdimių, žuvo 500 paukščių	43	25580	
Aegean Sea	1992	Prie Ispanijos krantų	Blogos	Žaliavinė nafta	74000		216	2916	
Braer	1993	Prie Šetlando salų	Geros	Žaliavinė nafta	85000		83	976	Palankios aplinkos sąlygos, nafta greitai išsisklaidė jūroje
Sea Empress	1996	Velso pakrantė	Audringas oras	Žaliavinė nafta	72000	Užteršta virš 100 km pakrantės, didelė žala žvejybai ir rekreacijai	118	1639	Valymus apsunkino uolėtas krantas
Pallas	1998	Šiaurės jūra (Vokietijos pakrantė)	Blogos	Mazutas, dyzelinas, naftos šlamas	244	Žuvo 16000 jūros paukščių	15,4	63115	
Erika	1999	Prancūzijos pakrantė	Blogos, didelis bangavimas	Mazutas	15000	Užteršta 400 km pajūrio ruožo	180	12000	
Prestige	2002	Ispanijos pakrantė	Blogos	Mazutas	77000	Užteršta virš 300 km pakrantės, didelė žala jūriniams verslams ir rekreacijai	Iki 1200	15580	

1989 m. kovo 24 d. tanklaivis Exxon Valdez, Princo Viljamo sąsiauryje ties Aliaska užplaukė ant seklumos, išpildamas apie 40000 t žalios naftos, tuo padarydamas didžiulę ekologinę žalą Aliaskos pakrantei, jos faunai ir florai. Vesdamas laivą, kapitonas pakeitė nustatytą maršrutą, kad išvengtų susidūrimo su ledkalniais, ir paliko tiltelį. Grįžęs į tiltelį, trečiasis kapitono padėjėjas negrąžino laivo į nustatytą kursą. Avarijos priežastys – laivo kapitonas neužtikrino tinkamo eigos budėjimo atlikimo (greičiausiai dėl alkoholio poveikio); Exxon laivybos kompanija netinkamai prižiūrėjo laivo kapitono darbą bei neužtikrino, kad laive dirbtų neišvargusi įgula; Jungtinių Valstijų pakrančių apsaugos tarnyba tinkamai nekontroliavo laivų eismo.

1999 m. gruodžio 12 d. viengubo korpuso konstrukcijos tanklaivis „Erika“ (Maltos vėliava), lūžo į dvi dalis ir nuskendo 40 jūrmylių atstumu nuo šiaurės vakarinio Prancūzijos kranto, išpildamas apie 15000 t mazuto ir užteršdamas apie 400 km pakrantės. Avarijos priežastis – laivo korpuso konstrukcijos stiprumo sumažėjimas. Nustatyta, kad korpuso konstrukcijos stiprumo sumažėjimo pagrindinė priežastis – nekokybiškai 1998 m. atliktas remontas, netobula laivo korpuso konstrukcija. Be to, laivo korpusas buvo stipriai pažeistas rudžių.

2002 m. lapkričio 13 d. viengubo korpuso 26 metų senumo tanklaiviui „Prestige“ dėl blogų oro sąlygų Biskajos įlankoje ties Ispanija buvo pažeistas korpusas. Buvo evakuota laivo įgula. Lapkričio 15 d. du vilkikai pradėjo traukti laivą į pietų pusę. Lapkričio 16 d. blogos oro sąlygos toliau gadino laivo korpusą. Lapkričio 17 d. laivas lūžo į dvi dalis ir nuskendo 137 jūrmylės nuo Ispanijos pakrantės 360 metrų gylyje, užteršdamas Ispanijos pakrantę nafta.

Kaip matome tanklaivių avarių, kurių metu išsilieja didžiuliai gabenamo krovinio kiekiai, kategorijos yra užplaukimai ant seklumos ir korpuso struktūros pažeidimai. Be šių kategorijų, disertacijoje bus nagrinėjami susidūrimo bei gaisrų ir sprogimų atvejai. Iš 2.2 lentelės matyti, kad vienos tonos į aplinką išsiliejusios naftos padaroma žala aplinkai yra labai nevienoda atskiroms avarijoms ir visų pirma priklauso nuo avarijos vietos bei esamų galimybių naftos padarytą žalą efektyviai minimizuoti.

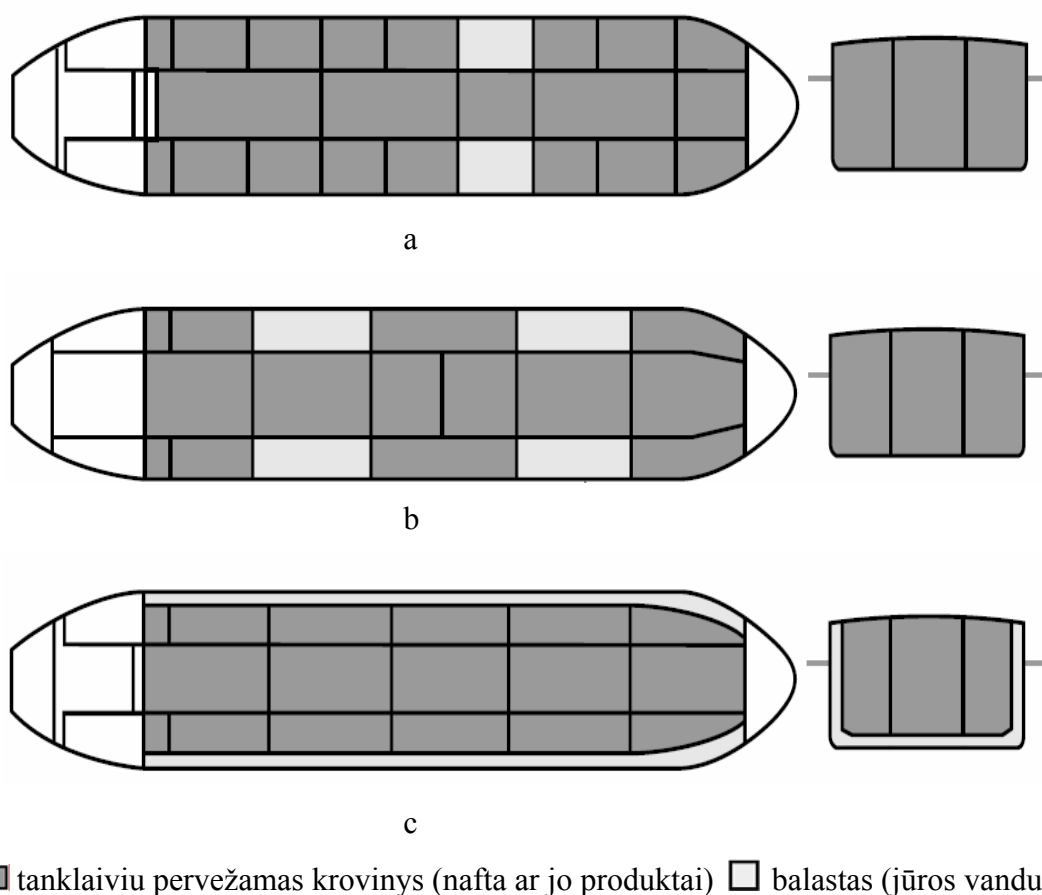
2.2. Tanklaivių korpuso konstrukcija, inžineriniai aspektai

Nuo tanklaivio korpuso konstrukcijos labai priklauso išsiliejusios naftos kiekis, pastarajam patyrus avariją. Dauguma iniciatyvų, kurių pastaraisiais dešimtmečiais imasi Tarptautinė jūrų organizacija (TJO), yra nukreiptos į tanklaivių konstrukcijos tobulinimą, siekiant nustatyti tokius reikalavimus tanklaivio konstrukcijai, kurie užtikrintų kuo mažesnę tanklaiviu pervežamo krovinio išmetimą į aplinką, tanklaiviui susidūrus su kitu objektu ar užplaukus ant seklumos. Tam, kad būtų galima įvertinti išsiliejančios per tanklaivio incidentą (susidūrimą ar užplaukimą ant seklumos) naftos kiekio prognozės galimybes, būtina ištirti tanklaivių korpuso konstrukcinius tipus ir juos apibūdinančius konstrukcinius parametrus.

1973 m. priimta Tarptautinė taršos iš laivų prevencijos konvencija (MARPOL) numatė tanklaivių dalijimo skyriais, stovumo reikalavimus, kuriais siekta užtikrinti, kad tanklaivis nenuskęs kuomet užplauks ant seklumos ar įvyks susidūrimas. Konvencija taip pat reikalavo tanklaiviams turėti įrengtą dvigubą dugną, kuris sumažintų išsiliejusio tanklaiviu pervežamo krovinio kiekį, pastarajam užplaukus ant seklumos. 1978 m. priimtose konvencijos pataisose numatė, kad visi naujai statomi didesnio nei 20000 dedveito tanklaiviai turėtų įrengtus izoliuotus balastinius tankus. Šie

tankai turi būti išdėstomi tose vietose, kur mechaninis poveikis įvykus susidūrimui ar laivui užplaukus ant seklos yra didžiausias (2.3 pav.).

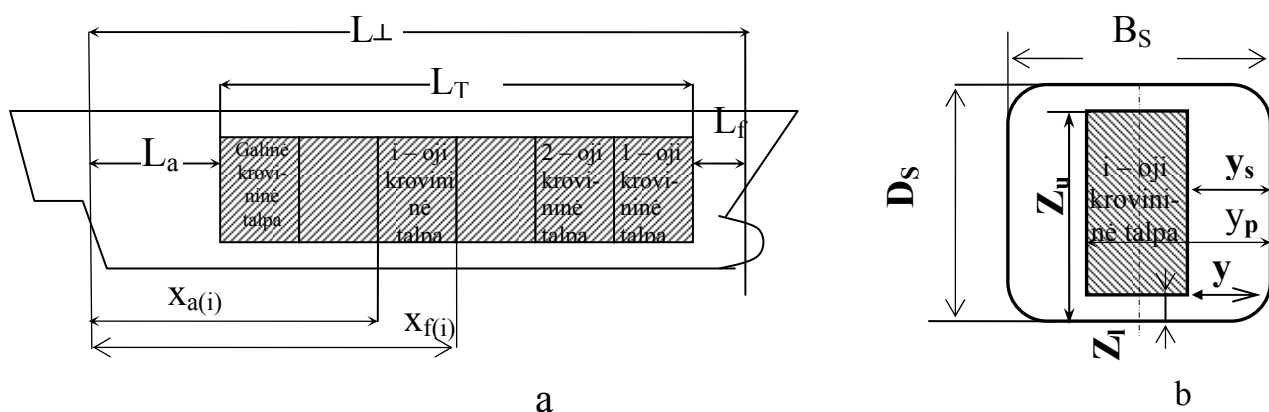
1983 m. priimtos pataisos MARPOL 73/78 konvencijai uždraudė naftą ar jos produktus transportuoti forpikė. Tačiau nežiūrint į šias iniciatyvas, tanklaivių avarijos ir toliau vyko ir su labai skaudžiomis pasekmėmis. Po tanklaivio Exxon Valdez avarijos, 1992 metais buvo priimtos pataisos MARPOL 73/78 konvencijai, pagal kurias tanklaiviai, kurių dedveitas 5000 ir daugiau, pradėti statyti po 1993 m. liepos 6 dienos, turėjo būti su dvigubu korpusu (žr. 2.3 pav. c) arba pastatyti pagal alternatyvų IMO patvirtintą tanklaivių konstrukcijos projektą. Bet to, šis reikalavimas taikytas ir jau tuo metu eksploatuojamiems tanklaiviams, numatant tvarkaraštį, kuriame nurodyta, iki kokios datos jie turi būti perdaryti arba nutraukta jų eksploatacija.



2.3 pav. Tanklaivių konstrukciniai tipai (*a* – viengubo korpuso, senesnės konstrukcijos, suprojektuotas iki įsigaliojant specialiems MARPOL konvencijos reikalavimams, *b* – viengubo korpuso, naujesnės konstrukcijos, suprojektuotas pagal specialius MARPOL konvencijos reikalavimus tanklaivio konstrukcijai, *c* – dvigubo korpuso/dvigubo borto tanklaivis)

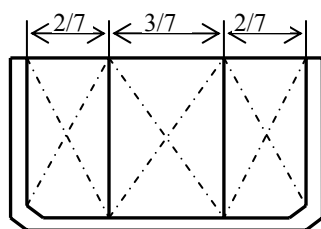
Be jau aprašytų tanklaivių tipų, šiuo metu yra eksploatuojami ir tanklaiviai su įrengtu dvigubu korpusu, tačiau neatitinkantys MARPOL konvencijoje nustatytų dvigubo korpuso tanklaiviams keliamų reikalavimų. Tokie tanklaiviai buvo suprojektuoti iki MARPOL konvencijos pataisų, reikalaujančių tanklaivius projektuoti su dvigubu korpusu, priėmimo ir sąlyginai vadinami dvigubo borto tanklaiviais.

Dvigubo borto tanklaivių konstrukcija iš esmės nesiskiria nuo dvigubo korpuso tanklaivių konstrukcijos, tačiau dvigubo borto tanklaiviai neatitinka MARPOL konvencijoje reikalaujamo taršos prevencijos lygio (paprastai šį neatitikimą lemia per maži atstumai nuo laivo borto iki artimiausios krovininės talpos sienelės) ir pagal konvencijoje nustatytą tvarkaraštį turės būti baigti eksploatuoti arba rekonstruoti. Tanklaivių korpuso bei juose įrengtų krovinių talpų (tankų) pagrindiniai parametrai ir jų žymėjimai pateikiami 2.4 paveiksle.

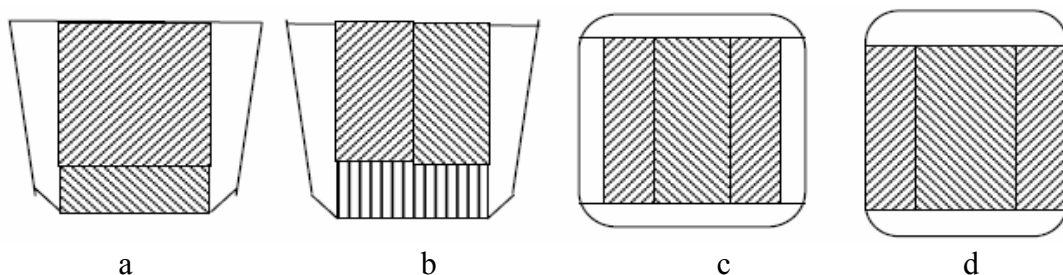


2.4 pav. *i* – osios tanklaivio krovininės talpos matmenys: *a* – išilginis pjūvis; *b* – skersinis tanklaivio pjūvis; čia: x_a , x_f – atstumai nuo laivagalio iki skaičiuojamos laivo talpos; $L_{\perp}$ – laivo ilgis tarp statmenų, B_s – tanklaivio plotis; D_s – borto aukštis; z_l – mažiausias atstumas tarp laivo dugno ir krovininės talpos dugno pertvaros; y – mažiausias horizontalus atstumas nuo dešinio laivo borto iki skaičiuojamos laivo talpos; y_s – atstumas nuo dešinio laivo borto iki skaičiuojamos laivo talpos dešinėsios pertvaros; y_p – atstumas nuo dešinio laivo borto iki skaičiuojamos laivo talpos kairiosios pertvaros.

Paprastai tanklaivių talpos, priklausomai nuo tanklaivio dydžio, išdėstomos 1, 2, 3, 4 arba 5 išilginėmis eilėmis. 2.3 pav. pavaizduotų tanklaivių talpos išdėstytos trimis eilėmis išilgai. Tokiems dvigubo korpuso bei dvigubo borto tanklaiviams (2.3 pav. c) galioja 2.5 pav. pavaizduota matmenų nustatymo schema [33]. Įvairių konstrukcinių tipų tanklaivių skersinių pjūvių schemos pateikiamos 2.6 paveiksle.

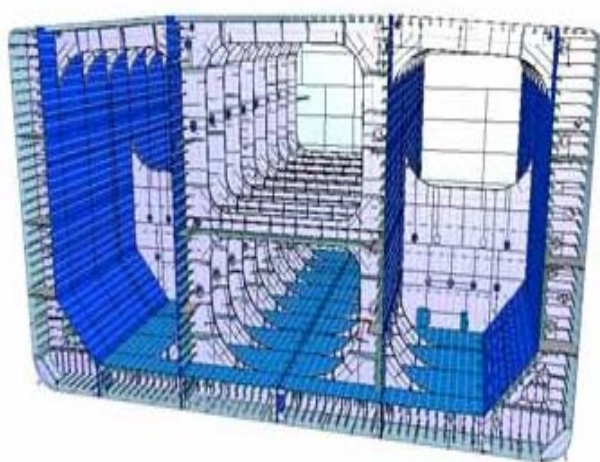


2.5 pav. Tanklaivių, kurių talpos išdėstytos trimis eilėmis išilgai, santykiniai talpų pločiai



2.6 pav. Įvairių konstrukcinių tipų tanklaivių skersiniai pjūviai: *a, b* – dvigubo korpuso su horizontalia išilgine pertvara; *c* – dvigubo korpuso ir dvigubo dugno; *d* – viengubo korpuso ir dvigubo dugno.

Tanklaivio korpusas, lyginant su kitokio tipo laivais, pasižymi ypatingai sudėtinga konstrukcija. Nežiūrint į tai, siekiant palaikyti tinkamą tanklaivio techninę būklę, periodiškai turi būti vykdoma tanklaivio korpuso konstrukcijų priežiūra. 2.7 pav. pavaizduota vidutinio dydžio tanklaivio pjūvio aksonometrija.



a



b

2.7 pav. Vidutinio dydžio tanklaivio pjūvio aksonometrija (*a*) ir vidinių ertmių priežiūros vykdymo fragmentas (*b*)

Vidinės eksploatuojamo tanklaivio ertmės paprastai yra neapšviestos, drėgnos, nešvarios. Ties daugeliu ertmių nėra tinkamo priejimo prie korpuso konstrukcinių elementų, kuriems reikalinga atitinkama priežiūra. Tanklaivis, kurio ilgis didesnis nei 300 m, plotis didesnis nei 60 m, o borto aukštis didesnis nei 30 m, turi apie 300000 m² vidinių ertmių, kurių paviršių reikia periodiškai inspektuoti bei atlikti konstrukcijų priežiūros darbus. Ypač svarbi balastinių talpų priežiūra, kurių paviršiaus plotas tokiam tanklaiviui sudaro apie 200000 m². Kaip rodo praktika, tanklaivių, ypač didelių, korpuso struktūros priežiūra yra sudėtinga. Ši problema yra ypač aktuali senesnės statybos tanklaiviams, kadangi pastarųjų korpuso konstrukcijai reikalinga išsamesnė priežiūra.

Norint pastebėti galimus įtrūkimus konstrukcijose, apžiūrimus paviršius būtina nuplauti. Šiai procedūrai atlikti reikalingas žmogaus priejimas prie atskirų konstrukcijų vietų. Lyginant viengubo bei dvigubo korpuso tanklaivių kuro bei balastinių talpų apžiūrų galimybes, apžiūras sudėtingiau atlikti yra dvigubo korpuso tanklaiviuose, kadangi pastaruosiuose patekimo galimybės prie atskirų konstrukcijų zonų yra labiau ribotos. Dėl tos pačios priežasties dvigubo korpuso konstrukcijos tanklaiviuose yra sudėtingiau atlikti bei kontroliuoti paviršių padengimo apsauginėmis dangomis procesą.

2.3. Avarinės taršos procesas ir jį įtakojantys veiksniai

Tanklaivių, kaip ir kitokio tipo laivų avarijos vystosi pagal tam tikrą modelį, kurio eigą sudaro atskiros stadijos (2.3 lentelė). Pagal avarinės taršos vystimosi stadijas visus veiksnius, darančius įtaką avarinės taršos procesui, galima sugrupuoti į tris pagrindines grupes – tai veiksniai, įtakojantys tanklaivių avaringumą (1 – 3 avarinės taršos proceso stadijos), veiksniai, įtakojantys pervežamo krovinio išsiliejimą į aplinką, kada tanklaivio avarija jau yra įvykusi (5 – 6 stadijos) ir avarinės taršos sukeltos pasekmės aplinkai (7 stadija). Bet kuriame laivybos rajone avarinio naftos išsiliejimo tikimybė priklauso nuo į tą rajoną įplaukiančių tanklaivių kokybinių bei kiekybinių charakteristikų (techninės būklės, konstrukcinio tipo, įgulos kvalifikacijos ir pan.) ir konkrečiai tam rajonui būdingų ypatumų. Todėl pagal prigimtį veiksnius, įtakojančius avarinės taršos procesą, galima sugrupuoti į veiksnius, priklausančius nuo laivybos rajono, kuriame eksploatuojamas tanklaivis, ypatumų, (aplinkos veiksnius) ir tanklaivio veiksnius.

Tanklaivių susidūrimus ir užplaukimus ant seklumos įtakojantys veiksniai

Kiekvienas iš tanklaivių avaringumą įtakojančių veiksnių gali sukelti vieną iš keturių galimų tanklaivių avarių kategorijų – susidūrimą ar atsitrenkimą, užplaukimą ant seklumos ar grunto lietimą, korpuso struktūros pažeidimą ar gaisrą ir sprogimą. Laivų susidūrimus bei užplaukimus ant

seklumų dažniausiai lemia nukrypimas nuo kurso, įvykęs dėl laivavedžio kaltės arba tanklaivio eigos netekimo, valdymo praradimo. Pirminės prielaidos tanklaivio avarijai įvykti gali priklausyti nuo daugelio priežasčių. Kai kurie tyrėjai [19] laivų susidūrimo tikimybę vertina kaip gero matomumo bei laivų susitikimo maršrutų susikirtimo taške funkciją.

2.3 lentelė. Avarinės taršos procesas bei jį įtakojantys veiksniai

	Avarinės taršos proceso stadijos	Apibūdinimas	Veiksniai, įtakojantys avarinės taršos procesą ³													
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P
1.	Pirminės prielaidos tanklaivio avarijai įvykti ¹		x		x		x	x		x			x			x
2.	Priežastys, lemiančios pirminio incidento įvykį	Laivo mechanizmų gedimai	x										x			x
		Netinkama tanklaivio korpuso būklė											x			
		Laivo įgulos padaryta klaida			x	x	x	x		x						x
		Kranto tarnybų padaryta klaida			x	x	x		x	x						
3.	Pirminis incidentas (veiksniai lemiantys tanklaivio avarijos įvykį) ²	Tanklaivio eigos netekimas, valdymo praradimas	x	x									x			x
		Stovumo praradimas	x	x								x	x			x
		Nukrypimas nuo kurso	x	x	x	x	x	x	x	x			x			x
		Pirminis korpuso struktūros pažeidimas	x	x		x						x	x			x
		Gaisro/sprogimo židinio atsiradimas		x									x			x
4.	Tanklaivio avarija	Naftos išsiliejimo incidentą gali sukelti keturių kategorijų avarijos – susidūrimas/atsitrenkimas, užplaukimas ant seklumos/grunto lietimasis, korpuso struktūros pažeidimas, gaisras/sprogimas														
5.	Naftos išsiliejimo incidentas	Įvykus tanklaivio avarijai išsilieja gabenamas kroviny				x						x		x		x
6.	Naftos išsiliejimo incidento sukelti padariniai aplinkai		x			x					x			x	x	

¹ Neadekvačios laivo įgulos žinios bei įgūdžiai, įgulos nuovargis, netinkamai organizuojama bei atliekama laivo įrangos priežiūra, netinkamai suprojektuoti atskiri laivo mazgai, klaidinanti informacija iš kranto ir pan.

² Įvykus pirminiam incidentui imantis adekvačių veiksmų galima išvengti tanklaivio avarijos

³ Veiksniai, priklausantys nuo tiriamo laivybos rajono ypatumų (aplinkos veiksniai):

A – Hidrometeorologinės sąlygos tiriamame laivybos rajone; B – Tanklaivių eismo intensyvumas; C – Bendras laivų eismo intensyvumas; D – Tanklaivio vieta (padėtis tiriamame laivybos rajone) konkrečioje avarinės taršos proceso stadijoje; E – Jūrlapių bei kitos navigacinės informacijos tikslumas; F – Kiti tiriamo laivybos rajono navigaciniai ypatumai; G – Laivų eismą valdančių kranto tarnybų veikla; H – Locmanų patirtis; I – Tinkama gelbėjimo tarnybų veikla organizuojant gelbėjimo, taršos likvidavimo operacijas, priimant incidentą patyrusį laivą į prieglobsčio vietą

Veiksniai nepriklausantys nuo tiriamo laivybos rajono (tanklaivio veiksniai):

L – Tanklaivio konstrukcinis tipas, M – Tanklaivio techninė būklė; N – Tanklaiviu gabenamo krovinio kiekis; O – Tanklaiviu gabenamo krovinio tipas; P – Laivą eksploatuojančios įgulos kompetencija ir patirtis

Taikant tokį modelį, atsižvelgiant į tiriamo laivybos rajono laivų maršruto schemą, laivų eismo intensyvumą, nustatomas laivų atsitiktinio susitikimo dažnumas. Laivų susidūrimo tikimybės maršrutų susidūrimo taške, tiek esant geram, tiek blogam matomumui gali būti įvertintos ištyrus laivų susidūrimų statistiką. Gero ir blogo matomumo tikimybės yra individuali tiriamo rajono charakteristika ir gali būti nustatoma atsižvelgiant į daugiamečius hidrometeorologinius reiškinius, būdingus tiriamam laivybos rajonui. Toks laivų susidūrimo dažnumo nustatymo modelis gali būti taikomas, kai yra žinomi išsamūs duomenys apie tiriamo laivybos rajono geografinius ir hidrometeorologinius ypatumus, laivų eismo juostų išsidėstymą bei duomenis apie laivų eismo intensyvumą tose juostuose. Tačiau taikant šį modelį lieka neįvertinti kai kurie laivo bei rajono, kuriame laivas eksploatuojamas, veiksniai (įgulos kompetencija, mechanizmų gedimų, potencialiai galinčių sukelti laivo nukrypimą nuo kurso, tikimybė, asmenų, dalyvaujančių laivo valdyme iš kranto, kompetencija).

Panašiu principu grindžiamas ir laivo užplaukimo ant seklumos įvertinimo modelis [19], pagal kurį laivo užplaukimo ant seklumos tikimybė vertinama kaip gero matomumo ir kritinių situacijų skaičiaus tiriamame laivybos rajone užplaukimo ant seklumos požiūriu funkcija.

Kritinė situacija užplaukimo ant seklumos požiūriu gali būti laikoma, kada laivas, reikalingu momentu nepakeitęs kurso, per tam tikrą laiko tarpą (pvz., per 20 minučių) užplauks ant seklumos. Kritinių situacijų skaičius tokiu atveju priklausys nuo laivo greičio, povandeninių srovių ir vėjo krypties bei stiprumo. Tačiau toks teorinis modelis netinka, kai laivui gresia užplaukimas ant seklumos jam praradus valdomumą ar eigumą dėl mechaninių gedimų. Tokiu atveju tikėtinas laivo užplaukimo ant seklumos dažnumas labai priklausys nuo vėjo, povandeninių srovių, gylio, pakrantės linijos statumo (esant nedideliame gyliui laivą įmanoma sustabdyti inkaru), vilkiko pasitelkimo į pagalbą galimybių, laivo įgulos galimybių suremontuoti sugedusį laivo mechanizmą ir gražinti laivui eigumą ar valdomumą.

Aprašytieji metodai susidūrimo bei užplaukimo ant seklumos tikimybei prognozuoti rekomenduojami esant dideliame laivų eismo intensyvumui. Tačiau tais atvejais, kai tiriamas laivybos rajonas nepasižymi labai intensyvia laivyba ir praeities įvykių statistika yra skurdi, patikimai įvertinti visus aukščiau išvardintus veiksnius yra sudėtinga. Tokiu atveju bet kokie skaičiavimų rezultatai duoda dažniausiai mažas laivų susidūrimų bei užplaukimų ant seklumų tikimybes ir daroma išvada, jog esama tanklaivių laivybos rizika tiriamame laivybos rajone yra nedidelė. Tačiau vienintelė žmogiškoji klaida gali įvykti ir būti lemtinga, netikėtai sugriaudama visus anksčiau atliktus vertinimus. Pavyzdžiui, 1982 metais tanklaivio „Globe Asimi“ avarija, po kurios į jūros aplinką išsiliejo 16 000 t naftos, įvyko laivo kapitoniui nepakankamai įvertinus hidrometeorologines sąlygas. Būna atvejų, kai laivas ant seklumos užplaukia ir dėl jūrlapiuose nepažymėtų kliūčių. Todėl laivybos rajonuose, turinčiuose vieną ar kelis naftos terminalus, kuriuose

tanklaivių eismas nėra intensyvus ir avarinės taršos įvykiai reti, tanklaivių avarių prognozavimui naudojami metodai turi remtis praeityje įvykusių laivų avarių statistika bei kuo išsamesne kitokio pobūdžio informacija, kurios svarbą paprastai gali įvertinti tik to laivybos rajono specifiką išmanantys ekspertai.

Veiksniai, įtakojantys tanklaivių struktūros pažeidimus, gaisrus ir sproginus

Tanklaivių korpuso struktūros pažeidimai dažniausiai įvyksta esant nepalankiam orui bei nepatenkinamai laivo korpuso techninei būklei. Tyrimai [34] rodo, kad sausakrūvių laivų bei tanklaivių korpuso struktūros pažeidimo tikimybė priklauso ne tik nuo tanklaivio techninės būklės bei korpuso konstrukcijos, bet ir nuo vidutinio bangų aukščio rajone, kuriame laivas daugiausia eksploatuojamas. Verta atkreipti dėmesį, kad Lietuvos atsakomybės rajone tokių avarių apskritai nėra užfiksuota. Tačiau tanklaivio korpuso struktūros pažeidimo tikimybė visada egzistuoja. Vienas iš metodų, leidžiančių įvertinti tanklaivių struktūros pažeidimų tikimybę, yra tokių avarių kategorijų istorinių duomenų (statistikos) bei tiriamam laivybos rajonui būdingų hidrometeorologinių sąlygų analizė [31]. Pagal šią metodiką, remiantis atliktais praeities įvykių tyrimais bei įvertinus konkrečiame laivybos rajone dominuojančias bangų apkrovas eksploatuojamų laivų korpusams, nustatoma laivų struktūros pažeidimų tikimybė. Tanklaivių korpuso struktūros pažeidimai yra būdingi didesniems tanklaiviams, o tokios avarijos paprastai įvyksta tuose regionuose, kur būna itin nepalankios hidrometeorologinės sąlygos. Kaip rodo pasaulinė tanklaivių avarių tyrimų statistika [35], dar vienas veiksnys, lemiantis tanklaivių struktūros pažeidimus, yra tanklaivio korpuso tam tikrų konstrukcinių elementų nuovargis, kurį sukelia bangų apkrovų poveikis laivo korpusui. Det Norske Veritas, įvertino bangų apkrovų įtaką tanklaivio korpuso struktūros pažeidimo tikimybei [31]. Atliekant tyrimą Europos pakrančių vandenys buvo suskirstyti į keturias regionų grupes. Kiekvienai šių grupių sudarytos korpuso struktūros pažeidimų tikimybių pasiskirstymo, priklausomai nuo laivo eksploatacijos laiko, esant didelėms bangų apkrovoms, funkcijos. Baltijos jūros regionas atliktame tyrime priskirtas mažiausią riziką korpuso struktūros pažeidimo požiūriu keliantis Europos regionas.

Gaisrai ir sproginai sudaro nedidelę dalį tanklaivių avarių, tačiau gaisrų ir sprogimų sukeltos pasekmės dažniausiai būna vienos iš rimčiausių, lyginant su kitų avarių kategorijų sukeltomis pasekmėmis. Gaisrų ir sprogimų rizika priklauso nuo daugelio veiksnių, būdingų konkrečiam laivui, ir mažai priklauso nuo aplinkos, kurioje eksploatuojamas laivas, veiksnių, todėl riziką šiuo požiūriu tikslingiausia vertinti remiantis praeities įvykių analize, atsižvelgiant į tiriamame laivybos rajone eksploatuojamų tanklaivių tipus. Statistiškai daugiausiai gaisrų laivuose kyla mašinų skyriuose – per metus apie 0,1 % pasaulyje eksploatuojamų prekybinių laivų. Tik 6 % tanklaiviuose kylančių gaisrų sukelia aplinkos taršą [36].

Tyrimai rodo, kad vienas iš svarbiausių veiksnių, lemiančių korpuso struktūros pažeidimus bei gaisrus ir sprogimus tanklaiviuose, yra tanklaivio veiksniai (2.3 lentelė), o kalbant konkrečiau – tanklaivio techninė būklė bei teisinga laivo ir jo mechanizmų eksploatacija – kitaip tariant – laivo atitikimas nustatytiems standartams. Paskutinės didelį atgarsį sukėlusios tanklaivių avarijos („Erika“ – 1999 m., „Prestige“ – 2002 m.) įvyko dėl korpuso struktūros pažeidimų. Atlikus šių avarių preliminarinius tyrimus, nustatyta, kad viena iš šių avarių priežasčių buvo bloga laivų korpuso techninė būklė. Tarptautiniu mastu buvo imtasi įvairiausių veiksmų, uždraudžiančių nepatenkinamos techninės būklės tanklaivių eksploataciją. Nustatyti standartai, pagal kuriuos didžiausiai rizikos grupei priskiriamiems tanklaiviams turi būti atliktas korpuso būklės įvertinimas [37], ir pagal tai nusprendžiama, ar tokį tanklaivį galima eksploatuoti. Tolimesniame skyriuje veiksniai, įtakojantys eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijos techninę būklę, nagrinėjami išsamiau.

Laivo atitikimo nustatytiems standartams įvertinimas

Konkretaus laivo atitikimą nustatytiems visuotiniams standartams įvertinti būtų nesunku išsamiai jį apžiūrėjus. Tačiau atlikti bendrus tiriamame laivybos rajone eksploatuojamų laivų atitikimo vertinimus galima tik nustatius tam tikrus kriterijus, pakankamai patikimai apibūdinančius tanklaivio veiksniai (2.3 lentelė) – tiriamos laivų grupės techninę būklę, jų keliamą avaringumą, aplinkos užteršimo riziką, įgulos kompetencijos lygį ir panašiai.

Laivo technine būkle, jo teisinga eksploatacija bei atitikimu tarptautinių konvencijų reikalavimams rūpinasi, visų pirma, laivo savininkas ar valdytojas, kuris yra suinteresuotas, kad laivas, plaukiodamas tarptautiniais maršrutais, patikimai galėtų pervežti krovinį, tuo būdu išlaikydamas pasitikėjimą tarp užsakovų. Nuolat palaikyti tinkamą laivo techninę būklę laivo savininkui ar valdytojui reiškia gana nemažas išlaidas, todėl neretas laivo savininkas susigundo jas mažinti blogindamas laivo priežiūrą ir nebeužtikrindamas reikalavimų, nustatytų Tarptautinėse konvencijose, vykdymo. Laivo savininko ar valdytojo atsakomybę už laivo techninę priežiūrą galėtų būti įvardinti kaip pirminį arba pagrindinį laivo techninės būklės, o tuo pačiu ir saugaus plaukiojimo bei taršos iš laivų prevencijos, etapą.

Laivui, kaip sudėtingam techniniam inžineriniam įrenginiui, pasižyminčiam itin didele atskirų mazgų specifika, nepakanka vien laivo savininko ar operatoriaus pastangų kontroliuoti tinkamą techninę būklę. Todėl, pagal nusistovėjusią praktiką, atskirų laivo įrenginių atitikimą galiojantiems reikalavimams kontroliuoja klasifikacinės bendrovės, dirbančios su laivų savininkais sutartiniais – komerciniais pagrindais. Klasifikacinės bendrovės, įsitikinusios laivo ar tam tikro jo techninio įrenginio atitikimu jų pačių, Tarptautinės klasifikacinių bendrovių asociacijos (IACS) ar

TJO nustatytiems reikalavimams, išduoda laivui atitikties dokumentus. Tokią laivų techninės būklės priežiūrą galima būtų klasifikuoti kaip antrinę.

Aprašytieji pirmieji du laivo techninės būklės priežiūros etapai vyksta be valstybių valdžios institucijų įsikišimo. Kadangi didžiausioji dalis pasaulio jūrinių laivų plaukioja tarptautiniais maršrutais, valstybės, norėdamos išlaikyti vėliavos prestižą, pačios kontroliuoja savo vėliavos laivų atitikimą Tarptautinių konvencijų reikalavimams bei laivo techninės būklės tinkamą palaikymą, vykdydamos valstybės vėliavos kontrolę.

Ketvirtasis laivo techninės būklės bei atitikimo tarptautinių konvencijų reikalavimams etapas yra uosto valstybės kontrolė. Valstybės valdžios organai, siekdami užtikrinti, kad į jų uostus įplauktų tik geros techninės būklės, saugios laivybos bei taršos prevencijos reikalavimus atitinkantys laivai, keliantys įmanomai minimalią riziką aplinkai, kontroliuoja tokius laivus ir, esant reikalui, taiko tarptautiniuose susitarimuose numatytas sankcijas, skirtas nepatenkinamos techninės būklės laivų, keliančių pavojų aplinkai, eksploatacijai apriboti. Laivai, kuriems atliekama uosto kontrolė, parenkami neatsitiktinai. Priklausomai nuo regiono, kuriame yra uostas, taikomos įvairios rizikos, kurią laivas gali kelti aplinkai, saugiai laivybai, žmogaus gyvybei, įvertinimo sistemos. Europos uostuose veikia Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo (toliau – Paryžais SM) nustatytas mechanizmas, pagal kurį nustatomos laivų grupės, keliančios didžiausią riziką aplinkai bei saugiai laivybai. Tokioms grupėms priskiriamų laivų atitikimas tarptautinių standartų reikalavimams dažniau tikrinamas uosto kontrolės pareigūnų.

Išanalizavus laivų sulaikymų statistiką Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo regione matyti, kad Europos Komisijos (EK) nepripažintų klasifikacinių bendrovių prižiūrimi laivai yra žymiai dažniau sulaikomi uosto kontrolės pareigūnų [38, 39]. Todėl darytina išvada, kad laivai, prižiūrimi EK nepripažintų klasifikacinių bendrovių, gali kelti didesnę avaringumo riziką.

Tyrimais nustatyta, kad didėjant laivo amžiui didėja jo tikimybė patirti avariją [18]. Nors bet kurio laivo techninė būklė iš dalies atstatoma remonto metu, tačiau didėjant amžiui, ji palaipsniui blogėja.

Laivo techninė būklė labai priklauso ir nuo laivo savininko pastangų laivą tinkamai prižiūrėti bei eksploatuoti. Didelei tanklaivių grupei tokius apibendrintus vertinimus atlikti būtų sudėtinga, kadangi tokie duomenys yra sunkiai prieinami. Tačiau nuo laivo vėliavos administracijos pastangų labai priklauso laivo savininko įsipareigojimas tinkamai rūpintis laivo technine būkle. Kitaip tariant, egzistuoja priežastinis ryšys tarp laivo vėliavos ir jo techninės būklės [38]. Todėl laivo vėliava gali būti naudojama kaip kriterijus, apibūdinantis laivo techninės būklės lygį tiriamai tanklaivių grupei.

Aukščiau išvardintų kriterijų pasirinkimą tanklaivio techninei būklei įvertinti patvirtina ir tyrimas [40], įrodantis, kad tarp laivų neatitikimo tarptautiniams saugios laivybos standartams ir

laivų avaringumo egzistuoja priežastinis ryšys (tyrimui naudota daugiau kaip 50 000 laivų). Tokiu būdu, žinant tam tikrame laivybos rajone eksploatuojamų tanklaivių charakteristikas (registracijos uostą, prižiūrinčią klasifikacinę bendrovę, amžių), galima įvertinti tiriamame laivybos rajone eksploatuojamų tanklaivių bendrą atitikties visuotiniams standartams lygį. Įvertinimui paranku pasinaudoti kriterijais, pagal kuriuos Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumas laivus priskiria didesnės rizikos laivams:

- laivai, kuriems privalomi tarptautinių konvencijų liudijimai, išduoti įgaliotos klasifikacinės bendrovės, kuri nėra pripažinta Europos Komisijos;
- laivai, kurių vėliavos šalis pagal Paryžiaus SM kasmetinę statistiką yra „Juodajame sąrašė“;
- laivai, kurių vėliavos valstybės nėra pagrindinių tarptautinių konvencijų dalyvės;
- laivai, kurių techninę priežiūrą vykdo klasifikacinės bendrovės, kurių laivų pastabų reitingas aukštesnis už vidutinį pagal Paryžiaus SM kasmetinę statistiką;
- 13 metų ir senesni laivai.

Veiksniai, įtakojantys pervežamo krovinio išsiliejimą į aplinką įvykus tanklaivio avarijai

Įvykus tanklaivio avarijai pervežamo krovinio išsiliejimo į aplinką galimybė bei jo kiekis priklauso nuo laivo veiksmų (tanklaivio konstrukcinio tipo, įgulos parengties), gabenamo krovinio kiekio, tanklaivio greičio incidento metu, o užplaukimo ant seklumos ar grunto lietimo atveju – ir nuo rajono, kuriame įvyko avarija. Esant lygiam smėlėtam gruntui krovinio išsiliejimo tikimybė yra nepalyginamai mažesnė. Laivų eismo intensyvumas, hidrometeorologinės sąlygos, gruntas – yra veiksniai priskirtini konkrečiam laivybos rajono charakteristikoms. Jų įtaka avarinio naftos išsiliejimo tikimybei bus vertinama ketvirtajame skyriuje.

Kalbant apie tanklaivio veiksmų grupei (2.3 lentelė) priskiriamą korpuso konstrukcijos įtaką avarinio naftos išsiliejimo tikimybei, svarbu žinoti, kokios tanklaivio vietos (kurioje tanklaivio vietoje esančios talpos) yra labiausiai pažeidžiamos tanklaiviui atsitrenkus į kokį nors objektą ar susidūrus su kitu laivu, taip pat kokią įtaką bet kurios tanklaivyje įrengtos *i – osios* talpos pažeidimui turi šios talpos gabaritiniai matmenys. Tokia informacija gali padėti prognozuoti, kurioje greta tanklaivio esančioje zonoje gali lietis nafta į aplinką, net ir neturint informacijos apie tanklaivio avariją, ir tuo būdu padėti operatyviai užkirsti aplinkai daromą žalą iš karto po tanklaivio avarijos. Todėl buvo ištirtos tanklaivio krovinių talpų (*i – tųjų* talpų) pažeidimų tikimybių priklausomybės nuo atitinkamų tanklaivio konstrukcijos parametrų, tanklaivyje esančių talpų pažeidimo tikimybių priklausomybės nuo įvairių tanklaivio krovinių talpų matmenų bei išdėstymo parametrų. Atliekant tyrimą naudotasi Tarptautinės jūrų organizacijos iniciatyva surinkta tanklaiviais pervežamo krovinio išsiliejimų bei juos lėmusių pažeidimų statistika [41, 42, 43], apibendrinta empirinėmis tikimybių pasiskirstymo funkcijomis.

Krovininių talpų pažeidimų tikimybės dėl tanklaivio šoninių pažeidimų

Kaip nurodoma tarptautinės konvencijos dėl teršimo iš laivų prevencijos (MARPOL) aktualios redakcijos 23 taisyklėje [44], skaičiuojant naujai projektuojamo tanklaivio krovininės talpos pažeidimo tikimybę, įvykus šoniniam tanklaivio korpuso pažeidimui, vadovaujamasi tokia formule:

$$P_S = P_{SL} P_{SV} P_{ST}, \quad (2.1)$$

čia: P_{SL} – tikimybė, kad tanklaivio avarijos metu patirtas pažeidimas nusidrieks į tiriamos krovininės talpos išilginę zoną, apribotą skersinėmis pertvaromis (plokštumomis) X_a ir X_f (2.4 pav.); P_{SV} – tikimybė, kad tanklaivio avarijos metu patirtas pažeidimas nusidrieks į tiriamos krovininės talpos vertikalią zoną, apribotą viršutine bei apatine pertvaromis (plokštumomis) Z_l ir Z_u (2.4 pav.); P_{ST} – tikimybė, kad tanklaivio avarijos metu patirtas pažeidimas nusidrieks skersai į tiriamos krovininės talpos zoną, apribotą laivo bortui lygiagrečia plokštuma, esančia atstumu y nuo laivo borto (2.4 pav.).

Bendru atveju, bet kurios zonos, apribotos dviem plokštumomis d_1 ir d_2 , pažeidimo tikimybė p lygi:

$$p = 1 - p_b(d_1) - p_a(d_2), \quad (2.2)$$

čia: $p_b(d_1)$ – tikimybė, kad pažeidimas nesiekia d_1 plokštumos, tiriamai zonai išliekant nepažeistai; $p_a(d_2)$ – tikimybė, kad pažeidimas yra už d_2 plokštumos, tiriamai zonai išliekant nepažeistai.

Žinant tiriamos zonos pažeidimo laipsnio tikimybės tankio pasiskirstymo funkciją $g(y)$ ir pažeidimo vietos tikimybės tankio pasiskirstymo funkciją $h(x)$, tikimybės $p_b(d_1)$ ir $p_a(d_2)$ gali būti įvertintos integruojant [45, p. 154], [44]:

$$p_b(d_1) = \int_0^c \int_0^{d_1} g(y) \cdot h(x) dx dy, \quad (2.3)$$

$$p_a(d_2) = \int_0^c \int_{d_2}^1 g(y) \cdot h(x) dx dy, \quad (2.4)$$

čia: c – didžiausias įmanomas tiriamos talpos pažeidimo laipsnis.

Pažeidimo laipsnio tikimybės tankio pasiskirstymo funkcijos bei pažeidimo vietos tikimybės tankio pasiskirstymo funkcijos yra sudarytos remiantis tanklaivių avarijų statistikos tyrimais ir aprobuotos TJO [44, 26]. Siekiant supaprastinti šių funkcijų, o taip pat pažeidimų įsiskverbimo lygio pasiskirstymo funkcijų naudojimą skaičiavimuose, šios funkcijos metodinėje medžiagoje pateikiamos lentelių pavidalu.

Vadovaujantis 2.2 formule, tikimybės P_{SL} , P_{SV} ir P_{ST} išreiškus tiriamos talpos atitinkamomis nepažeidimo tikimybėmis, tanklaivio krovininės talpos pažeidimo tikimybės lygtį (2.1) galima užrašyti išskleistu pavidalu:

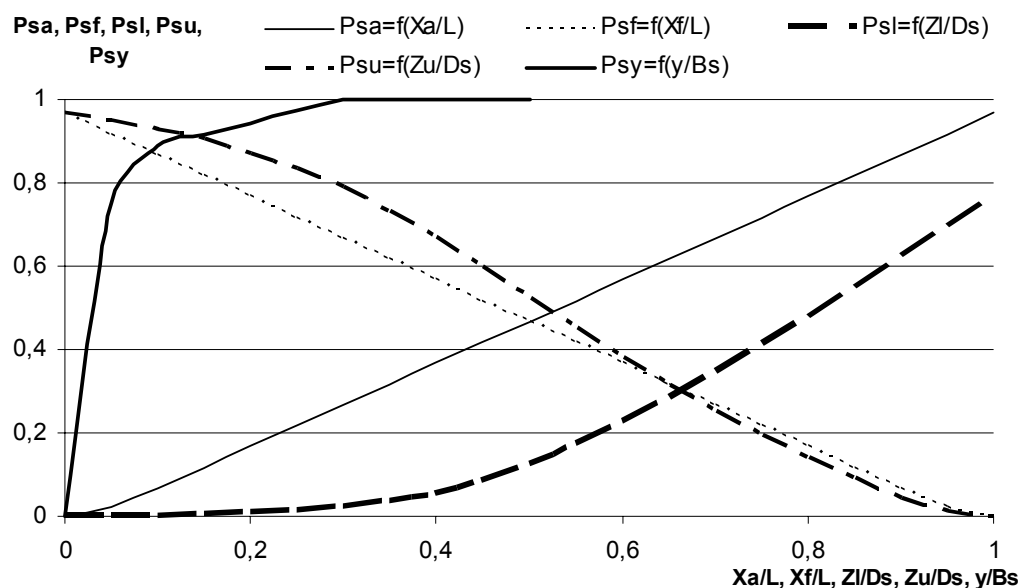
$$P_{s(i)} = (1 - P_{Sff(i)} - P_{Sa(i)})(1 - P_{Su(i)} - P_{Sl(i)})(1 - P_{Sy(i)}), \quad (2.5)$$

čia: $P_{s(i)}$ – i – tosios krovininės talpos (tiriamos talpos) pažeidimo tikimybė esant šoniniam tanklaivio korpuso pažeidimui; $P_{Sa(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras į laivagalio pusę nuo $X_{a(i)}$, tiriamai talpai išlikus nepažeistai (čia ir toliau žr. 2.4 pav.); $P_{Sff(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras į laivapriekio pusę nuo X_f , tiriamai talpai išlikus nepažeistai; $P_{Sl(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras po tiriamą talpą, pastarajai išlikus nepažeistai; $P_{Su(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras virš tiriamos talpos, pastarajai išlikus nepažeistai; $P_{Sy(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras viename iš tiriamos talpos šonų (vieno iš tanklaivio bortinių pertvarų).

Tikimybės $P_{Sa(i)}$, $P_{Sff(i)}$, $P_{Sl(i)}$, $P_{Su(i)}$, $P_{Sy(i)}$ yra tiriamos (i – osios) tanklaivio talpos atitinkamų zonų nepažeidimo tikimybės. Skirtumas $(1 - P_{Sff(i)} - P_{Sa(i)})$ atitinka tikimybę, kad avarijos, kurios metu tanklaivis patiria borto pažeidimą, metu bus pažeista i – tosios krovininės talpos laivagalio arba laivapriekio pertvara, skirtumas $(1 - P_{Su(i)} - P_{Sl(i)})$ – i – tosios krovininės talpos viršutinės bei apatinės pertvarų pažeidimų tikimybė, o $(1 - P_{Sy(i)})$ – i – osios krovininės talpos bortinės pertvaros pažeidimų tikimybė. Bortinės pertvaros pažeidimo atveju vadovaujamasi išankstine prielaida, kad talpų tanklaivyje išdėstymas išilginės ašinės linijos atžvilgiu yra simetriškas, o tanklaivis pažeidimą gali patirti tik į vieną iš bortų [44]. Šiuo atveju zonos, apribotos dvejomis plokštumomis d_1 ir d_2 , pažeidimo tikimybės formulė (2.2) netenka paskutinio dėmens.

Tikimybių $P_{Sa(i)}$, $P_{Sff(i)}$, $P_{Sl(i)}$, $P_{Su(i)}$, $P_{Sy(i)}$ priklausomybės nuo tiriamos tanklaivio talpos matmenis bei jos padėtį korpuso atžvilgiu apibūdinančių parametų metodinėje medžiagoje [44] pateikiamos lentelių pavidalu. 2.8 pav. šios priklausomybės pavaizduotos grafiškai. Teoriniu atveju, jei visą laivo korpusą sudarytų viena krovininė ertmė (savaiame suprantama, toks variantas praktikoje yra neįmanomas), tiriamos talpos parametrai būtų: $x_a/L = 0$, $x_f/L = 1$; $z_l/D_s = 0$; $z_u/D_s = 1$ ir $y/B_s = 0$. Tokiu atveju šios talpos nepažeidimo tikimybės būtų lygios $P_{Sa(i)} = 0$, $P_{Sff(i)} = 0$, $P_{Sl(i)} = 0$, $P_{Su(i)} = 0$, $P_{Sy(i)} = 0$ ir pagal 2.5 formulę tiriamos talpos pažeidimo tikimybė $P_{s(i)} = 1$. Toks rezultatas

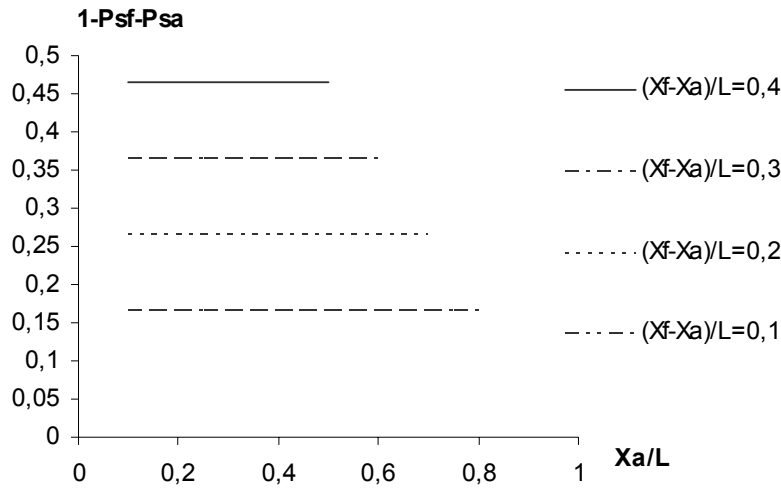
sutampa su metodinėje medžiagoje [44, 26] daroma prielaida, pagal kurią tanklaivio susidūrimo ar užplaukimo ant seklumos atveju bus patirtas kiauryminis korpuso pažeidimas.



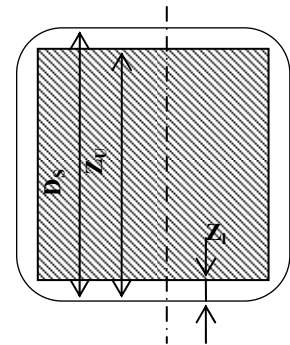
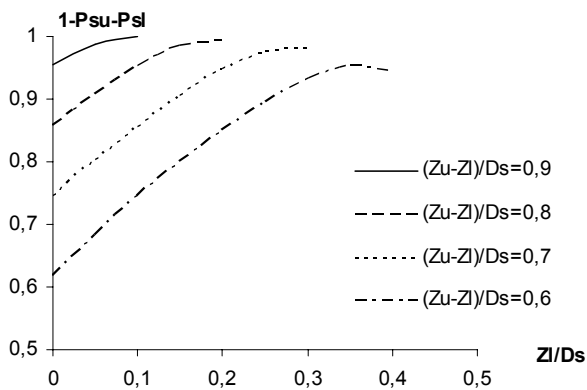
2.8 pav. Tiriamos talpos nepažeidimo tikimybių priklausomybės nuo tanklaivio talpos matmenis bei jos padėtį korpuso atžvilgiu apibūdinančių parametų. Šoninio pažeidimo atvejis. (Grafikas sudarytas remiantis TJO aprobuota metodine medžiaga [44]).

2.8 pav. pavaizduotas nepažeidimo tikimybių priklausomybes pagal (2.5) formulę perskaičiavus į kiekvienos iš krovininės talpos pertvarų (laivagalio, laivapriekio, viršutinės, apatinės, bortinių) pažeidimo tikimybių priklausomybes nuo šios talpos padėties tanklaivyje ir jas pavaizdavus grafiškai, galima įvertinti, kurios tanklaivio korpuso vietos, labiausiai nukentės tanklaiviui patyrus šoninį korpuso pažeidimą.

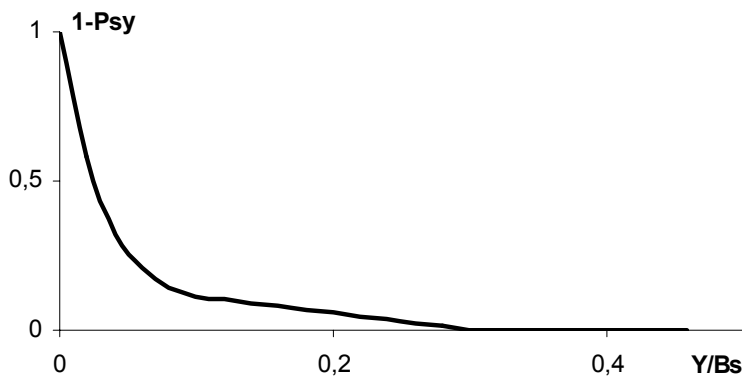
Kaip matyti iš toliau pateikiamų grafikų, tanklaivio i – osios krovininės talpos laivagalio arba laivapriekio pertvaros pažeidimo tikimybė, kuomet pažeidžiamas tanklaivio bortas, nepriklauso nuo šios talpos padėties išilgai tanklaivio ašinės linijos (2.9 pav.), krovininės talpos viršutinės bei apatinės pertvarų pažeidimų tikimybės tankis didėja šioms pertvaroms artėjant prie vaterlinijos ir didžiausias yra laivo vaterlinijos zonoje (2.10 pav.), o krovininės talpos bortinės pertvaros pažeidimo tikimybė mažėjant atstumui tarp krovininės talpos bortinės pertvaros ir laivo borto didėja (2.11 pav.) ir jeigu krovininės talpos bortinė pertvara sutampa su tanklaivio bortu (viengubo korpuso tanklaivio konstrukcijos atvejis), ši tikimybė lygi 1.



2.9 pav. Tikimybės $1 - P_{sf(i)} - P_{sa(i)}$ priklausomybė nuo X_a/L (talpos išilginės padėties) prie skirtingų krovinių talpų santykinų ilgių $(X_f - X_a)/L$, kada pažeidžiamas tanklaivio šonas



2.10 pav. Tikimybės $1 - P_{su(i)} - P_{sl(i)}$ priklausomybė nuo Z_l/D_s prie skirtingų krovinių talpų aukščių $(Z_u - Z_l)/D_s$, kada pažeidžiamas tanklaivio šonas



2.11 pav. Tikimybės $1 - P_{sy(i)}$ priklausomybė nuo Y/B_s (atstumo tarp laivo borto ir krovinės talpos bortinės pertvaros), kada pažeidžiamas tanklaivio šonas

Krovininių talpų pažeidimų tikimybės dėl tanklaivio dugno pažeidimų

Kaip ir tanklaivio šoninio pažeidimo atveju, talpos pažeidimo tikimybė, įvykus šoniniam tanklaivio korpuso pažeidimui, įvertinama [37]:

$$P_B = P_{BL} P_{BT} P_{BV}, \quad (2.6)$$

čia: P_{BL} – tikimybė, kad tanklaivio avarijos metu patirtas pažeidimas nusidrieks į tiriamos krovininės talpos išilginę zoną, apribotą skersinėmis pertvaromis (plokštumomis) X_a ir X_f (2.4 pav.); P_{BT} – tikimybė, kad tanklaivio avarijos metu patirtas pažeidimas nusidrieks į tiriamos krovininės talpos skersinę zoną, apribotą šoninėmis (kairiojo ir dešiniojo borto) pertvaromis (plokštumomis) Y_p ir Y_s (2.4 pav.); P_{BV} – tikimybė, kad tanklaivio avarijos metu patirtas pažeidimas nusidrieks vertikaliai į tiriamos krovininės talpos zoną, apribotą šios talpos apatine pertvara (plokštuma), esančia atstumu z nuo laivo dugno (2.4 pav.).

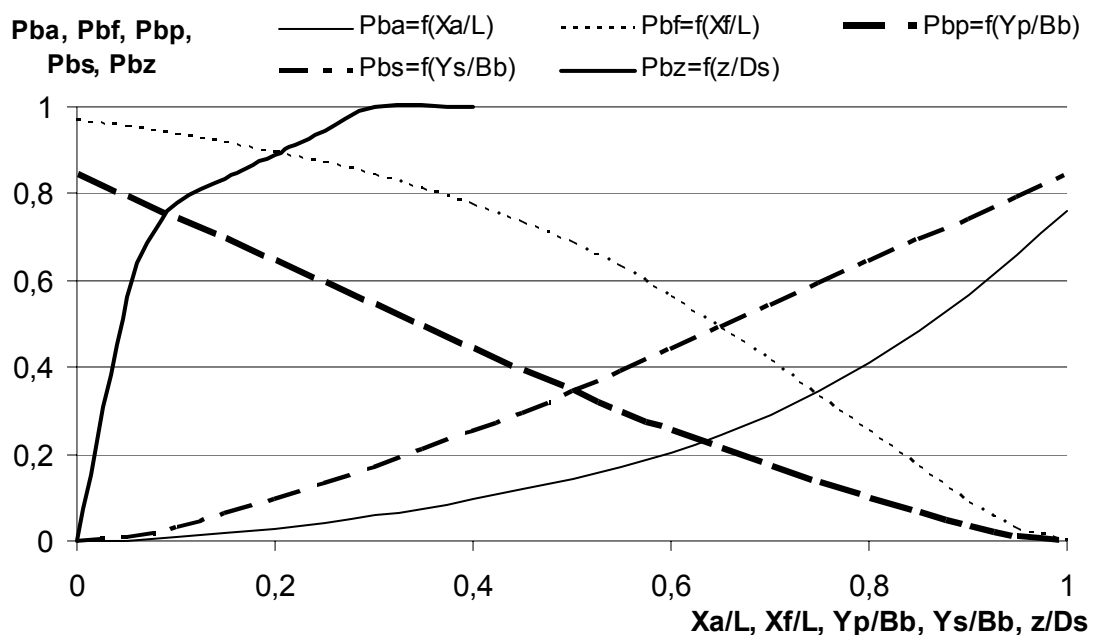
Vadovaujantis 2.2 formule, kaip ir aukščiau aprašytu tanklaivio šoninio pažeidimo atveju, tikimybės P_{BL} , P_{BT} ir P_{BV} išreiškus tiriamos talpos atitinkamomis nepažeidimo tikimybėmis, tanklaivio krovininės talpos pažeidimo tikimybės lygtį (2.6) galima užrašyti išskleistu pavidalu:

$$P_{B(i)} = (1 - P_{Bf(i)} - P_{Ba(i)})(1 - P_{Bp(i)} - P_{Bs(i)})(1 - P_{Bz(i)}), \quad (2.7)$$

čia: $P_{s(i)}$ – i – tosios krovininės talpos (tiriamos talpos) pažeidimo tikimybė esant dugniniam tanklaivio korpuso pažeidimui; $P_{Bf(i)}$ – tikimybė kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras į laivapriekio pusę nuo $X_{f(i)}$, tiriamai talpai išlikus nepažeistai (čia ir toliau žr. 2.4 pav.); $P_{Ba(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras į laivagalio pusę nuo $X_{a(i)}$, tiriamai talpai išlikus nepažeistai; $P_{Bp(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras šios talpos kairiojo borto pusėje, pastarajai išlikus nepažeistai; $P_{Bs(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras šios talpos dešiniojo borto pusėje, pastarajai išlikus nepažeistai; $P_{Bz(i)}$ – tikimybė, kad pažeidimas, įvykus avarijai, atsiras po tiriamą talpą, pastarajai išlikus nepažeistai.

Skirtumas $(1 - P_{Bf(i)} - P_{Ba(i)})$ atitinka tikimybę, kad avarijos, kuomet pažeidžiamas tanklaivio dugnas, metu bus pažeista i – tosios krovininės talpos laivagalio arba laivapriekio pertvara, skirtumas $(1 - P_{Bp(i)} - P_{Bs(i)})$ – i – tosios krovininės talpos vertikalios šoninės pertvaros, lygiagrečios laivo išilginei ašinei linijai, pažeidimo tikimybę, $(1 - P_{Bz(i)})$ – i – tosios krovininės talpos apatinės (dugno) pertvaros pažeidimo tikimybę. Apatinės (dugno) pertvaros pažeidimo atveju vadovaujamosi išankstine prielaida, kad tanklaivis pažeidimą gali patirti tik į apatinę krovininės talpos pertvarą, tačiau negali patirti pažeidimo į viršutinę talpos pertvarą [44]. Šiuo atveju zonos, apribotos dviem plokštumomis d_1 ir d_2 , pažeidimo tikimybės formulė (2.2) netenka paskutinio dėmens.

Tikimybių $P_{Bf(i)}$, $P_{Ba(i)}$, $P_{Bp(i)}$, $P_{Bs(i)}$, $P_{Bz(i)}$ priklausomybės nuo tiriamos tanklaivio talpos matmenis bei jos padėtį korpuso atžvilgiu apibūdinančių parametų, metodinėje medžiagoje [44] pateikiamos lentelių pavidalu. 2.12 pav. šios priklausomybės pavaizduotos grafiškai. Teoriniu atveju, jei visą laivo korpusą sudarytų viena krovininė ertmė (savaime suprantama, toks variantas praktikoje yra neįmanomas), tiriamos talpos parametrai būtų: $x_a/L = 0$, $x_f/L = 1$; $y_p/B_B = 1$; $y_s/B_B = 0$ ir $z/D_s = 0$. Tokiu atveju šios talpos nepažeidimo tikimybės būtų lygios $P_{Bf(i)} = 0$, $P_{Ba(i)} = 0$, $P_{Bp(i)} = 0$, $P_{Bs(i)} = 0$, $P_{Bz(i)} = 0$ ir pagal 2.5 formulę tiriamos talpos pažeidimo tikimybė $P_{s(i)} = 1$. Toks rezultatas sutampa su metodinėje medžiagoje [44, 26] daroma prielaida, pagal kurią tanklaivio susidūrimo ar užplaukimo ant seklumos atveju bus patirtas kiauryminis korpuso pažeidimas.

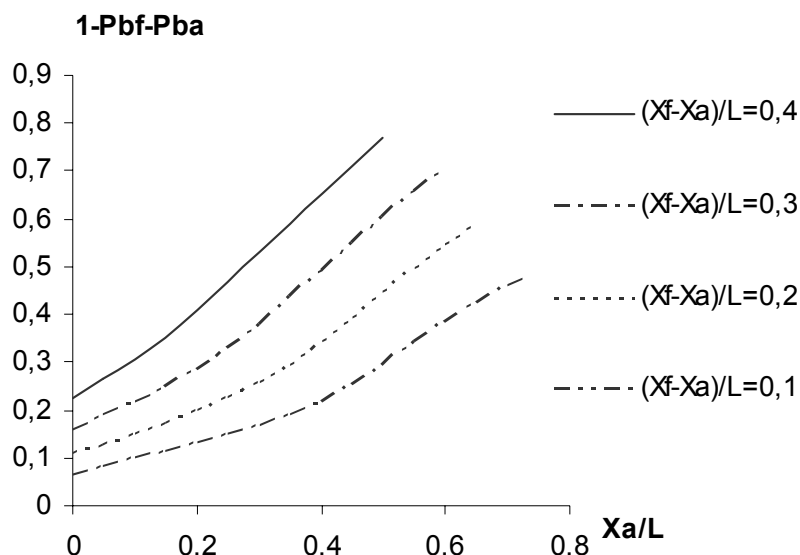


2.12 pav. Tiriamos talpos nepažeidimo tikimybių priklausomybės nuo tanklaivio talpos matmenis bei jos padėtį korpuso atžvilgiu apibūdinančių parametų. Dugno pažeidimo atvejis. (Grafikas sudarytas remiantis TJO aprobuota metodine medžiaga [44]).

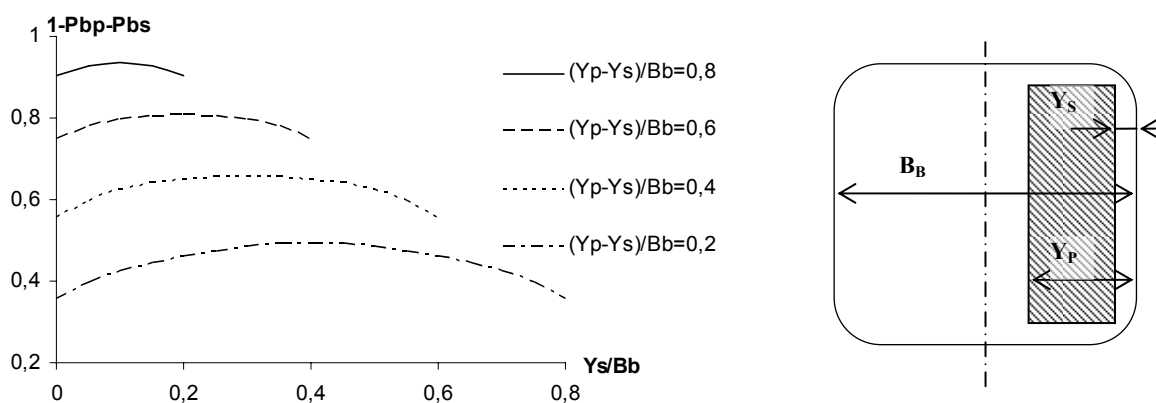
Kaip ir tanklaivio šoninio pažeidimo atveju, labai svarbu žinoti, kokios tanklaivio vietos (kurioje tanklaivio vietoje esančios talpos) yra labiausiai pažeidžiamos tanklaiviui užplaukus ant seklumos ar lietus gruntą, taip pat kokią įtaką bet kurios tanklaivyje įrengtos *i – osios* talpos pažeidimui turi šios talpos gabaritiniai matmenys. Tai galima įvertinti 2.12 pav. pavaizduotas nepažeidimo tikimybių priklausomybes pagal (2.7) formulę perskaičiavus į kiekvienos iš krovininės talpos pertvarų (laivagalio, laivapriekio, viršutinės, apatinės, bortinių) pažeidimo tikimybių priklausomybes nuo šios talpos padėties tanklaivio korpuse ir jas pavaizdavus grafiškai.

Iš toliau pateikiamų grafikų matyti, kad įvykus tanklaivio dugno pažeidimams, didesnė priekinių talpų laivagalio arba laivapriekio pertvarų pažeidimo tikimybė (2.13 pav.). Krovininės

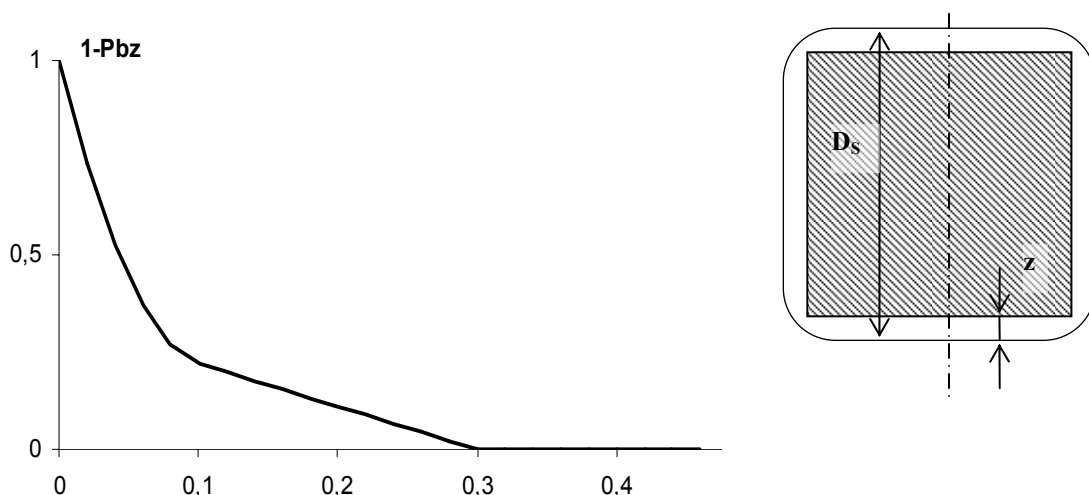
talpos vertikalių šoninių pertvarų, lygiagrečių laivo išilginei ašinei linijai, pažeidimo tikimybės tankis didėja, pastarosioms artėjant link laivo išilginės ašinės linijos, ir yra didžiausias ties šia linija, (2.14 pav.), o krovininės talpos dugno pertvaros pažeidimo tikimybė mažėjant atstumui tarp krovininės talpos dugno pertvaros ir laivo dugno didėja (2.15 pav.). Viengubo dugno tanklaiviams ši tikimybė lygi 1.



2.13 pav. Tikimybės $1 - P_{bf(i)} - P_{ba(i)}$ priklausomybė nuo X_a/L (krovininės talpos išilginės padėties) prie skirtingų krovininių talpų santykinų ilgių $(X_f - X_a)/L$, kai pažeidžiamas tanklaivio dugnas



2.14 pav. Tikimybės $1 - P_{bp(i)} - P_{bs(i)}$ priklausomybė nuo Y_s/B_b (krovininės talpos padėties išilginės ašinės linijos atžvilgiu) prie skirtingų krovininių talpų plokčių $(Y_p - Y_s)/B_b$, kai pažeidžiamas tanklaivio dugnas



2.15 pav. Tikimybės $1 - P_{Bz(i)}$ priklausomybė nuo z/D_s , kai pažeidžiamas tanklaivio dugnas

Tanklaivių avarijų pasekmių mastus įtakojantys veiksniai

Po avarijos į aplinką patekusio pervežamo krovinio (šiuo atveju teršalų) kiekis – pagrindinis veiksnys, nuo kurio priklauso padaryta žala aplinkai. Tačiau kaip rodo didžiųjų tanklaivių avarijų analizė (2.2 lentelė), pasekmių mastus, įvykus avarijai, lemia ir daugelis kitų veiksnių. Kaip jau buvo minėta, netgi iš tanklaivio išsiliejus tokiam pat kiekiui naftos ar kitokių teršalų, žala aplinkai gali skirtis iki keliolikos kartų. 2.4 lentelėje pateikiami svarbiausi tanklaivių avarijų pasekmių mastus lemiantys veiksniai, jų įtaka avarijų pasekmių mastams ir įvertinimo galimybės.

Nuo avarijos vietos labai priklauso tinkamiausio metodo teršalų surinkimui ar nukenksminimui panaudojimo galimybės. Jeigu avarijos vieta uždara, tikėtina, kad teršalai staigiai nepasklis labai plačiame rajone, juos bus galima surinkti. Jeigu avarija įvyksta intensyvios laivybos zonoje, pvz., uosto vartuose, be žalos aplinkai gali būti ir sutrikdoma laivyba. Teršalams patekus į paplūdimius, sutrikdoma rekreacinė veikla ir nuostoliai žymiai išauga. Tačiau pasaulinė tanklaivių avarijų statistika rodo, kad visos didesnės avarijos, kai išsilieja nafta, įvyksta vis kitoje vietoje. Todėl patikimai prognozuoti tikslios vietos, kurioje gali įvykti avarija, neįmanoma, tačiau įvertinti šiuo požiūriu rizikingiausius rajonus galima. Šiuose padidintos rizikos rajonuose pakrantės valstybės imasi papildomų priemonių, užtikrinančių avarijos padarinių mastų mažinimą, – planuoja išsiliejusių teršalų surinkimui ir nukenksminimui reikalingos įrangos efektyvų panaudojimą. Todėl įvykus tanklaivio avarijai, nuo kranto tarnybų tinkamų veiksmų labai priklauso taršos likvidavimo sėkmė, o tuo pačiu ir padarinių aplinkai mastai.

2.4 lentelė. Tanklaivių avarijų pasekmių mastus įtakojantys veiksniai, jų poveikis ir įvertinimo galimybės

Veiksniai	Veiksnių įtaka galimiems padarinių mastams. Pastabos	Veiksnių prognozavimo galimybė
Avarijos vieta	Didelė. Nuo avarijos vietos labai priklauso tinkamiausio metodo teršalų surinkimui ar nukenksminimui panaudojimo galimybės. Nuo avarijos vietos taip pat priklauso padaryta žala aplinkai ir rekreacijai, tolimesnė laivybos veikla avarijos vietoje.	Turint išsamią informaciją apie tiriamą laivybos rajoną, įmanoma prognozuoti zonas, kuriose didžiausia avarijos tikimybė, tačiau būtina atlikti papildomus tyrimus.
Po avarijos į aplinką patekusio pervežamo krovinio (teršalų) kiekis	Ypač didelė. Po avarijos į aplinką patekusių teršalų kiekis priklauso nuo avarijos kategorijos, tanklaivio konstrukcijos, techninės būklės, pervežamo krovinio kiekio.	Egzistuoja, tačiau būtina atlikti papildomus tyrimus
Išsiliejusių teršalų tipas	Didelė. Nuo teršalų rūšies priklauso jų surinkimo ar nukenksminimo efektyvumas, poveikis aplinkai.	Žinant kokius produktus tanklaiviais gabenami tiriamame regione, galima tikimybiskai įvertinti.
Įgulos bei kranto tarnybų veiksmai įvykus tanklaivio avarijai	Didelė. Tinkami įgulos bei kranto tarnybų veiksmai užtikrina efektyvų bei rezultatyvų teršalų surinkimą ar nukenksminimą. Jei tanklaivis yra patyręs korpuso struktūros pažeidimą, įgulos bei kranto tarnybų veiksmų įtaka galimiems padarinių mastams ypač didelė.	Yra galimybė. Įgulos bei kranto tarnybų tinkami veiksmai priklauso nuo specialistų pasirengimo bei disponuojamos teršalų surinkimo įrangos.
Hidrometeorologinės sąlygos	Didelė. Nuo hidrometeorologinių sąlygų (vėjo, bangavimo, srovių, esančio ledo) priklauso išsiliejusių teršalų surinkimo ar nukenksminimo efektyvumas.	Patikimai prognozuoti sudėtinga.

Avarijos pasekmių mastai labai priklauso ir nuo tanklaivio įgulos bei kranto tarnybų veiksmų, kada tanklaivis patiria korpuso struktūros pažeidimą. 2002 metais prie Ispanijos krantų, esant blogoms oro sąlygoms, tanklaivis „Prestige“ (2.2 lentelė) patyrė korpuso struktūros pažeidimą, tačiau pradžioje išsiliejo tik nedidelis naftos kiekis. Ispanijos pakrantės tarnyboms atsisakius šį tanklaivį priimti į prieglobsčio vietą (uostą ar kitokią vietą, kur nėra bangų poveikio laivo korpusui ir galima išpumpuoti pervežamą naftą iš krovininių talpų), tanklaivio korpuso būklė nuolat blogėjo, kol po trijų parų tanklaivis nuskendo lūžęs į dvi dalis. Šiuo atveju nesėkmingai avarijos baigčiai lemiamą įtaką turėjo ir blogos hidrometeorologinės sąlygos. Po tanklaivio „Prestige“ avarijos Tarptautinė jūrų organizacija bei Europos Komisija ėmėsi priemonių, užtikrinančių efektyvų į nelaimę patekusio laivo ir kranto tarnybų bendradarbiavimą avarinį laivą priimančią į prieglobsčio vietą.

Kaip rodo tanklaivių avarių, įvykusių Baltijos jūroje statistika [46 – 52], didžiausi teršalų kiekiai iš tanklaivių išsilieja pastariesiems užplaukus ant seklumos ir susidūrus su kitais laivais. Todėl trečiajame skyriuje bus tiriamos išsiliejančios per tanklaivio incidentą (susidūrimą ar užplaukimą ant seklumos) naftos kiekio prognozės galimybės.

2.4. Veiksniai, įtakoiantys eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijos techninę būklę

Korpuso konstrukcijos faktinė techninė būklė yra vienas iš veiksnių nuo kurio priklauso tikimybė tanklaiviui patirti korpuso struktūros pažeidimą. Tanklaiviui užplaukus ant seklumos ar patyrus kitokio pobūdžio korpuso pažeidimą, gera korpuso konstrukcijų techninė būklė dažnai lemia saugų laivo išgelbėjimą, nepadarant didesnės žalos aplinkai. Norint išsiaiškinti veiksnius, turinčius didžiausią įtaką eksploatuojamo tanklaivio korpuso konstrukcijų mechaninių bei eksploatacijos savybių blogėjimui, buvo išanalizuoti veiksniai, turintys didžiausią įtaką korpuso konstrukcijų būklei tanklaivio eksploatacijos metu. Atliktas tyrimas remiasi Europos saugios laivybos agentūros (EMSA) atlikta dvigubo korpuso tanklaivių tyrimo ataskaita [53], Tarptautinės klasifikacinių bendrovių asociacijos [54], Tarptautinės tanklaivių savininkų asociacijos (Intertanko) [55] medžiaga bei TJO jūrų saugumo komiteto 80, 81 ir 82 sesijų metu vykusiomis diskusijomis tanklaivių korpuso konstrukcijų eksploatacijos klausimais.

Tanklaivio korpuso elementų gamyba ir eksploatacija

Korpuso konstrukcijų būklės blogėjimas laikui bėgant priklauso nuo korpuso konstrukcijų pastatymo kokybės, statyboje naudojamų medžiagų, surinkimo technologijų. Tanklaivių korpuso konstrukcijos standartai yra nustatyti tarptautinės klasifikacinių bendrovių asociacijos (IACS) 47 – oje rekomendacijoje [56], tačiau šie standartai yra tik rekomendacinio pobūdžio. Šiuo metu laivų statyboje yra įsivyravusi praktika klasifikacinių bendrovių inspektoriams, vykdantiems konstruojamo laivo korpuso priežiūrą, vadovautis ne minėtomis rekomendacijomis, o laivų statyklos, statančios tanklaivį nustatytais standartais. Daugelio laivų statyklų nustatyti standartai atitinka, o dažnai ir viršija IACS nustatytuosius, kas, savaime suprantama, turėtų pakankamai gerai užtikrinti statybos kokybę. Tačiau, kaip rodo praktika, dėl didelio užsakymų tanklaivių statybai skaičiaus dažnai stengiamasi kiek įmanoma sutrumpinti tanklaivio statybos laiką, o taip pat sumažinti kaštus. Tokias atvejais būna nepaisoma nustatytųjų technologijų bei standartų, o tai lemia galimybę netinkamo korpuso konstrukcijų surinkimo netoleruotinai rizikai atsirasti.

Tanklaivio korpuso konstrukcijų priežiūrą laivo eksploatacijos metu reglamentuoja TJO priimti norminio pobūdžio dokumentai bei laivą prižiūrinčių klasifikacinių bendrovių nustatyti standartai. Tokia priežiūra yra privaloma pagal tarptautinį saugaus valdymo kodeksą [57].

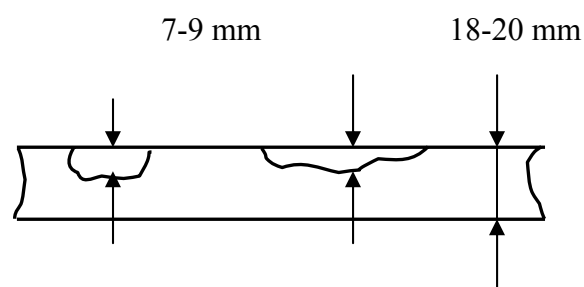
Tačiau atlikus išsamesnį tanklaivių priežiūros tyrimą paaiškėjo, kad TJO priimtos korpuso konstrukcijų priežiūros procedūros nėra privalomos, o jų vykdymo periodiškumas tanklaivio korpuso struktūrai nėra reglamentuotas, – laivo savininkas tai gali vykdyti savo nuožiūra. Todėl didžiausias pavojus netinkamai korpuso struktūros priežiūrai, o tuo pačiu ir korpuso struktūros mechaninių savybių pablogėjimui, kyla tais atvejais, kada laivo savininkas neužtikrina tinkamos korpuso konstrukcijų priežiūros, o laivą prižiūrinčios klasifikacinės bendrovės inspektorius netinkamai atlieka korpuso struktūros apžiūrą ir išduoda atitikties dokumentą net ir tais atvejais, kai korpuso struktūros būklė yra nepatenkinama.

Korozijos poveikis. Specialių dangų įtaka korpuso konstrukcijų paviršių būklei

Nemaža dalis dvigubo korpuso tanklaivių patiria intensyvesnę nei įprasta koroziją krovinių talpose bei balasto talpose. Šiuo metu sutariama, kad tokią paspartintą koroziją nulemia „termoso efektas“, pagal kurį pakrautas šiltas krovinyje išlaiko aukštesnę nei aplinkos temperatūrą gana ilgą laiką (atkreiptinas dėmesys, kad „termoso efektas“ yra labiau būdingas dvigubo korpuso tanklaiviams dėl geresnės termoizoliacijos, kurią užtikrina ertmė tarp krovinių talpų šoninių sienų ir laivo borto). Šiltesnė krovinių talpų paviršius gaubianti aplinka korozijos požiūriu yra agresyvesnė – sparčiau garuoja balastinėse talpose esantys sūrus jūros vandens likučiai, viršutinėje krovinių talpų zonoje greičiau formuojasi drėgna rūgštinė aplinka, taip pat krovinių talpų apatinėje dalyje aktyvesni yra metalo paviršių ardantys mikrobai (2.16 pav.).



a



b

Šaltinis: Tarptautinė klasifikacinių bendrovių asociacija [101]

2.16 pav. Dvigubo korpuso tanklaivio krovinių talpos apatinės pertvaros fragmentas : *a* – pertvaros dalies nuotrauka (matomi mikrobiologinio poveikio padariniai); *b* – galimi poveikio geometriniai parametrai.

Jeigu periodinių apžiūrų metu nėra imamas tinkamų veiksmų tokios korozijos židiniams bei jos sukeltoms pasekmėms šalinti, laikui bėgant gali būti prarandamas krovininių talpų hermetiškumas ir gabenamas krovinys gali nutekėti į dvigubo korpuso ertmes, – o tai savaime žymiai padidina sprogimo riziką. Blogiausiu atveju, korozija gali nulemti ir korpuso struktūros mechaninį susilpnėjimą iki kritinio, kas gali sukelti tanklaivio korpuso struktūros pažeidimą.

Vienas iš efektyviausių šiuo metu naudojamų korozijos prevencijos būdų, skirtų tanklaivių korpusų konstrukcijų paviršiams apsaugoti, – specialių dangų sistemos. Dvigubo korpuso tanklaiviuose šiomis dangomis dengiamos labiausiai korozijos pažeidžiamos zonos – balastinio vandens talpos, po žemutiniu deniu esančios korpuso konstrukcijos bei apatinės krovininių talpų pertvaros. Dengti balastinio vandens talpas apsauginėmis dangomis reikalauja ir Tarptautinės konvencijos dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje II skyriaus I dalies 3 – 21 taisyklė, kuri taikoma tanklaiviams, pastatytiems po 1998 metų liepos 1 dienos. TJO yra parengusi rekomendacijas dėl korozijos prevencijos sistemų parinkimo, jų naudojimo bei priežiūros balastinėse talpose [58], tačiau nežiūrint į tai, labai dažnai susiduriama su per ankstyvu tanklaivių antikoroziinių dangų sistemų suirimu. Svarbu tai, kad įvykus dangos sistemos pažeidimui, nedelsiant prasideda intensyvus neapsaugoto paviršiaus korozijos procesas. Be to, technologiškai itin sudėtinga atstatyti pažeistą dangos zoną į pradinę būklę, užtikrinančią pradinio lygio apsaugą nuo korozijos. Todėl yra ypatingai svarbu kiek įmanoma tinkamiau, nepažeidžiant nustatyto technologinio proceso, naudoti apsauginių dangų sistemas statant laivą. 2.17 pav. parodyta dviejų laivų, kurių amžius 13 metų ir kurių paviršius buvo apsaugotas identiškais epoksido dangų sistemomis, fragmentai.



a



b

Šaltinis: Tarptautinė klasifikacinių bendrovių asociacija [101]

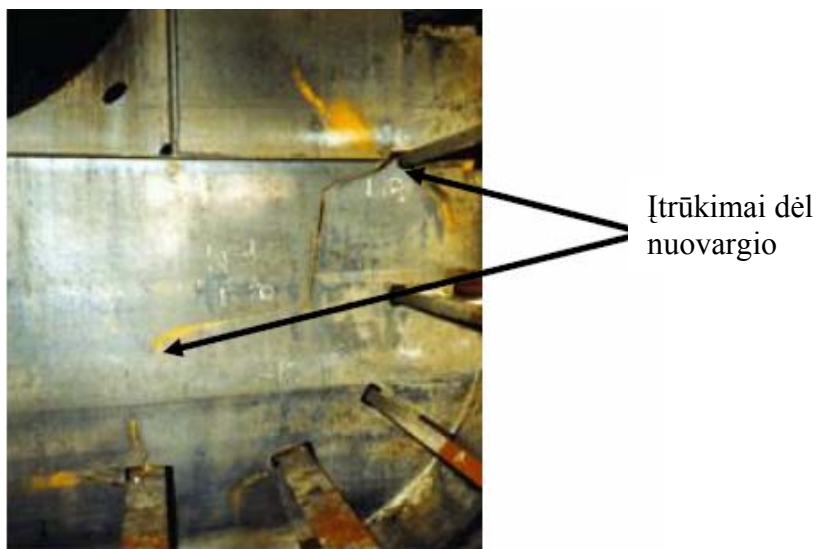
2.17 pav. Balastinių talpų paviršiaus būklė 13 metų senumo laivuose: *a* – tinkamai taikyta apsauginių dangų dažymo technologija; *b* – netinkamai taikyta apsauginių dangų dažymo technologija

Skirtingai nei balastinėms talpoms, krovininėms talpoms apsaugoti nuo korozijos nėra nustatyta jokių privalomųjų standartų. Korozija krovininėse talpose labiau pasireiškia tuose tanklaiviuose, kurie gabena žalią naftą arba žemų frakcijų naftos produktus, naftos produktų šlamą. Aukštesnių frakcijų naftos produktai nesukelia didesnio pavojaus korozijai atsirasti, be to, dėl „termoso“ efekto ši problema yra aktualesnė dvigubo korpuso tanklaiviams.

Korpuso konstrukcijų nuovargis

Įtrūkimai korpuso struktūroje gali atsirasti bet kokio tipo laivo korpuse, tačiau dėl tokių įtrūkimų sukeltų pasekmių (avarinių naftos išsiliejimų), ši problema yra labai aktuali tanklaiviams. Pagrindinė tokių įtrūkimų priežastis paprastai yra ciklinės apkrovos, kurias sukelia laivo eksploatacija esant sudėtingoms hidrometeorologinėms sąlygoms. Svarbu tai, kad rajonas, kuriame laivas yra eksploatuojamas, lemia ciklinių apkrovų poveikio stiprumą, taigi ir įtrūkimų atsiradimo tikimybę.

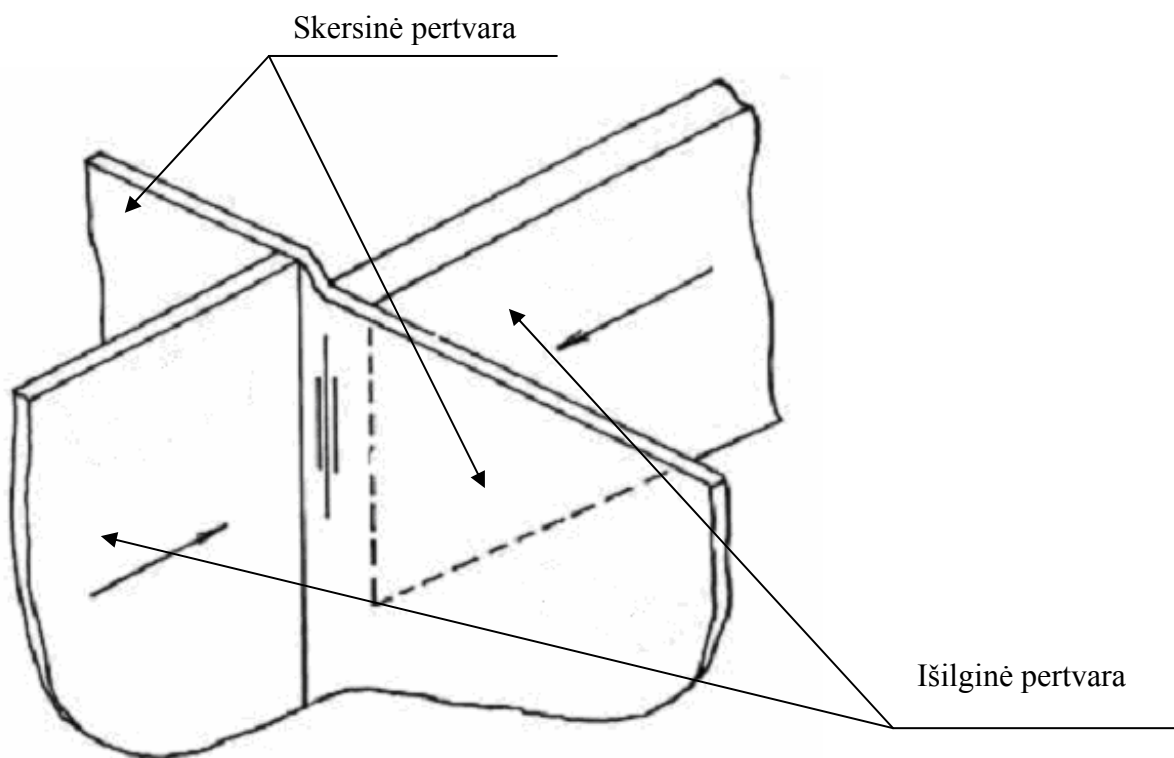
Tačiau įtrūkimų atsiradimui gali turėti įtakos ir stiprumo požiūriu netinkamai suprojektuota ar pagaminta korpuso konstrukcija, korozija, įtempimų koncentracija kritinėse vietose, netinkamo kietumo plieno naudojimas ir t. t. 2.18 pav. parodyti nuovargio sukelti įtrūkimai, viengubo korpuso tanklaivio šoninės balastinio vandens talpos skersinėje pertvareje.



Šaltinis: Europos saugios laivybos agentūra [53]

2.18 pav. Nuovargio sukelti įtrūkimai, viengubo korpuso tanklaivio šoninės balastinio vandens talpos skersinėje pertvareje

2.19 pav. parodyta netiksliai pagamintos laivo korpuso konstrukcijos fragmentas, kur matyti, kad išilginės pertvaros yra skirtingose plokštumose. Esant tokiam surinkimo netikslumui skersinė laivo pertvara patiria ciklines apkrovas (šių apkrovų dydis tiesiogiai priklauso nuo laivo korpuso patiriamų apkrovų, kurias paprastai lemia sudėtingos hidrometeorologinės sąlygos, teisingas laivo pakrovimas, tikslus korpuso konstrukcijų suprojektavimas bei surinkimas statant laivą), dėl kurių pastarojoje laikui bėgant gali atsirasti įtrūkimų.



2.19 pav. Laivo korpuso konstrukcijos fragmentas, patiriantis ciklines apkrovas dėl netikslaus surinkimo

Įtrūkimai dėl ciklinių apkrovų sukkelto metalo nuovargio paprastai atsiranda senesnės statybos laivų korpuso konstrukcijose, tačiau žinoma atvejų, kai įtrūkimai pastebėti ir 5 metų senumo laivuose. Įtrūkimai laikui bėgant gali plisti ir, jeigu laiku nėra imamasi reikalingų veiksmų (remonto, konstrukcijų atnaujinimo ir pan.), laikui bėgant laivas gali patirti korpuso struktūros pažeidimą. 2.20 pav. pavaizduotas korpuso struktūros pažeidimą patyrusio tanklaivio „Prestige“ fragmentas. Viena iš šio tanklaivio avarijos priežasčių buvo korpuso struktūros nuovargis [59].



2.20 pav. Tanklaivio „Prestige“ pažeisto korpuso fragmentas

2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. Ištirta, kad tanklaivio korpuso konstrukcija turi lemiamos įtakos gabenamo krovinio išsiliejimo tikimybei įvykus susidūrimui/atsitrenkimui ar užplaukimui ant seklumos/grunto lietimui. Todėl prognozuojant avarinio naftos išsiliejimo tikimybę bet kuriame laivybos rajone, būtina atsižvelgti į ten eksploatuojamų tanklaivių korpuso tipą.
2. Tanklaivių susidūrimų bei užplaukimų ant seklumos tikimybė konkrečiame laivybos rajone matematiškai gali būti įvertinta žinant daugelio veiksnių, įtakančių tokio tipo tanklaivių avarijų charakteristikas, išreikštas skaitine išraiška (gero ir blogo matomumo tikimybės, laivų maršrutų susikirtimų skaičių, tanklaivių eismo intensyvumą, vilkikų panaudojimo esant kritinei situacijai galimybes ir kt.). Tais atvejais, kada tiriamas laivybos rajonas nepasižymi labai intensyvia laivyba ir praeities įvykių statistika yra skurdi, tokius vertinimus atlikti yra sudėtinga, ir jie dažniausiai yra netikslūs. Todėl vertinant tanklaivio avarijos tikimybę būtina ištirti ir kitų metodų, leidžiančių holistiškai įvertinti tanklaivių keliamą riziką, galimybes.
3. Nustatyta, kad tanklaivio korpuso struktūros pažeidimų tikimybė labiausiai priklauso nuo dviejų veiksnių – bangų poveikio korpusui ir korpuso techninės būklės. Bangų poveikio atžvilgiu Baltijos jūra laikoma saugiausiu rajonu Europoje. Tačiau norint įvertinti korpuso pažeidimo pavojų bet kuriame Baltijos jūros regione, būtina atlikti tame regione eksploatuojamų tanklaivių techninės būklės vertinimą. Tiriamame laivybos rajone eksploatuojamų tanklaivių techninę būklę galima

įvertinti žinant tam tikras tanklaivių charakteristikas (registracijos uostą, prižiūrinčią klasifikacinę bendrovę, amžių).

4. Ištirti technologiniai veiksniai, nulemiantys korpuso konstrukcijų techninės būklės pablogėjimą tanklaivio eksploatacijos metu. Didžiausią įtaką šiuo požiūriu turi tinkamas konstrukcijų (ypač balastinių bei kuro talpų paviršių) padengimas specialiomis antikorozinėmis dangų sistemomis, tinkama korpuso paviršių priežiūra tanklaivio eksploatacijos metu, dėl metalo nuovargio atsirandančių įtrūkimų laiku atliekamas remontas. Nustatyta, kad tanklaivio korpuso konstrukcijų paviršių padengimas specialiomis antikorozinėmis sistemomis, ciklinių apkrovų sukeltų įtrūkimų remontas duoda reikiamą efektą tik tada, kai yra griežtai laikomasi nustatytųjų technologijų.

3. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBĖS IR MASTŲ ĮVERTINIMO METODAI

Šio skyriaus medžiaga aprobuota dviejose publikacijose [1A] ir [2A].

3.1. Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės prognozavimo metodika

Šioje skyriaus dalyje pateikiama metodika, pagal kurią būtų galima apskaičiuoti Lietuvos atsakomybės jūros rajono (taip pat ir kitokio panašaus dydžio laivybos rajono, turinčio vieną ar kelis naftos terminalus, kuriuose tanklaivių eismas nėra intensyvus ir avarinės taršos įvykiai yra reti) avarinio naftos išsiliejimo incidento pasiskirstymą atskiruose jo segmentuose, bei preliminariai įvertinti absoliučią šios tikimybės reikšmę. Metodika paremta taršos iš tanklaivio proceso modeliavimu panaudojant įvykių medį ir paskirstant avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybes atskiroms tiriamo laivybos rajono zonoms bei atskiroms tanklaivio avarijų kategorijoms.

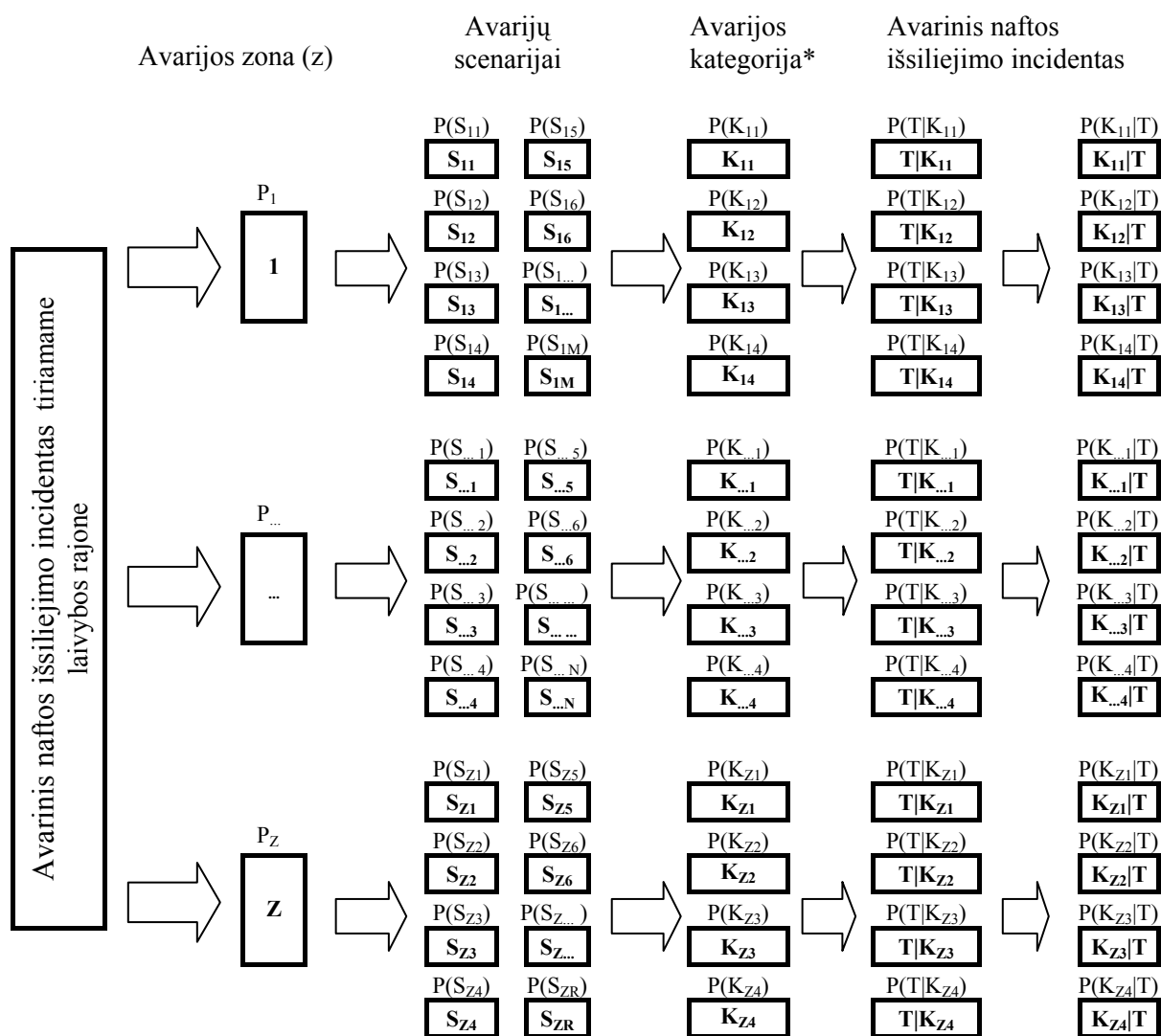
Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei tiriamame laivybos rajone apskaičiuoti reikia turėti galimybę įvertinti du pagrindinius parametrus – tanklaivių avarių dažnumą bei krovinio (naftos ar jos produktų) išsiliejimo tikimybę, kada tanklaivio avarija jau yra įvykusi. Vertinant tiek vieną, tiek kitą parametą, dauguma mokslininkų rekomenduoja remtis praeities įvykių statistika [60, 61, 34, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 21, 68, 69, 70]. Tai sudaro prielaidas visapusiškai įvertinti sukaupią statistinę informaciją apie praeityje įvykusias laivų bei tanklaivių avarijas ar pavojingas situacijas, jų metu įvykusios taršos faktą. Labai svarbu įvertinti informaciją apie ateityje galinčius atsirasti naujus veiksnius, kurie galėtų daryti įtaką avarinės taršos rizikai, bei duomenis apie numatomus veiksnius, įtakosiančių tanklaivių avaringumą, pasikeitimus pavyzdžiui pasikeisiančią uosto ir jame esančių naftos terminalų aplinką [71].

Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybė atskiruose tiriamo laivybos rajono sektoriuose dėl skirtingų aplinkos, navigacinių ar kitokių veiksnių daromo poveikio, pakrantės valstybės nustatytų laivų eismo zonų gali skirtis iki keliasdešimties kartų [72]. Tam, kad nustatyti šios tikimybės pasiskirstymą atskirose tiriamo laivybos rajono vietose, pastarasis dalijamas į Z skaičių zonų. Siekiant užtikrinti kuo geresnį galutinio rezultato patikimumą, dalijimas į zonas turi būti atliekamas taip, kad kiekvienoje zonoje dominuojančių veiksnių, darančių įtaką avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei variacija būtų kuo mažesnė, o jų poveikis skirtingose zonos vietose skirtųsi kiek įmanoma mažiau.

Ivykusio avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės pasiskirstymas kiekvienoje iš tiriamo laivybos rajono zonų z vertinamas priėmus, kad atitinkamų incidento tikimybių kiekvienoje iš zonų (3.1 pav.) suma yra būtinas įvykis:

$$\sum_{z=1}^Z P_z = 1, \quad (3.1)$$

čia P_z – avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybė tiriamo laivybos rajono zonoje z .



*K1 – užplaukimas ant seklumos/grunto lietas; K2 – susidūrimas/atsitrenkimas;

K3 – gaisras/sprogimas; K4 – korpuso struktūros pažeidimas;

3.1 pav. Avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio įvykių medis

Atlikus tiriamame laivybos rajone įvykusių laivų avarių analizę, galima sudaryti baigtinį sąrašą tipinių laivų avarių priežasčių. Šį sąrašą galima sutrumpinti, atmetus avarijas, kurių metu nebuvo pažeistas laivo korpusas ir nebuvo grėsmės pervežamam kroviniui kontaktuoti su aplinka. Atsižvelgiant į tai, bei įvertinus būdingus pasaulyje įvykusių tanklaivių avarių modelius [33, 73], bet kuriam z zonoje galinčiam įvykti avariniam naftos išsiliejimo incidentui T galima sumodeliuoti baigtinį skaičių M scenarijų S_{zm} . Atsižvelgiant į tai, kad bet kuri išsiliejimo incidentą T sukelia viena iš keturių tanklaivio avarių kategorijų – užplaukimas ant sekumos/grunto lietimasis (K_{z1}), susidūrimas ar atsitrengimas (K_{z2}), gaisras ar sprogdymas (K_{z3}), korpuso struktūros pažeidimas (K_{z4}), (3.1 pav.), turėsime, kad zoną z atitinkanti tikimybė P_z lygi:

$$P_z = \sum_{m=1}^M P(S_{zm}) = \sum_{k=1}^4 P(K_{zk}), \quad (3.2)$$

čia: $P(S_{zm})$ – zonai z sumodeliuoto m – ojo tanklaivio avarijos scenarijaus pasirodymo tikimybė; $P(K_{zk})$ – k – osios tanklaivio avarijos kategorijos pasirodymo tikimybė.

Kiekvienai tiriamo laivybos rajono zonai sumodeliavus atitinkamai $M, N, \dots, R$ skaičių scenarijų, turėsime (3.2) formulės išskleistą reikšmę:

$$\sum_{m=1}^M P(S_{1m}) + \sum_{n=1}^N P(S_{2n}) + \dots + \sum_{r=1}^R P(S_{Zr}) = \sum_{z=1}^Z \sum_{k=1}^4 P(K_{zk}). \quad (3.3)$$

Taigi visus zonai z sumodeliuotus scenarijus S_{zm} galima suskirstyti į keturias grupes pagal tanklaivio avarijos, sukėlusios avarinį naftos išsiliejimo incidentą T , kategorijas. Avarinio naftos išsiliejimo tikimybės zonoje z ($z=1\dots Z$), įvykus tanklaivio avarijai pagal vieną iš keturių tanklaivio avarių kategorijų, pažymėkime atitinkamai $P(T|K_{z1})$, $P(T|K_{z2})$, $P(T|K_{z3})$ ir $P(T|K_{z4})$ – 3.1 pav.

Tokiu atveju avarinės taršos įvykio tikimybės $P(K_{zk}|T)$ kiekvienai iš tanklaivio avarių kategorijų zonoje z , galima apskaičiuoti pagal Bajeso [74, 75] teoremą:

$$P(K_{zk} | T) = \frac{P(K_{zk}) \cdot P(T | K_k)}{\sum_{k=1}^4 P(K_{zk}) \cdot P(T | K_k)}. \quad (3.4)$$

Visų keturių kategorijų avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybių suma kiekvienai iš zonų sudaro pilnąją avarinio naftos išsiliejimo incidento tiriamame laivybos rajone tikimybę:

$$\sum_{k=1}^4 \sum_{Z=1}^Z \frac{P(K_{zk}) \cdot P(T | K_k)}{\sum_{k=1}^4 P(K_{zk}) \cdot P(T | K_k)} = 1. \quad (3.5)$$

Pagal šį matematinį modelį galima įvertinti įvykusio avarinio naftos išsiliejimo incidento T tikimybės pasiskirstymą pagal tiriamojo laivybos rajono zonas ir tanklaivio avarijos kategorijas.

Vieno tanklaivio, įplaukusio į tiriamą laivybos rajoną avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybė per metus:

$$P_T = P_{ty} \frac{t_{\Sigma} - t_k}{365} k, \quad (3.6)$$

čia P_{ty} – vidutinė vieno pasaulinėje rinkoje eksploatuojamo tanklaivio (neįskaičiuojamas krovos bei remonto laikas) avarijos tikimybė per metus; t_{Σ} – vidutinis tanklaivio buvimo tiriamame laivybos rajone laikas, paromis; t_k – vidutinis tanklaivio krovos laikas terminale, paromis; k – tikimybė, parodanti kokia dalis tanklaivių avarijų sukelia avarinius naftos išsiliejimų incidentus.

Tikimybę, kad tiriamame laivybos rajone per metus įvyks bent vienas avarinis naftos išsiliejimo incidentas $P_{\Sigma T}$ įvertinsime panaudojus Puasono skirstinį:

$$P_{\Sigma T} = 1 - e^{-n P_{ty} \frac{t_{\Sigma} - t_k}{365} k}, \quad (3.7)$$

čia: n – vidutinis tanklaivių įplaukimų į tiriamąjį laivybos rajoną skaičius per metus.

Žinant bet kurio į tiriamą laivybos rajoną įplaukusio tanklaivio statistinę avarijos, kurios metu išsilieja krovins, tikimybę per metus, galima įvertinti absoliučią avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybę $P_A(K_{zk}|T)$:

$$P_A(K_{zk} | T) = \left[1 - e^{-n P_{ty} \frac{t_{\Sigma} - t_k}{365} k} \right] \frac{P(K_{zk}) \cdot P(T | K_k)}{\sum_{K=1}^4 P(K_{zk}) \cdot P(T | K_k)}. \quad (3.8)$$

Formule galima pasinaudoti skaičiuojant avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybę kiekvienai iš tanklaivio avarijų kategorijų bet kurioje tiriamo laivybos rajono zonoje z (žr. 3.1 pav.). Skaičiavimams atlikti būtina įvertinti formulėje naudojamus nežinomuosius.

3.2. Parametrų, reikalingų avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei prognozuoti, įvertinimo metodai

Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei prognozuoti reikalingi parametrai priklauso nuo tiriamo laivybos rajono charakteristikų. Dalis šių parametrų formuojami remiantis praeityje įvykusių laivų bei tanklaivių avarijų pasauline bei regionine statistika. Vertinant įvykusio avarinės taršos įvykio tikimybių pasiskirstymą kiekvienoje iš tiriamojo laivybos rajono zonų pagal kiekvieną iš keturių avarijos kategorijų $P(T|K_{zk})$, kur $z = 1...Z$; $k = 1...4$, būtina atsižvelgti į kiekvienoje tiriamojo laivybos rajono zonoje eksploatuojamų tanklaivių veiksnius (2.3 lentelė), ypač į korpuso konstrukciją, atitiktą visuotiniams saugios laivybos standartams.

Kada tiriamas laivybos rajonas nepasižymi intensyvia laivyba, o praeities įvykių (avarijų bei incidentų) tame rajone statistika yra ribota, kai kuriuos iš parametrų, reikalingų avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei prognozuoti, apskaičiuoti ekstrapoliuojant turimus ribotus praeities įvykius yra neįmanoma. Todėl tokiais atvejais yra tikslinga naudotis ekspertinio vertinimo metodais, – pavesti iš anksto nustatytus reikalavimus atitinkantiems ekspertams atlikti tam tikrų parametrų vertinimus. Atliekant scenarijų modeliavimą T. Rosqvist [76, p. 19] siūlo pasitelkti vieną ekspertą bei vieną koordinatorių, kuris fiksuotų visą surinktą informaciją. Šio metodo privalumai – ekspertui ir koordinatoriui dirbant drauge sukurama daugiau idėjų, atsiranda galimybė vienas kito idėjas komentuoti bei sumodeliuoti tiek teorinėmis, tiek praktinėmis žiniomis pagrįstus scenarijus. Tolimesniuose etapuose vertinant tiriamo įvykio tikimybę įtakančių veiksnių bei scenarijų svarbą atsiranda galimybė taikyti skirtingas vertinimo schemas, pavyzdžiui, savarankišką sumodeliuotų scenarijų vertinimą, naudojant rizikos vertinimo matricą [62]. Tokia vertinimo schema, lyginant su sprendimo priėmimu bendro sutarimo principu, leidžia išvengti galimo lyderio vienašališkos įtakos tyrimo rezultatams, o atlikto vertinimo rezultatų patikimumą galima įvertinti matematiniais metodais.

Nežiūrint į privalumus, ekspertinio vertinimo metodika turi ir trūkumų – lieka neaišku, kokiais kriterijais vadovaujantis galima spręsti, ar pakankamas atlikto vertinimo patikimumas, ar įvertinti visi svarbiausi veiksniai. Kaip vieną iš šios problemos sprendimo būdų T. Rosqvist [77] siūlo atlikto rizikos tyrimo, kuriame buvo naudotasi ekspertinio vertinimo metodika, rezultatus pateikti vertinimui suinteresuotoms šalims.

Kita kartinė ekspertinio vertinimo patikimumą užtikrinanti priemonė yra tinkamų ekspertų parinkimas. Išnagrinėjus keletą rizikos tyrimų laivyboje ataskaitų paaiškėjo, kad arba iš anksto nebuvo nustatyti reikalavimai ekspertams, – tyrime naudotasi turimais specialistais [20], arba reikalavimai buvo nekonkretūs ir bendro pobūdžio ir neaišku, kiek vertinimą atlikę ekspertai atitiko šiuos reikalavimus [21]. Taip pat ir formalaus saugumo įvertinimo metodika, nors ir rekomenduoja naudoti ekspertinį vertinimą, tačiau dėl galimos vertinamų sistemų įvairovės nepateikia rekomendacijų, kokiais principais remiantis reikalavimai ekspertams turi būti suformuluoti.

Nedidelio intensyvumo laivybos rajonuose, tokiuose kaip Lietuvos atsakomybės rajonas, ekspertams gali būti pavedama nustatyti avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės pasiskirstymą kiekvienoje iš tiriamo laivybos rajono zonų P_z , atlikti tanklaivių avarių scenarijų modeliavimą, scenarijų įvykimo tikimybių $P(S_{1m}), P(S_{2n}), \dots, P(S_{zr})$ kiekvienoje iš zonų z pasiskirstymą. Tikimybių P_z įvertinime bei scenarijų modeliavime dalyvaujantys ekspertai turi gebėti modeliuoti tanklaivių avarių, galinčių sukelti taršą, scenarijus, įvertinti šių scenarijų pasirodymo tikimybes. Ekspertai turi užtikrinti, kad atliekamas tyrimas būtų veiksmingas ir neapsiribotų vien tik pavojų, užfiksuotų praeityje, tyrimu. Todėl turi būti tinkamai atsižvelgta į laivų eismo intensyvumą uostuose bei jų prieigose, tiriamam rajonui būdingas hidrometeorologines sąlygas bei kranto personalo (locmanų, laivų eismo tarnybos) daromas klaidas, uoste ar plaukiojimo rajone esančių navigacinių ženklų būklę bei patikimumą, jūrlapių tikslumą, veiksnius, galinčius daryti įtaką avarinės taršos iš tanklaivių riziką ateityje (išgaliosiantys tarptautiniai reikalavimai, įtakosiantys avarinės taršos iš tanklaivių riziką, numatomi tanklaivių korpuso konstrukcijos pokyčiai, priemonių, susijusių su uostų saugumo didinimu, taikymas ir pan.), (taip pat žr. veiksnius, nurodytus 2.3 lentelėje). 3.1 lentelėje pateikiama parametrų, reikalingų avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės skaičiavimams, įvertinimo seka bei rekomendacijos.

Atskiriems avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės įvertinimo etapams, kuriuose naudojamas ekspertinis vertinimas, reikalinga skirtinga ekspertų kompetencija, todėl kiekvienam iš šių etapų pabandyta nustatyti skirtingus reikalavimus ekspertams (3.2 lentelė). Be to, šie reikalavimai parengti juos sugrupuojant į bendruosius ir specialiuosius. Bendrieji reikalavimai nėra orientuoti į tiriamą laivybos rajoną, jo geografinius bei hidrometeorologinius ypatumus, todėl šie reikalavimai gali būti taikomi ir ekspertams, vertinantiems avarinio naftos išsiliejimo incidento riziką kituose panašaus dydžio laivybos rajonuose, kuriuose dominuoja panašus tanklaivių eismo intensyvumas. Specialieji reikalavimai ekspertams parengti atsižvelgiant į vertinimui atlikti reikalingas žinias, susijusias su Lietuvos atsakomybės zonos atskirų elementų specifika.

3.1 lentelė. Parametrų, reikalingų avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybei prognozuoti, įvertinimo rekomendacijos

Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės įvertinimo etapo apibūdinimas		Naudotinas įvertinimo metodas	Pastabos
1.	Tikimybių P_z įvertinimas kiekvienai iš tiriamo laivybos rajono zonų	Tikimybės įvertinamos pasitelkiant laivybos ekspertus, prieš tai juos supažindinus su praeityje įvykusių laivų bei tanklaivių avarių statistika tiriamame laivybos rajone. Ekspertai nustato tikimybes P_z kiekvienai sumodeliuotai zonai.	Būtina nustatyti adekvačius kvalifikacinius reikalavimus ekspertams. Ekspertai vertinimą atlieka bendro sutarimo principu. Dalyvauja bent 2 ekspertai. Vadovaujasi (3.1) formule.
2.	Scenarijų modeliavimas	Scenarijai modeliuojami atsižvelgiant į tiriamame laivybos rajone ir pasaulyje įvykusių tanklaivių avarių statistiką, įvertinami tiriamų zonų ypatumai bei veiksniai, darantys įtaką avarinės taršos procesui.	Scenarijų modeliavimui atlikti pakanka vieno eksperto. Vadovaujasi (3.2) formule
3.	Scenarijų reitingavimas	Pasitelkiami laivybos ekspertai. Kiekvienas laivybos ekspertas sumodeliuotus scenarijus išdėsto pagal svarbą.	Ekspertai vertinimus atlieka atskirai. Vertinimą rekomenduojama atlikti keturiems ekspertams.
4.	Atlikto scenarijų modeliavimo ir reitingavimo patikimumo įvertinimas	Reitingavimo patikimumas įvertinamas pagal (3.9) formulę.	Esant patenkinamiems patikimumo įvertinimo rezultatams pradedamas vykdyti 5 – asis avarinės taršos tikimybės įvertinimo etapas, priešingu atveju tikslinamos scenarijų formuluotės.
5.	Tanklaivio avarijos tikimybių pagal kategorijas $P(K_{zk})$ apskaičiavimas	Pasitelkiami laivybos ekspertai. Ekspertams nustačius tikimybes kiekvienam zonose sumodeliuotam scenarijui $S_{1m}, S_{2n}, \dots, S_{zr}$ jos grupuojamos susumuojant pagal keturias tanklaivio avarijos kategorijas. Ekspertai prieš vertinimą supažindinami su tiriamame laivybos rajone įvykusių laivų avarių statistika ir priežastimis.	Būtina nustatyti adekvačius kvalifikacinius reikalavimus ekspertams. Ekspertai tikimybės kiekvienam sumodeliuotam scenarijui nustato bendro sutarimo principu. Dalyvauja bent 2 ekspertai. Vadovaujasi (3.2) formule.
6.	Tikimybių $P(T K_{zk})$ nustatymas	Atliekamas tanklaivių, eksploatuojamų tiriamame laivybos rajone konjunktūros tyrimas, analizuojama pasaulyje įvykusių tanklaivių avarių statistika.	Tyrimu siekiama nustatyti, kokia dalis tanklaivių avarių sukelia transportuojamo krovinio išsiliejimus.

3.2 lentelė. Reikalavimai vertinime dalyvaujančių ekspertų kvalifikacijai.

Rizikos vertinimo etapo, kuriame naudojamas ekspertinis vertinimas, pavadinimas	Bendrieji reikalavimai kuriuos turi tenkinti ekspertas*			Specialieji reikalavimai ekspertams**	
Tikimybių P_z įvertinimas kiekvienai iš tiriamo laivybos rajono zonų; Scenarijų modeliavimas	Alternatyvos	1 ir 5	2 ir 5	Alternatyvos	6
		3	4 ir 5		7
Tanklaivio avarijos tikimybių pagal kategorijas $P(K_{zk})$ apskaičiavimas	Alternatyvos	5		6	
		3			
* Paaiškinimai: 1 – Ne mažesnė nei 2 metų laivavedžio ar mechaniko patirtis eksploatuojant tanklaivius arba ne mažesnė nei 5 metų laivavedžio ar mechaniko patirtis eksploatuojant kitokius jūrinius laivus; 2 – organizacinio darbo patirtis projektuojant bei statant tanklaivių korpuso elementus; 3 – patirtis tiriant tanklaivių avarijas (tirta bent viena tanklaivio avarija), arba patirtis tiriant kitokio tipo laivų avarijas (tirtos ne mažiau kaip 5 avarijos); 4 – dalyvauta tanklaivio avariniame įvykyje su krovinio išsiliejimu; 5 – dalyvavimas atliekant tanklaivių avarijų statistikos tyrimus.				** Paaiškinimai: 6 – Žinios apie Lietuvos uostų technologinę, geografinę ir ekologinę specifiką; 7 – patirtis organizuojant kovos su tarša gelbėjimo darbus Lietuvos atsakomybės rajone (dalyvauta ne mažiau kaip dvejose gelbėjimo operacijose ar pratybose).	

Atlikto scenarijų modeliavimo ir reitingavimo patikimumo įvertinimas

Siekiant užtikrinti patikimus tyrimo rezultatus, atliekamas scenarijų modeliavimo ir reitingavimo patikimumo (avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės įvertinimo 3 ir 4 etapai, žr. 3.1 lentelę) įvertinimas. Turint I skaičiui sumodeliuotų scenarijų ir J skaičiui ekspertų, j – asis ekspertas suteikia scenarijui i svarbos numerį x_{ij} . Svarbiausiam avarinio naftos išsiliejimo incidento rizikos požiūriu scenarijui suteikiamas svarbos numeris 1, mažiau svarbiam 2 ir t.t., mažiausiai reikšmingam – I (svarbos numeris tai pačiai scenarijų grupei pasikartoti negali). Ekspertų vertinimo rezultatai surašomi į nustatyto pavyzdžio lentelę (3.3 lentelė).

3.3 lentelė. Ekspertinio vertinimo rezultatų suvestinė

Scenarijai Ekspertai	1	2	3		i
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}		x_{i1}
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}		x_{i2}
3	x_{13}	x_{23}	x_{33}		x_{i3}
....					
J	x_{1j}	x_{2j}	x_{3j}		x_{ij}
	$\sum_{j=1}^{j=J} x_{1j}$	$\sum_{j=1}^{j=J} x_{2j}$	$\sum_{j=1}^{j=J} x_{3j}$		$\sum_{j=1}^{j=J} x_{ij}$

Pagal lentelėje įrašytus duomenis skaičiuojamas atitikties koeficientas W [78, 79, 80]:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^{I-1} \left[\sum_{j=1}^{J-I} x_{ij} - \frac{1}{2} J(I+1) \right]^2}{J^2(I^3 - I)} . \quad (3.9)$$

Koeficientas W gali kisti nuo 0 iki 1. Didesnės koeficiento reikšmės rodo didesnę ekspertų vertinimo atitiktį. Kuomet ekspertai vienodai įvertina scenarijų svarbą, atitikties koeficientas $W = 1$. Žemiau pateikiamos atitikties koeficientų reikšmės bei nurodomas ekspertinio vertinimo priimtinumas:

$W > 0,7$ ekspertinio vertinimo rezultatai yra tinkamai priimtini (ekspertai pakankamai vienareikšmiškai vertino scenarijų svarbą);

$W = 0,5 \dots 0,7$ ekspertinio vertinimo rezultatai yra patenkinami;

$W < 0,5$ ekspertinio vertinimo rezultatai yra nepatenkinami ir nepriimtini (ekspertai labai skirtingai reitingavo scenarijus).

Esant tinkamai priimtiniams ar patenkinamiems patikimumo įvertinimo rezultatams laikoma, kad scenarijų modeliavimas atliktas tinkamai. Priešingu atveju tikslinamos scenarijų formuluotės ir pakartotinai atliekamas scenarijų reitingavimas bei vertinamas patikimumas.

3.3. Avarijos metu iš tanklaivio išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimo metodai

Naujai suprojektuoto tanklaivio apsaugos nuo taršos lygio įvertinimui TJO yra aprobavusi dvi metodikas – tikimybinę [29], bei supaprastintą tikimybinę naftos išsiliejimo iš tanklaivio metodiką (toliau – supaprastinta tikimybinė metodika) [26, 44]. Abi metodikos remiasi tanklaiviais pervežamo krovinio išsiliejimų, bei juos lėmusių pažeidimų statistika, apibendrinta empirinėmis tikimybių pasiskirstymo funkcijomis [41, 42]. Šios funkcijos naudojamos nustatant tikėtiną iš tanklaivio išsiliejusios naftos kiekį įvykus susidūrimui ar užplaukimui ant seklumos. Pripažįstama, kad patogesnė bei paprastesnė naudojimui yra supaprastinta tikimybinė metodika. Ši metodika remiasi principu, pagal kurį įvykus tanklaivio avarijai vidutinis naftos išsiliejimas O , m^3 , lygus sumai sandaugų tarp visų krovinių talpų tūrių bei jų pažeidimų tikimybių:

$$O = \sum_{i=1}^n p_i v_i , \quad (3.10)$$

čia: p_i – i – tosios tanklaivio krovinių talpos pažeidimo tikimybė; v_i – i – osios tanklaivio krovinių talpos tūris, m^3 ; n – tanklaivio krovinių talpų skaičius.

Kiekvienos tanklaivio krovinių talpos pažeidimo, įvykus avarijai, tikimybės skaičiuojamos šoniniams pažeidimams bei dugno pažeidimams, pagal 2.1 ir 2.2 formules. Pažeidimų tikimybėms įvertinti naudojamos formulės, lentelių bei grafikų pavidalu [44, 26] pateiktos tikimybių pasiskirstymo funkcijos, sudarytos bei aprobuotos Tarptautinės jūrų organizacijos.

Skaičiuojant vidutinį išsiliejusio krovinių kiekį dėl šoninių pažeidimų, daromos tos pačios prielaidos kaip ir tikimybinėje bei supaprastintoje tikimybinėje metodikose [29, 26, 44], – laikoma, kad įvykus talpos šoniniam pažeidimui, išsilies visas pažeistoje talpoje gabenamas krovinsys. Jei nėra tikslesnių duomenų, priimame, kad avariją patiriantis tanklaivis yra pilnai pakrautas, t.y. jo talpos yra užpildytos 98 % tūrio. Atliktų tyrimų su įvairių konstrukcijų tanklaiviais rezultatai [41, 44] rodo, kad tanklaiviai, turintys įrengtas dvi išilgines pertvaras krovinių talpų zonoje (2.6 c ir d pav.), užtikrina geresnį taršos pervežamų krovinių, įvykus šoniniam pažeidimui, prevencijos lygį, negu visų kitų konstrukcijų tanklaiviai. Atsižvelgiant į rekomendacijas [44, 26, 99], tanklaiviams, turintiems dvi išilgines pertvaras krovinių talpų zonoje, taikomas tikėtina avarijos metu išsiliejusį naftos kiekį mažinantis koeficientas 0,77. Visiems kitiems tanklaiviams šis koeficientas prilyginamas vienetui. Vidutinis iš tanklaivio išsiliejęs naftos kiekis dėl patirtų šoninių pažeidimų O_{MS} , m^3 , apskaičiuojamas [44, 99]:

$$O_{MS} = C_3 \sum_{i=1}^n P_{S(i)} O_{S(i)}, \quad (3.11)$$

čia: $P_{S(i)}$ – i – osios krovinių talpos pažeidimo tikimybė, įvykus šoniniam tanklaivio korpuso pažeidimui; $O_{S(i)}$ – išsiliejęs naftos kiekis m^3 iš i – osios krovinių talpos, įvykus šoniniam tanklaivio pažeidimui, lygus $0,98V_i$; C_3 – išilginių pertvarų korekcijos koeficientas (žr. paaiškinimus aukščiau).

Skaičiuojant vidutinį išsiliejusio krovinių kiekį dėl šoninių pažeidimų, vadovaujamasi šaltiniuose [44, 26] pateikiama metodika, pagal kurią vidutinis iš tanklaivio išsiliejęs naftos kiekis dėl patirtų dugno pažeidimų O_{MB} , m^3 apskaičiuojamas:

$$O_{MB} = \sum_{i=1}^n P_{B(i)} O_{B(i)} C_{DB(i)}, \quad (3.12)$$

čia: $P_{B(i)}$ – i – osios krovininės talpos pažeidimo tikimybė, įvykus tanklaivio korpuso dugno pažeidimui; $O_{B(i)}$ – iš i – osios krovininės talpos išsiliejęs naftos kiekis, m^3 , įvykus tanklaivio korpuso dugno pažeidimui; $C_{DB(i)}$ – korekcijos koeficientas. Krovininėms talpoms, kurias nuo tanklaivio dugno skiria ertmė (dvigubas dugnas), $C_{DB} = 0.6$, kitais atvejais (tanklaiviams, kuriuose krovinio talpos turi horizontalią išilginę pertvarą, žr. 2.6 a pav.) $C_{DB} = 1$.

Atlikti tyrimai [41] rodo, kad vidutinis išsiliejusios naftos kiekis iš dugno pažeidimus patyrusio tanklaivio O_{MB} , m^3 priklauso nuo vandens lygio pokyčių tanklaiviui esant ant seklumos:

$$O_{MB} = 0.7O_{MB(tc=0)} + 0.3O_{MB(tc=x)}, \quad (3.13)$$

čia: $O_{MB(tc=0)}$, išsiliejusios naftos kiekis iš dugno pažeidimus patyrusio tanklaivio, kuomet vandens lygis po avarijos (užplaukimo ant seklumos) nepakito, m^3 ; $O_{MB(tc=x)}$, išsiliejusios naftos kiekis iš dugno pažeidimus patyrusio tanklaivio kuomet vandens lygis po avarijos (užplaukimo ant seklumos) sumažėjo x metrų, m^3 .

Tanklaiviui užplaukus ant seklumos ir dėl to pažeidus dugną, dėl krovinio ir vandens hidrostatinio slėgio balanso visas krovinys į aplinką neišteka. Likęs krovinio lygis pažeistoje krovininėje talpoje h_c , m, nustatomas pagal [44]:

$$h_c = [(d_s + t_c - Z_l)\rho_s - 1000p/g]/\rho_n, \quad (3.14)$$

čia: d_s – tanklaivio grimzlė, m; t_c – vandens lygio pasikeitimas, m; Z_l – mažiausias atstumas tarp laivo dugno ir dugno pertvaros; ρ_s – jūros vandens tankis, kg/m^3 ; p – inertinių dujų viršslėgis krovininėse talpose, KPa; ρ_n – pervežamo krovinio (naftos ar jos produktų) tankis, kg/m^3 ; g – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 .

Naudojant supaprastintą tikimybinę metodiką, reikia žinoti visų tanklaivyje įrengtų krovininių talpų tūrius bei kiekvienos iš šių talpų pažeidimų tikimybes. Pastarųjų reikšmės nustatomos pagal pagrindinius tanklaivio korpuso matmenis bei parametrus, apibūdinančius kiekvienos iš krovininių talpų padėtį tanklaivio korpuso atžvilgiu. Tačiau šiuos tanklaivio konstrukcinius duomenis daugumoje atvejų gali pateikti tik laivo savininkas ar statytojas, o tokiau atveju nebūtų pasiektas vienas iš pagrindinių išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimui keliamų tikslų – galimų avarinės taršos mastų prognozavimo operatyvumas.

3.4. Modifikuota išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimo metodika

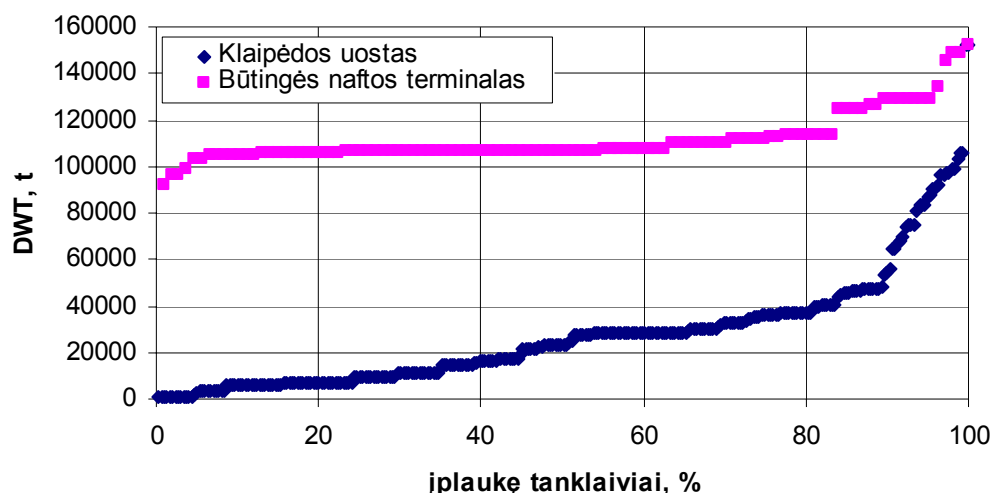
Siekiant užtikrinti operatyvius ir kiek įmanoma patikimesnius išsiliejusios naftos kiekio įvertinimus pagal pirminę informaciją apie incidentą, reikėtų turėti galimybę pasinaudoti aukščiau aprašytais TJO aprobuotais metodais, tačiau operuojant tik labai ribotais duomenimis apie tanklaivio avarijos aplinkybes. Tai būtų įmanoma, jeigu konkretizuotume incidento rajoną ar vietą. Tokiu atveju nemaža dalis duomenų (tanklaivių tipai ir dydžiai, gabenamų naftos produktų charakteristikos, hidrografinės avarijos rajono sąlygos) būtų iš anksto žinomi ir galėtų būti įvesti į avarijos raidos scenarijaus algoritmą.

Krovininių talpų parametrų nustatymo pagal korpuso konstrukcinį tipą bei pagrindinius laivo duomenis modelis

Siekiant sumažinti išsiliejimo mastų skaičiavimams reikalingų įvesties duomenų apie avariją patyrusį tanklaivį apimtį, darome dvi prielaidas, – tiriamame jūros regione naftą pervežančių tanklaivių tipažas yra ribotas, jų dydžių ir talpų geometrinės charakteristikos panašios. Todėl tyrimui buvo pasirinkti 16 skirtingų įvairios korpuso konstrukcijos, dydžių bei tipų tanklaiviai, 2003–2005 metais įplaukę į Klaipėdos uostą bei Būtingės naftos terminalą, bei 15 kitų tanklaivių, eksploatuojamų Baltijos jūroje, žr. 3.4 lentelę (šių tanklaivių konstrukcijos charakteristikos paimitos iš šaltinių [81, 41, 42, 49]).

3.4 lentelė. Tyrimui naudotų tanklaivių dydžiai ir korpuso konstrukcijos tipai bei 2003–2005 metais į Klaipėdos uostą ir į Būtingės naftos terminalą įplaukusių tanklaivių procentas

Tanklaivio dedveitas, t	Viengubo korpuso	Dvigubo borto	Dvigubo korpuso	Tanklaivių, įplaukusių į Klaipėdos uostą 2004–2005 metais procentas*,	Tanklaivių, įplaukusių į Būtingės naftos terminalą 2004–2005 metais procentas*
0 – 5000	–	–	–	8	0
5000 – 35000	6	–	7	63	0
35000 – 80000	2	1	2	21	0
80000 – 155000	5	2	6	8	100
Iš viso	13	3	15	100	100
* Apskaičiuota pagal Lietuvos saugios laivybos administracijos laivybos kontrolės skyriaus duomenis, žr. 3.2 pav.					



3.2 pav. 2004–2005 metais į Klaipėdos uostą ir į Būtingės naftos terminalą įplaukusių tanklaivių procentas pagal dedveitą (išdėstyta dedveito didėjimo tvarka)

Tyrimu siekta įvertinti, ar žinant konkretaus tanklaivio korpuso pagrindinius matmenis, bendrą krovininių talpų tūrį V_{Σ} , krovininių talpų išsidėstymo schemą, pastatymo metus bei kitas pagrindines charakteristikas, operatyviai prieinamas „Equasis“, „LR Fairplay“ ar kitose Internetinėse duomenų bazėse (pagrindinius tanklaivio duomenis), galima nustatyti tipines parametrų, reikalingų supaprastintai tikimybinei metodikai taikyti reikšmes, ir jei įmanoma, tai nustatyti šių parametrų bei pagrindinių tanklaivio duomenų tarpusavio priklausomybes.

Siekiant įvertinti parametrų, apibūdinančių tanklaivio talpų ilgio bei jų padėties korpuso atžvilgiu išilgai vaterlinijos priklausomybę nuo pagrindinių tanklaivio duomenų, atlikta įvairių dydžių bei tipų tanklaivių konstrukcijų analizė. Analizės rezultatai parodė, kad tanklaivių krovininių talpų ilgiai yra vienodi, t.y. skirtumas $x_{f(i)} - x_{a(i)}$ to paties tanklaivio visoms krovininėms talpoms yra pastovus dydis (2.4 a. pav.):

$$x_{f(i)} - x_{a(i)} = \frac{L_T}{n_{i\bar{s}}}, \quad (3.15)$$

čia: $n_{i\bar{s}}$ – vienoje išilginėje eilėje esančių tanklaivio krovininių talpų skaičius; L_T – vienoje išilginėje eilėje esančių tanklaivio krovininių talpų suminis ilgis, m, nustatomas pagal (3.16) lygybę,

$$L_T = L_{\perp} - (L_p + L_m), \quad (3.16)$$

čia: $L_{\perp}$ – laivo ilgis tarp statmenų, m; L_p – atstumas nuo arčiausiai tanklaivio laivapriekio esančios krovininės talpos priekinės pertvaros iki statmens, išvesto per vaterlinijos priekinę dalį, m; L_m – atstumas nuo arčiausiai tanklaivio laivagalio esančios krovininės talpos galinės pertvaros iki statmens, išvesto per vaterlinijos galinę dalį, m.

Kadangi atstumai L_m ir L_p labiausiai koreliuoja su tanklaivio dedveitu bei ilgiu [81, 41, 42, 49], ištirtos šių atstumų priklausomybės nuo $L_{\perp}$, nurodytiems tanklaiviams, o tyrimų rezultatai sugrupuoti pagal dedveitą (3.5 lentelė).

3.5 lentelė. Parametrų L_m , L_p ir L_t reikšmės 3.4 lentelėje nurodytiems skirtingo tonažo tanklaiviams

Tanklaivio dedveitas, t	L_m	L_p	L_t
5000 – 35000	$(0,23 - 0,25) L_{\perp}$	$(0,07 - 0,05) L_{\perp}^*$	$(0,68 - 0,72) L_{\perp}$
35000 – 50000	$(0,21 - 0,23) L_{\perp}$	$(0,06 - 0,05) L_{\perp}^*$	$(0,71 - 0,74) L_{\perp}$
50000 – 80000	$(0,20 - 0,22) L_{\perp}$	$(0,06 - 0,05) L_{\perp}^*$	$(0,72 - 0,75) L_{\perp}$
80000 – 150000	$(0,19 - 0,20) L_{\perp}$	$0,05 L_{\perp}$	$(0,75 - 0,76) L_{\perp}$
*didesnio dedveito tanklaivius atitinka mažesnės intervalo skaičių reikšmės			

Tyrimais nustatyta [15], kad bet kurios i – tosios talpos (išskyrus priekines talpas) pažeidimo tikimybė nedaug priklauso nuo šios talpos formos nuokrypių, lyginant su stačiakampės prizmės forma. Tai aiškinama tuo, kad šie formų nuokrypiai visais atvejais yra nežymūs ir lemia tik nežymius nuokrypius nuo vidutinių atstumų tarp laivo dugno ir talpos dugno pertvaros Z_l bei laivo borto ir kraštinės talpos, esančios arčiausiai laivo borto, šono Y_s . Taip pat nustatyta, kad tanklaivių, kurių talpos išilgai išdėstytos viena arba dviem eilėmis, parametrų skirtumas $Y_{p(i)} - Y_{s(i)}$ (2.4 b pav.) visoms talpoms (išskyrus priekines bei galines talpas) yra pastovus dydis. Minėto skirtumo nuokrypiai priekinėms ir galinėms talpoms, kaip parodė tolimesnis tyrimas, duoda nežymias paklaidas galutiniam rezultatui. Neturint duomenų apie tanklaivio talpų plotį, jiems apskaičiuoti vadovaujamasi 2.5 pav. pateikta schema.

Neturint duomenų apie tanklaivio krovinių talpų dugno pertvarų horizontalumą, darome prielaidą, kad šios pertvaros yra horizontalios. Tokiu atveju parametrų y , y_s , y_p (2.4 a pav.) nustatyti pakanka žinoti atstumą tarp dvigubo borto (tik dvigubo borto bei dvigubo korpuso tanklaiviams), laivo plotį bei krovinių talpų išdėstymo schemą.

Priešakinėje eilėje esančių talpų formos paprastai gerokai skiriasi nuo likusių tanklaivio talpų formų. Todėl buvo atlikta įvairių konstrukcijų tanklaivių (3.4 lentelė) priešakinių talpų formų analizė ir įvertintas ryšys tarp parametrų y ir y_s (3.6 lentelė, 2.4 b pav.). Visoms kitoms talpoms, išskyrus priešakines, priimama sąlyga $y = y_s$. Verta atkreipti dėmesį, kad 3.6 lentelėje nurodyti gana platūs parametro y_s kitimo diapazonai (iki 20 %). Skaičiavimai su skirtingomis y reikšmėmis tam pačiam tanklaiviui parodė [15], kad tokie žymūs šio parametro nuokrypiai labai mažai įtakoja galutinį rezultatą, – apskaičiuotas išsiliejusios naftos kiekis prie kraštinių intervalo skaitinių reikšmių kinta tik iki 0,5 %.

3.6 lentelė. Parametro y nustatymas pagal parametą y_s priešakinėms talpoms

Priešakinė talpa	Tanklaiviai, kurių talpos išdėstytos išilgai viena eile	Tanklaiviai, kurių talpos išdėstytos išilgai dviems eilėmis	Tanklaiviai, kurių talpos išdėstytos išilgai trimis eilėmis
Kairiojo borto pusėje	–	$y = (0,75 - 0,85)y_s$	$y = (0,60 - 0,70)y_s$
Viduryje	$y = (0,70 - 0,80)y_s$	–	$y = (0,40 - 0,60)y_s$
Dešiniojo borto pusėje	–	$y = (0,75 - 0,85)y_s$	$y = (0,75 - 0,85)y_s$
Pastaba: mažesnės intervalų reikšmės parenkamos tanklaiviams, kurių forma laivapriekyje yra labiau iškreivėjusi			

Bet kurios i – *tosios* tanklaivio krovininės talpos pradinis tūris V_{ip} , m^3 gali būti apskaičiuojamas kaip pastarosios ilgio, aukščio pločio bei šią talpą atitinkančio tūrinio pilnumo koeficiento sandauga:

$$V_{ip} = C_i (x_{f(i)} - x_{a(i)}) (y_{p(i)} - y_{s(i)}) (z_{u(i)} - z_{l(i)}), \quad (3.17)$$

čia: C_i – i – *tosios* krovininės talpos tūrinis pilnumo koeficientas.

Išanalizavus įvairių konstrukcijų tanklaivių (įskaitant ir tanklaivius su dviem išilginėmis pertvarom) krovinių talpų formas, nustatyta, kad tanklaivių krovininės talpos, išskyrus priekines bei galines talpas, turi prizmės arba labai artimą prizmei, kurios sienelės yra stačiakampiai, formą (žr. 2.6 pav.). Šioms talpoms $C_i = 1$.

Priekinių bei galinių tanklaivio krovinių talpų tūriams įvertinti (tūriniam pilnumo koeficientams nustatyti) ištirta 15 skirtingo tonažo bei konstrukcijų tanklaivių. Tyrimo rezultatai parodė, kad nežiūrint į gana plačią tanklaivių konstrukcijų įvairovę, atitinkamoms tanklaivių grupėms, kurias charakterizuoja dedveitas bei krovinių talpų išsidėstymo schema (2.6 pav.), galima priskirti tūrinio pilnumo koeficientų intervalus (3.7 lentelė). Tūrinio pilnumo koeficientų intervalų reikšmės tam pačiam tanklaiviui gali skirtis iki 10 %, tačiau tokios variacijos gali lemti nustatytąsias tikėtino išsiliejusio naftos kiekio paklaidas tik iki 1,5 %. Didesnės 3.7 lentelėje nurodytos tūrinio pilnumo koeficientų vertės parenkamos tada, kai yra duomenų, kad tanklaivio laivapriekio ar laivagalio forma yra labiau išlenkta. Neturint apie tai duomenų, imamas lentelėje pateiktųjų pilnumo koeficientų vidurkis. Baržoms tūrinis pilnumo koeficientas visoms joje esančioms krovininėms talpoms priimamas $C_i = 1$.

Pagal (3.17) lygtį nustačius pradinius tūrius kiekvienai tanklaivio talpai V_{ip} , nustatomi patikslinti kiekvienos krovininės talpos tūriai V_i :

$$V_i = \frac{V_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n V_{ip}} V_{ip}, \quad (3.18)$$

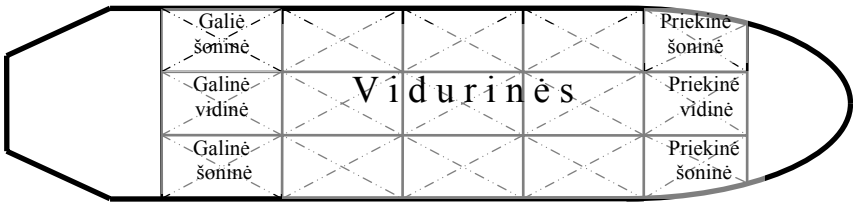
čia: V_{Σ} – bendras tanklaivio krovinių talpų tūris, nurodomas kaip viena iš tanklaivio pagrindinių charakteristikų; n – krovinių talpų skaičius.

Tuo būdu užtikrinama, kad V_{Σ} lygus visų patikslintų krovinių talpų tūrių sumai:

$$V_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n V_i. \quad (3.19)$$

3.7 lentelė. Įvairių tanklaivių krovinių talpų tūriniai pilnumo koeficientai

Tanklaivio konstrukcinis tipas		Krovinių talpos	5000–35000 DWT	35000–100000 DWT	Virš 100000 DWT
Tanklaiviai be horizontalios išilginės pertvaros krovinių talpose	Tanklaiviai, neturintys išilginių pertvarų krovinių talpose	Priekinė	0,68 – 0,72	0,70 – 0,78	0,71 – 0,78
		Vidurinės	1	1	1
		Galinė	0,89 – 0,93	0,90 – 0,94	0,91 – 0,95
	Tanklaiviai, turintys vieną išilginę pertvarą krovinių talpose	Priekinės	0,69 – 0,74	0,70 – 0,79	0,72 – 0,81
		Vidurinės	1	1	1
		Galinės	0,89 – 0,93	0,90 – 0,93	0,91 – 0,93
	Tanklaiviai, turintys dvi išilgines pertvaras krovinių talpose, (2.6 c ir d pav.)	Priekinės šoninės	0,63 – 0,73	0,65 – 0,75	0,67 – 0,77
		Priekinė vidinė	0,80 – 0,88	0,81 – 0,89	0,82 – 0,90
		Vidurinės	1	1	1
		Galinės šoninės	0,80 – 0,88	0,81 – 0,89	0,83 – 0,91
		Galinė vidinė	0,90 – 0,96	0,91 – 0,97	0,92 – 0,98
Tanklaiviai su horizontalia išilgine pertvara krovinių talpose (2.6 a ir b pav.)	Tanklaiviai, neturintys išilginės vertikalios pertvaros krovinių talpose, (2.6 a pav.)	Viršutinės talpos	Priekinė	0,78 – 0,82	0,79 – 0,83
			Vidurinės	1	1
			Galinė	0,94 – 0,96	0,95 – 0,97
		Apatinės talpos	Priekinė	0,60 – 0,64	0,62 – 0,66
			Vidurinės	1	1
			Galinė	0,85 – 0,89	0,86 – 0,90
	Tanklaiviai, turintys vieną išilginę vertikalią pertvarą krovinių talpose, (2.6 b pav.)	Viršutinės talpos	Priekinės	0,79 – 0,84	0,80 – 0,85
			Vidinės	1	1
			Galinės	0,95 – 0,96	0,96 – 0,97
		Apatinės talpos	Priekinė	0,60 – 0,64	0,62 – 0,66
			Vidurinės	1	1
			Galinė	0,85 – 0,89	0,86 – 0,90



Tanklaivio su dviem išilginėmis pertvarom krovinių talpų pavadinimai, naudojami lentelėje

Atlikus tanklaivio krovinių talpų tūrio skaičiavimus su 15 tanklaivių aprašytuoju metodu, gautos apskaičiuoto krovinių talpų tūrio rezultatų paklaidos sudaro 2 – 7,5 %, lyginant su tanklaivių statytojų pateiktais duomenimis. Tokios tūrio paklaidos lemia apskaičiuoto išsiliejusios naftos kiekio paklaidas iki 2,5 % [15].

Aprašytos prielaidos bei supaprastinimai leidžia pagal pagrindinius tanklaivio parametrus suformuoti pradinį duomenų bloką, būtiną supaprastintai tikimybinei metodikai taikyti. 3.8 lentelėje pateikiami šio duomenų bloko formavimo principai.

3.8 lentelė. Pradinio duomenų bloko formavimui naudojami parametrai ir jų įvertinimo metodai

Parametrai, kurie be pagrindinių laivo duomenų reikalingi supaprastintai tikimybinei metodikai taikyti (pradinį duomenų bloką formuojantys parametrai)		Parametrų apskaičiavimo metodas	Laivo pagrindiniai duomenys reikalingi parametrų apskaičiavimui
Krovinių talpų ilgis, padėtis išilgai vaterlinijos	$x_{f(i)}, x_{a(i)}, L_m, L_p$	3.15 – 3.16 formulės, 3.5 lentelė	$DWT, n_{iš}, L_{\perp}$
Krovinių talpų plotis, padėtis skersai vaterlinijos	$y_{(i)}, y_{p(i)}$	3.6 lentelė	K_s^*, y_s, B_s
Krovinių talpų aukštis, padėtis statmenai vaterlinijos	Pakanka pagrindinių laivo duomenų	–	D_s, z_l
Krovinių talpų tūris	V_i	3.7 lentelė, 3.17 – 3.19 formulės	K_s^*, V_{Σ}
*Krovinių talpų išdėstymo schema			

Duomenų bloką formuojantys parametrai gali būti tikslinami gavus papildomos informacijos apie tanklaivio konstrukciją ar avarijos aplinkybes, tuo būdu geriau užtikrinant galutinio rezultato patikimumą. Toks modifikuotas TJO aprobuotos supaprastintos tikimybės naftos išsiliejimo iš tanklaivio įvertinimo metodikos variantas (modifikuotos metodikos modelis) skirtas ypač operatyviam išsiliejimo mastų prognozavimui pagal labai ribotus pradinius duomenis apie tanklaivio incidentą, įvykusį Lietuvos naftos terminalų (Klaipėdos, Būtingės) operatyvinėse zonose ir jų prieigose. Aprašytos modifikuotos metodikos taikymo schema bei šios metodikos taikymo principai pateikiami 3.3 pav. Metodikos taikymui MS „Excel“ aplinkoje sukurtas kompiuterinis skaičiavimo algoritmas, leidžiantis itin operatyviai atlikti skaičiavimus ir tikslinti tanklaivio konstrukcinius duomenis bet kuriame metodikos taikymo etape. Skaičiavimo algoritmo taikymo fragmentas MS „Excel“ aplinkoje pavaizduotas 3.4 pav.

Į algoritmą įvedus 3.3 pav. nurodytus tanklaivio konstrukcinius duomenis gaunamas tikėtinas vidutinis naftos išsiliejimas dėl šoninių pažeidimų O_{MS} , bei tikėtinas vidutinis naftos išsiliejimas dėl dugno pažeidimų, O_{MB} .

Atsižvelgiant į pasaulinius statistinius duomenis (pastarieji rodo, kad 40 % tanklaivių avarijų įvyksta tanklaiviams susidūrus ir 60 % – užplaukus ant seklos) naftos išsiliejimo skaičiavimuose naudojamas vidutinis naftos išsiliejimo kiekis O_M , m³ kuris lygus:

$$O_M = 0.4O_{MS} + 0.6O_{MB} . \quad (3.20)$$

Naftos išsiliejimo skaičiavimuose taip pat naudojamas vidutinis naftos išsiliejimo parametras $O_M/0,98V_{\Sigma}$, kuris parodo tikėtiną vidutinę pervežamos naftos ar jos produkto dalį, kuri gali išsiliesti tanklaiviui patyrus avariją.

Metodikos patikimumo įvertinimas

Naudojant modifikuotą metodiką atlikti skaičiavimai su tanklaiviais, kurių tikėtini išsiliejusios naftos kiekiai yra apskaičiuoti žinant tikslus tanklaivio konstrukcinius duomenis (3.9 lentelė). Gauta parametro O_M paklaida, lyginant su skaičiavimų rezultatais naudojant tikslus tanklaivio konstrukcinius duomenis ir taikant supaprastintą tikimybinę metodiką [44, 26], sudaro nuo 3 iki 18 %. Būtina pažymėti, kad lyginant tikėtinius išsiliejusios naftos kiekius, nustatytus pagal tikimybinę ir supaprastintą tikimybinę metodikas, gautų rezultatų paklaidos siekia 22 %, nežiūrint į tai, kad yra naudojamos tiksliais tanklaivių konstrukciniais duomenimis (TJO savo rekomendacijose tokias paklaidas leidžia). Apskaičiavus šiais dviem metodais nustatytų parametru O_M aritmetinius vidurkius ir juos palyginus su rezultatais, gautais naudojant disertacijoje siūlomą modifikuotą metodiką, nustatyta, kad gauta paklaida neviršija 7 %. Lyginant O_{MS} ir O_{MB} parametrus, gautus taikant šiuos metodus, pastebima didesnė paklaida. Pagal TJO rekomendacijas [26] parametru O_{MS} ir O_{MB} reikšmės, nustatytos taikant tikimybinę metodiką, labiau atitinka tikrovę. Todėl atliekant išsiliejusios naftos kiekio įvertinimus naudojant supaprastintą tikimybinę prognozavimo metodiką (nustatant parametrus O_{MS} ir O_{MB} atskirai), didesnės talpos tanklaiviams parametru O_{MB} tikslinga koreguoti, jį padidinant 10 – 15 %, o parametru O_{MS} atitinkamai sumažinti, tačiau taip, kad O_M liktų nepakitęs.

3.9 lentelė. Skirtingais metodais nustatyti naftos išsiliejimo parametrai įvairios korpuso konstrukcijos bei tonažo tanklaiviams

Pradinių duomenų, reikalingų išsiliejusios naftos kiekiui nustatyti naudojant modifikuotą metodiką, blokas (pradiniai duomenys, papildomai reikalingi norint pasinaudoti kitomis lentelėje nurodytomis metodikomis, čia nenurodyti)									Skaičiavimų rezultatai			
Tanklaivio DWT, t	Talpų išdėstymas	y_s , m	z_l , m	L , m	B_s , m	d_s , m	D_s , m	$0,98V_\Sigma$, m ³	O_{MS}^1 , m ³	O_{MB}^2 , m ³	O_M^3	Skaičiavimo metodas ⁴
5000	6x2	1	1,1	95	16,5	6,20	8,30	5848	102	64	0,0135	1
									n/d	n/d	0,0120	2
									–	–	0,0127	3
									109,5	52,8	0,0126	4
5000	6x2	1,5	1,5	95	16,5	6,20	8,30	5848	65	49	0,0094	1
									n/d	n/d	0,0090	2
									–	–	0,0092	3
									65,3	40,0	0,0086	4
40000	5x2	2	2	170,2	30,96	11,72	17,03	46784	898	526	0,0144	1
									n/d	n/d	0,0130	2
									–	–	0,0137	3
									936	449	0,0137	4
60000	6x2	2	2	203,5	36	12,2	18	70175	1492	833	0,0156	1
									n/d	n/d	0,0120	2
									–	–	0,0138	3
									1523	661	0,0143	4
95000	6x2	2	2	235,2	41,8	13,79	19,8	111111	2758	1275	0,0168	1
									n/d	n/d	0,0150	2
									–	–	0,0159	3
									2874	994	0,0157	4
150000	6x2	2	2,32	264	48	16,8	24	175439	5018	1819	0,0177	1
									n/d	n/d	0,0160	2
									–	–	0,0168	3
									5338	1497	0,0173	4
300000	5x3	3,5	3	321,1	60	21,20	29,55	333200	n/d	n/d	n/d	1
									3806	2198	0,0085	2
									4195	2481	0,0095	3

¹ O_{MS} – vidutinis išsiliejusios naftos kiekis dėl tanklaivio šoninių pažeidimų, m³; ² O_{MB} – vidutinis išsiliejusios naftos kiekis dėl tanklaivio dugno pažeidimų, m³; ³ $O_M = (0.4O_{MS} + 0.6O_{MB})/0.98V_\Sigma$ – vidutinis naftos išsiliejimo parametras (parodo vidutinę tikėtiną išsiliejusio pervežamo krovinio dalį), žr. [44, 26]; ⁴Skaičiavimo metodikos: (1 – Tikimybinė metodika (duomenys iš „Herbert Engineering Corporation“ [81]); 2 – Supaprastinta tikimybinė metodika (duomenys iš [26]); 3 – Rezultatų, gautų naudojant 1 ir 2 metodikas aritmetinis vidurkis; 4 – Disertacijoje aprašyta modifikuota metodika).

3.5. Tanklaivių keliama avarinių naftos išsiliejimų incidentų rizika. Priemonės rizikai sumažinti

Yra žinoma nemažai rizikos apibrėžimų, tiek kokybinių, tiek ir kiekybinių, tačiau visi jų apjungia du rizikos aspektus: tikėtinumą (galimybę) ir pasekmes [82, 83, 84]. Pirmasis rizikos aspektas – tikėtinumas išreiškiamas įvykio tikimybės arba jo dažnio pasirodymo įverčiu. Kartu su klasikine įvykio tikimybės samprata rizikos įvertinime dažnai vartojama subjektyviosios tikimybės samprata, kuri apibūdina subjektyvią, dalinai priklausančią nuo vertintojo, įvykio galimybę. Subjektyvūs įverčiai naudojami rizikos vertinime, vertinant retų įvykių tikimybes, esant nepakankamai statistikai arba informacijos apie pavojingus reiškinius trūkumui [85]. Subjektyvių tikimybių įverčiai gali būti gaunami taikant ekspertinio vertinimo metodus. Bet kokios pavojų keliančios sistemos rizikos įvertinimas reikalingas įvertinant jos saugos lygį bei nustatant kaip nuo atskirų tos sistemos elementų priklauso rizikos vertė.

Taikant klasikinį rizikos įvertinimo metodą nustatomi potencialūs šią riziką įtakojantys veiksniai bei modeliuojami svarbiausi galimų incidentų scenarijai [86]. Po to vertinamos galimos šių sumodeliuotų incidentų scenarijų sukeltos pasekmės bei jų pasirodymo tikimybės. Rizikos laivyboje tyrimams plačiai naudojama formalaus saugumo įvertinimo metodika [61, 62, 22, 87, 88]. Metodika skirta tikslams, susijusiems su laivų avaringumo rizikos optimizavimu, optimaliausių techninių sprendimų kaštų ir efektyvumo požiūriu modeliavimu, pasiekti. Metodiką galima taikyti ir tais atvejais, kada nėra išsamių duomenų apie praeities įvykius bei norint ištirti, kokį poveikį laivų avaringumui gali turėti vienoks ar kitoks naujai įvestas laivo konstrukcijos patobulinimas ar kitoks pakeitimas, betarpiškai susijęs su laivo eksploatavimu. Ši metodika buvo taikyta atliekant sausakrūvių laivų saugos tyrimą [63, 89], siekiant parengti moksliniais tyrimais pagrįstas tarptautiniu mastu taikytinas priemones tokio tipo laivų saugai pagerinti. Buvo nustatyta, kad viena iš galimų priemonių sausakrūvių laivų saugai pagerinti – įvesti reikalavimą, ilgesnius nei 150 m. sausakrūvius laivus projektuoti su dvigubo korpuso konstrukcija.

Šis ir kiti panašūs tyrimai¹ paprastai reikalauja išsamios ir įvairiapusės analizės. Tačiau norint įvertinti riziką, būdingą nedideliame laivybos rajonui ar konkrečiam uostui bei konkrečiam galimam neigiamam padariniui, reikalingų pradinių duomenų ir pradinių tyrimų masyvas gerokai

¹ Sausakrūvių laivų saugos klausimas buvo pradėtas kelti po to, kai 1980 metais 281,94 metrų ilgio 1976 metais pastatytas sausakrūvis „Derbyshyre“ nuskendo su visa igula Ramiajame vandenyne patekęs į taifūną. Iki šiol ekspertai nesutaria dėl šio laivo praradimo priežasties. Vieni teigia, jog laivas lūžo pusiau dėl metalo nuovargio esant netobulai suprojektuotai korpuso konstrukcijai, kiti – jog audros metu bangoms nulaužus laivapriekyje esančius ventiliacijos vamzdžius į ten esančias patalpas pateko vanduo ir padidėjo laivo grimzlė. Dėl to padidėjo vandens poveikis triumų liukų dangčiams, o šie nebuvo apskaičiuoti tokiam bangų poveikiui. Dėl to, neatlaikius triumų liukų dangčiams vanduo užliejo priešakinius triumus ir laivas nuskendo.

sumažėja, nes atmetami konkrečiam laivybos rajonui bei konkrečiam neigiamam padariniui nebūdingi rizikos veiksniai.

Formalaus saugumo įvertinimo metodiką sudaro 5 etapai – pirmajame etape (pavojų nustatymas) nustatomi veiksniai, galintys turėti įtakos incidentui įvykti, modeliuojami galimi incidentų scenarijai. Analizei, priklausomai nuo analizuojamo pavojaus rūšies, gali būti pasitelkiami įvairūs metodai – „gedimų medžio“ analizės metodas, „įvykių medžio“ analizės metodas, „Kas jei“ analizės metodas ir kiti [22, 63, 89]. Įvertinama šių veiksmų bei su jais susijusių scenarijų santykinė rizika, apibūdinamos galimų incidentų priežastys bei pasekmės. Antrajame etape (rizikos analizė) detalai analizuojama pirmajame etape nustatytų pačią didžiausią riziką keliančių scenarijų priežastys bei pasekmės. Tuo būdu nustatomos didžiausią riziką keliančios sritys, kurių atžvilgiu priimtas tinkamas sprendimas duotų teigiamų rezultatų rizikos sumažinimui. Trečiajame etape modeliuojami rizikos valdymo variantai, įvertinamas kiekvieno jų efektyvumas. Ketvirtajame etape atliekama sumodeliuotų rizikos valdymo variantų tyrimai kaštų ir efektyvumo požiūriu. Pagal šių tyrimų rezultatus paskutiniame metodikos taikymo etape parengiamos rekomendacijos sprendimų, mažinančių tirto objekto riziką, priėmimui.

Tanklaivių eksploatavimas bet kuriame laivybos rajone visada susijęs su aplinkos užteršimo pervežamu kroviniu (nafta, jos produktais ar kitokiomis taršiomis medžiagomis) rizika. Pagal klasikinę rizikos apibrėžimą veiksniai, įtakojančius naftos išsiliejimų incidentų riziką, galima suskirstyti į dvi grupes – veiksniai, lemiančius naftos išsiliejimo incidento įvykimą, bei veiksniai, nuo kurių priklauso tokio incidento sukeltos pasekmės. Skaitmeniniu būdu išreikštą naftos išsiliejimo incidento riziką vadinsime rizikos indeksu R , kurį galima apibūdinti:

$$R = D \times P, \quad (3.21)$$

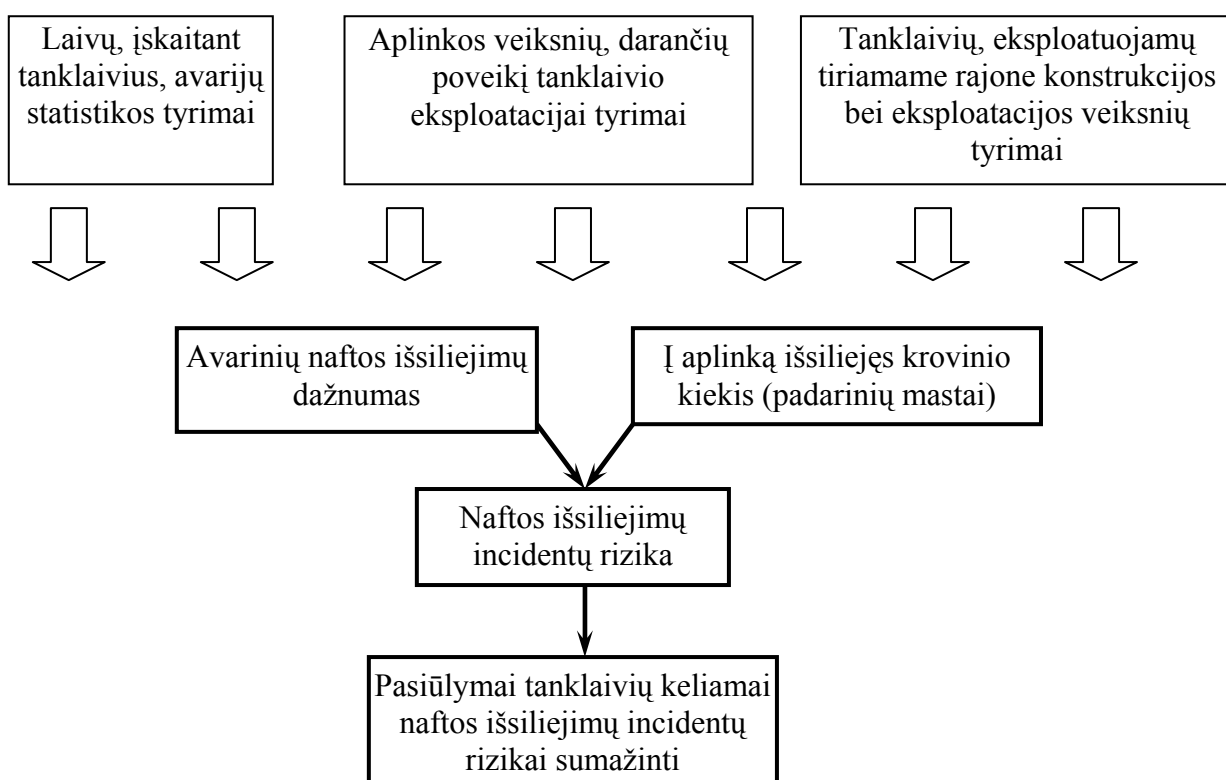
čia: D – avarinio naftos išsiliejimo incidento dažnumą apibūdinantis parametras; P – parametras, apibūdinantis avarinio naftos išsiliejimo incidento sukeltas pasekmes.

Avarinio naftos išsiliejimo incidento dažnumą apibūdinančiam parametrui D įvertinti naudosime viename iš ankstesnių disertacijos skyrių aprašytą avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės prognozavimo metodiką, o parametras P vertinsime avarijos metu išsiliejusio krovinio (naftos ar jos produktų) kiekiu, kurio prognozavimui naudojama modifikuota išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimo metodika.

Ankstesniuose skyriuose atlikti teoriniai tyrimai bei parengtos metodikos sudaro galimybę šiuos riziką apibūdinančius parametrus įvertinti matematiškai. Šiuos parametrus vertinant kompleksiskai galima nustatyti, kuris jų turi didesnę poveikį rizikos lygiui. Tai leidžia racionaliai ir efektyviai parinkti priemones, mažinančias tanklaivių keliamą naftos išsiliejimų incidentų riziką.

Vienas iš labai svarbių kriterijų atliekant bet kurios sistemos rizikos tyrimus yra saugos lygio pakankamumas [90]. Pavyzdžiui, Nyderlandų teisės aktais nustatytas priimtinas rizikos lygis, kuris apskaičiuojamas kaip avarijos dažnio per metus ir galimų aukų skaičiaus sandauga, turi būti mažesnis už 0,01 [85]. Kalbant apie tanklaivių, transportuojančių naftą ar kitokias taršias medžiagas keliamą riziką aplinkai, jokių standartų, reglamentuojančių priimtina rizikos lygį nustatyta nėra, todėl šioje disertacijoje atliekamais tyrimais siekiama išsiaiškinti tik racionaliausias bei efektyviausias priemones, galinčias šią riziką sumažinti.

3.5 pav. pateikiama tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikos tyrimo schema, pagal kurią rizikos vertinimas atliekamas remiantis ankstesnėse disertacijos skyriuose pateiktomis avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybės prognozavimo (naudojama avarinės taršos įvykio dažnumui prognozuoti), bei modifikuota išsiliejusio krovinio kiekio įvertinimo (naudojama po avarijos išsiliejusio kiekiui nustatyti) metodikomis. Schemos viršutinėje dalyje nurodoma kokie tyrimai buvo reikalingi šioms metodikoms parengti bei joms taikyti.



3.5 pav. Tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikos tyrimo schema

Galimi avarinių teršalų išsiliejimų iš avariją patyrusio tanklaivio mastai konkrečiame laivybos rajone vertinami atlikus tanklaivių, eksploatuojamų tiriamame rajone konjunktūros tyrimus, kurie be kita ko turi apimti ir prognozuojamus naftos pervežimų mastus bei šioms

pervežimams numatomų naudoti tanklaivių technines charakteristikas. Svarbu pažymėti, kad padarinių mastų vertinimui pasirinktas subjektyvusis pasekmių vertinimo parametras – į aplinką išsiliejęs tanklaiviu gabenamo krovinio kiekis. Tačiau pagal šį parametą įvertinus eilę kitų veiksmų, pasekmės aplinkai galėtų būti įvertintos ir objektyviau parametru, pavyzdžiui, pinigine išraiška [91]. Kadangi tam tikras iš tanklaivio išsiliejęs naftos kiekis gali sukelti labai skirtingas pasekmes aplinkai ir priklauso nuo avarijos rajono, turimų naftos surinkimo priemonių, jų panaudojimo operatyvumo ir efektyvumo, vėjo stiprumo ir krypties, vandens tėkmės ir daugelio kitų veiksmų, tokį vertinimą turėtų atlikti ekspertai. Ekspertai, dalyvaujantys tokiame vertinime turėtų išmanyti tiriamame laivybos rajone esančios pakrantės, įskaitant uostus, ypatumus, geografinę bei ekologinę specifiką, žinoti, kokia kovos su tarša infrastruktūra bei priemonėmis disponuoja pakrantės valstybės kompetentingos institucijos, suvokti šių priemonių galimybes kovojant su įvykusi užteršimu.

Vertinant pasirinkto objekto laivyboje riziką, formalaus saugumo įvertinimo metodikoje [22] rekomenduojamas rizikos vertinimo metodas, kurį taikant įvykio dažnumas bei sukeltos pasekmės išreiškiamos atitinkamais parametrais, – įvykio dažnumo logaritminiu indeksu $\text{Log } D$ ir pasekmių mastų logaritminiu indeksu $\text{Log } P$. Įvykių dažnumo logaritminis indeksas, žinant įvykio pasirodymo dažnumą (periodiškumą), randamas pagal 3.10 lentelę, arba pagal formulę:

$$\text{Log } D = \text{Log } \frac{10^4}{T}, \quad (3.22)$$

čia: T – avarinio naftos išsiliejimo incidento tiriamame laivybos rajone pasirodymo periodas, metais.

3.10 lentelė. Avarinių naftos išsiliejimų dažnumo vertinimo matrica

Avarinio naftos išsiliejimo pasirodymas	Apibūdinimas	Įvykių dažnumo logaritminis indeksas ($\text{Log } D$)
Retas	Tiriamame laivybos rajone gali įvykti ne dažniau kaip kartą per 1000 metų	1
Įmanomas	Tiriamame laivybos rajone gali įvykti 1 ar daugiau kartų per 100 metų	2
Galimas	Tiriamame laivybos rajone gali įvykti 1 ar daugiau kartų per 10 metų	3
Dažnas	Tiriamame laivybos rajone gali įvykti 1 ar daugiau kartų per metus	4

Pasekmių mastų logaritminis indeksas $\text{Log } P$ priklauso nuo avarijos metu į aplinką išsiliejusio krovinio kiekio ir randamas pagal 3.11 lentelę arba apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{Log} P = \text{Log}(10^2 \cdot O_M). \quad (3.23)$$

Žinant logaritminius indeksus $\text{Log } D$ ir $\text{Log } P$, randamas logaritminis rizikos indeksas $\text{Log } R$, kuris parodo tiriamą rizikos lygį:

$$\text{Log} R = \text{Log} D + \text{Log} P. \quad (3.24)$$

Taigi tą patį rizikos lygį gali atitikti įvairios avarinio naftos išsiliejimo incidento dažnumo ir išsiliejusio naftos kiekio (avarijos pasekmių) variacijų kombinacijos. Kartą per 10 metų įvykstantis 100 t naftos išpylimas į aplinką rizikos požiūriu tolygus 1000 tonų naftos išpylimui per 100 metų arba 10000 tonų naftos išpylimui per 1000 metų. Tokią riziką atitinkantis indeksas yra $\text{Log } R = 7$. Kartą per 100 metų įvykstantis 100 tonų arba kartą per 10 metų įvykstantis 10 tonų naftos išpylimas atitinka rizikos indeksą $\text{Log } R = 6$.

3.11 lentelė. Tanklaivio avarijos pasekmių mastų vertinimo matrica

Pasekmės tiriamam laivybos rajonui	Pasekmių rimtumas apibūdintas vidutiniu išsiliejusiu naftos kiekiu O_M	Pasekmių rimtumo logaritminis indeksas ($\text{Log } P$)
Nežymios (avarijos padarinius įmanoma pašalinti laivo įgulos jėgomis).	iki 0,1 t	1
Vidutinės (gali prireikti panaudoti uoste turimas naftos surinkimo priemonės, išpiltai naftai surinkti, padaroma žala jūros aplinkai).	0,1 – 10 t	3
Rimtos (panaudojamos tiriamame laivybos rajone turimos priemonės iš laivo išsiliejusiai naftai surinkti, padaroma didelė žala jūros aplinkai. Dėl taršos avarijos vietoje sutrinkdoma laivyba).	10 – 1000 t	5
Katastrofiškos (panaudojamos tiriamame laivybos rajone turimos bei pasitelkiamos kitų valstybių disponuojamos priemonės naftai surinkti. Padaroma didžiulė žala jūros aplinkai. Taršos padariniams likviduoti prireikia daug laiko).	iki 100 000 t	7

Atsižvelgiant į kai kurių pakrantės valstybių nustatytą taršos rizikos priimtino lygį [21, 68, 16] bei į disponuojamas kovos su išsiliejusia nafta priemones, Lietuvos atsakomybės rajonui galėtų būti priimtinas rizikos lygis, apibūdintas rizikos indeksu $\text{Log } R < 7$ (3.6 pav).



3.6 pav. Tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikos klasifikacija ir priimtumas Lietuvos atsakomybės rajonui

Tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikos ir ją įtakančių tanklaivių konstrukcijos ypatybių ir eksploatacijos sąlygų tyrimas baigiamas nustatčius ir įvertinus veiksnius, galinčius labiausiai įtakoti tiriamą riziką. Atlikto tyrimo rezultatų pagrindu modeliuojamos priemonės, galinčios padėti ateityje sumažinti avarinių naftos išsiliejimų iš tanklaivių tikimybę bei galimų avarių padarinių mastus konkrečiame laivybos rajone.

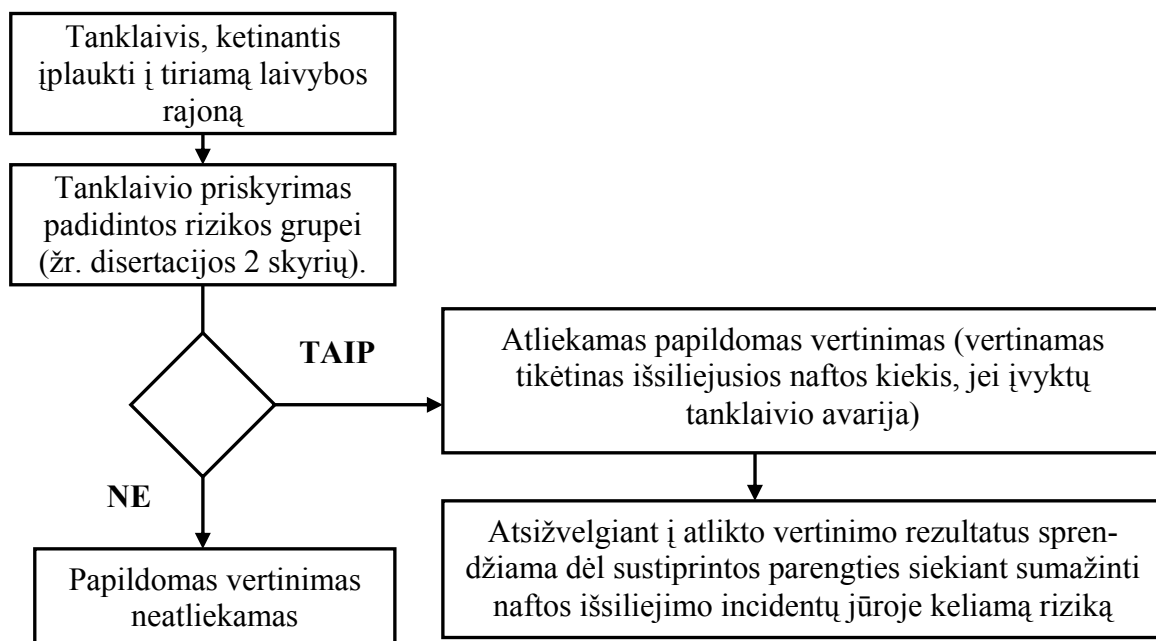
Rizikos įvertinimo rezultatų praktinio taikymo galimybės, rizikos mažinimo priemonės

Lietuvos Respublikos Seimas 1997 m. vasario 25 d. įstatymu Nr. VIII – 139 ratifikavo 1992 m. Helsinkio konvenciją dėl Baltijos jūros baseino jūrinės aplinkos apsaugos. Tuo būdu Lietuva prisiėmė įsipareigojimus vykdyti šioje konvencijoje išdėstytas nuostatas. Įgyvendinant šią konvenciją, Lietuvoje buvo priimta nemažai norminių dokumentų. Vienas šių dokumentų – aplinkos ir susisiekimo ministrų patvirtintas Nacionalinis taršos incidentų jūroje likvidavimo planas, kuriame be kita ko numatyta, kad institucijos turi „vertinti taršos nafta incidentų riziką Lietuvos atsakomybės rajone bei siūlyti priemones ir būdus jai sumažinti...“ [92].

Nors didžiausią riziką taršos nafta jūroje požiūriu kelia naftą transportuojantys tanklaiviai, tačiau išanalizavus atsakingų institucijų naudojamus rizikos vertinimo metodus paaiškėjo, jog jų naudojami metodai galėtų būti gerokai patikslinti bei patobulinti, pavyzdžiui, pasivadovavus šiame disertacijos skyriuje aprašytais rizikos vertinimo principais.

Priemonėmis bei būdais rizikai sumažinti, kaip nurodoma nacionaliniame taršos incidentų jūroje likvidavimo plane, be kita ko galėtų būti modifikuotos išsiliejusio krovinio kiekio iš tanklaivio įvertinimo metodikos naudojimas. Tokiu atveju, pagal šią metodiką (žr. 3.3 pav.) reikėtų vertinti į Lietuvos atsakomybės rajoną įplaukiančius didesnę riziką keliančius tanklaivius.

3.7 pav. pateikiama į tiriamą laivybos rajoną planuojančio įplaukti tanklaivio keliamos rizikos įvertinimo schema, kurią galėtų taikyti ir Lietuvos saugios laivybos administracijos koordinacinis gelbėjimo centras, jeigu schemeje nurodytu principu bei metodikomis būtų nuspręsta vadovautis Lietuvos atsakomybės rajone.



3.7 pav. Tanklaivio, planuojančio įplaukti į tiriamą laivybos rajoną, keliamos rizikos įvertinimo schema.

Tanklaivius “atrinkti” vertinimui, t.y. priskirti didesnės rizikos tanklaivių grupei, būtų tikslinga pagal disertacijos antrajame skyriuje nustatytus kriterijus. Tai būtų tanklaiviai, kuriems privalomi tarptautinių konvencijų liudijimai išduoti įgaliotos klasifikacinės bendrovės, kuri nėra pripažinta Europos Komisijos; kurių vėliavos šalis pagal Paryžiaus SM kasmetinę statistiką yra „Juodajame sąraše“; kurių vėliavos valstybės nėra ratifikavusios pagrindinių tarptautinių konvencijų; kurių techninę priežiūrą vykdo klasifikacinės bendrovės, kurių laivų pastabų reitingas aukštesnis už vidutinį pagal Paryžiaus SM kasmetinę statistiką; bei 13 metų ir senesni tanklaiviai. Visus šiuos duomenis apie laivą galima operatyviai gauti žinant tanklaivio pavadinimą bei jo identifikacinį numerį (TJO numerį).

Pagal schemeje nurodytą procedūrą atlikti tikėtino išsiliejusio naftos kiekio skaičiavimų rezultatai didesnės rizikos tanklaiviams galėtų būti viena iš kertinių priemonių, kurių pagrindu būtų priimamas sprendimas dėl sustiprintos parengties, siekiant išvengti naftos išsiliejimo incidentų jūroje.

3.6. Trečiojo skyriaus išvados

1. Avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybės ir ją įtakojančių veiksnių įvertinimas yra aktualus nustatant į tiriamą laivybos rajoną įplaukiančių tanklaivių aplinkai keliamą riziką, parenkant avarinių naftos išsiliejimų pavojaus mažinimo priemones. Laivybos rajonuose, turinčiuose vieną ar kelis naftos terminalus, kuriuose tanklaivių eismas nėra intensyvus ir avariniai naftos išsiliejimo incidentai reti, gali būti naudojamas avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybinio įvertinimo modelis.
2. Prognozuojant jau įvykusio tanklaivio incidento metu tikėtiną išsiliejusios naftos kiekį naudojamos TJO aprobuotos universalios metodikos duoda patikimus rezultatus tik turint palyginti didelį masyvą pradinių duomenų, daugelis iš kurių operatyviai nepasiekiami. Operatyviam naudojimui, konkrečiame jūros regione siūlomas modifikuotas TJO aprobuotos metodikos variantas, kuriame pradinių duomenų kiekis yra kelis kartus sumažintas remiantis charakteringu šiam rajonui tanklaivių tipą ir jų pagrindinėmis konstrukcinėmis charakteristikomis. Atlikti lyginamieji skaičiavimai parodė, kad vertinant tikėtiną naftos išsiliejimo dydį modifikuota metodika gaunami rezultatai skiriasi nuo gautų panaudojant tikslias metodikas ne daugiau kaip 18 % ir šis skirtumas yra ne didesnis negu naudojant skirtingas pripažintas detalias TJO metodikas. Modifikuota metodika rekomenduojama operatyviaus, tikėtinai išsiliejusios naftos kiekio įvertinimui Baltijos jūroje esančių naftos terminalų operatyvinėse zonose ir jų jūrinėse prieigose. Ji taip pat gali būti panaudota galimų naftos išsiliejimų prognozei šiame regione ar, atitinkamai ją adaptavus, atsižvelgiant į kitokį tanklaivių tipą – ir kituose jūriniuose regionuose.
3. Disertacijoje atliktas tanklaivių keliamos rizikos jūros aplinkai įvertinimas, kuris remiasi avarinio naftos išsiliejimo tikimybės ir tikėtino avarijos metu išsiliejusio naftos kiekio faktinių dydžių nustatymu. Tokį vertinimą, pagal disertacijoje pasiūlytą procedūrą, rekomenduojama taikyti ir institucijoms, priimant sprendimą dėl sustiprinto reagavimo į galimą taršą parengties lygio, blogesnės techninės būklės tanklaiviams planuojant įplaukti į Lietuvos atsakomybės rajoną.

4. AVARINIŲ NAFTOS IŠSILIEJIMŲ TIKIMYBĖS IR MASTŲ BEI JUOS ĮTAKOJANČIŲ VEIKSNIŲ TYRIMAI IR JŲ REZULTATAI

Šio skyriaus medžiaga aprobuota keturiose publikacijose [1A], [2A], [3A], [4A].

4.1. Tanklaivių bei kitų laivų avarijų statistika ir priežastys

Vienas iš patikimų konkrečiam laivybos rajonui būdingų laivų avaringumą įtakojančių veiksnių tyrimo metodų – praeities įvykių, šiuo atveju, laivų, įskaitant tanklaivius, avarijų statistikos analizė. Svarbu pažymėti, kad tokios avarijų kategorijos kaip susidūrimai ir užplaukimai ant seklumos vienodai būdingos visų tipų laivams, todėl bendra įvairaus tipo laivų avarijų statistikos analizė suteikia reikiamą pagrindą ir tanklaivių avarijas įtakojančioms veiksnams tirti. Atsižvelgiant į panašią tanklaivių ir sausakrūvių laivų korpuso konstrukciją, tanklaivių korpuso struktūros pažeidimus bei juos įtakojančius veiksnus galima nagrinėti remiantis abiejų šių laivų tipų avarijų statistika.

Tanklaivių avarijos pasaulyje

Didžioji dalis tanklaivių avarijų nesukelia taršos. Iš 9276 incidentų, įvykusių 1976–1989 metais su tanklaiviais, tik 518 atvejų (6 %) įvyko jūros aplinkos užteršimas. Iš šių 518 užteršimo atvejų 321 tanklaivio avarija įvyko su didesnės nei 10 000 DWT talpos tanklaiviais, kurių metu išsiliejo daugiau nei 30 t naftos. „Aframax“ tipo tanklaivių (tanklaivių, kurių dedveitas 80000 – 119999 tonų) avarijų statistika [93, 36] rodo, kad tik 60 iš 789 (7,6 %) avarijų, įvykusių su tokiais tanklaiviais 1978–2003 metais, sukėlė aplinkos užteršimą (4.1 lentelė). Tyrimai su 789 Aframax tanklaivių avarijų statistika [93, 36] parodė, kad įvykus susidūrimui su kitu laivu ar objektu užteršimo tikimybė yra 0,14, užplaukus ant seklumos – 0,09, korpuso struktūros pažeidimui – 0,14, sproгимui ar gaisrui – 0,06.

Ištyrus šiuos tanklaivių avarijų atvejus nustatyta, kad pagrindinės tanklaivių avarijų, kurių metu išsilieja nafta, kategorijos yra užplaukimai ant seklumos, susidūrimai, korpuso struktūros pažeidimai bei gaisrai ir sproгимai. Kaip matyti, tanklaivių avarijų, kuomet išsiliejo nafta, pasiskirstymas pagal kategorijas mažai skiriasi lyginant skirtingų tanklaivių grupių bei skirtingų laikotarpių avarijų statistiką. Tačiau išsiliejusių teršalų procentas lyginat šias dvi statistikas kiekvienai avarijos kategorijai skiriasi gana ženkliai. Tokius ženklus išsiliejusios naftos kiekio neatitikimus lemia didžiosios tanklaivių avarijos, per kurias išsilieja didelis kiekis naftos (vien tanklaivio „Prestige“ avarija, įvykusi dėl korpuso struktūros pažeidimų 2002 metais, sukėlė 77000 tonų naftos išsiliejimą į jūrą). Todėl tanklaivių avarijų statistinė analizė gali duoti patikimus

rezultatus tik ją visapusiškai išnagrinėjus bei įvertinus pavienius didelio masto avarinius naftos išsiliejimus ir juos lėmusias priežastis.

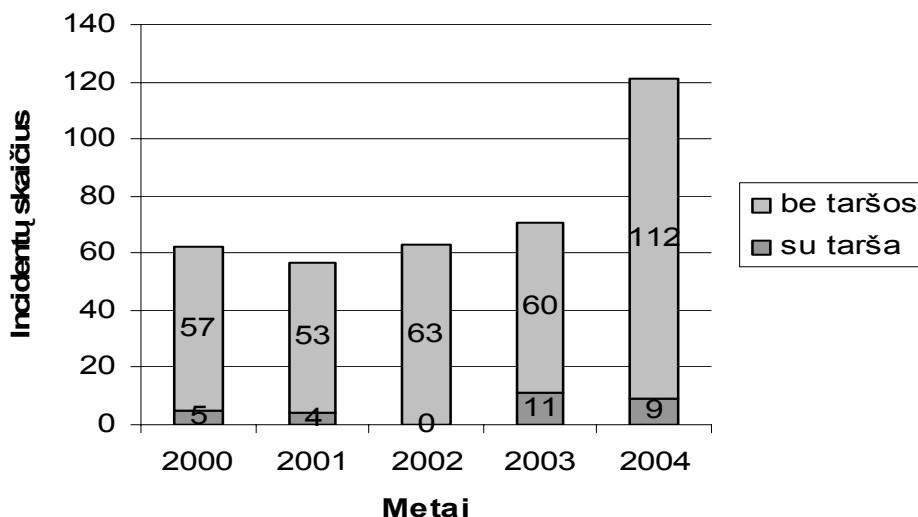
4.1 lentelė. Tanklaivių avarijos pasaulyje, lėmusios aplinkos užteršimą: avarijų kategorijos, išsiliejusių teršalų kiekiai

Avarijų kategorijos	Avarijų skaičius	Avarijų procentas nuo visų avarijų	Išsiliejusių teršalų kiekis nuo visų avarijų, t	Išsiliejusių teršalų procentas nuo visų avarijų
Didesnių nei 10000 DWT tanklaivių avarijos, kurių metu išsiliejo daugiau nei 30 t naftos (1976–1989 m statistika)				
Užplaukimai ant seklumų	96	30	n/d	28
Susidūrimai ir atsitrenkimai	92	29	n/d	31
Gaisrai ir sproginiai	33	10	n/d	34
Korpuso struktūros pažeidimai	100	31	n/d	8
Iš viso	321		n/d	
80000 – 119999 DWT tanklaivių avarijos, kurių metu įvyko aplinkos užteršimas (1978 – 2003 m. statistika)				
Užplaukimai ant seklumų	18	30	158869	42
Susidūrimai ir atsitrenkimai	22	37	28611	9
Gaisrai ir sproginiai	3	5	82446	22
Korpuso struktūros pažeidimai	17	28	96369	26
Iš viso	60		366295	

Pirminiai duomenų šaltiniai: Lloyd's Register of Shipping. 9-osios tarptautinės jūrinio projektavimo konferencijos medžiaga

Tanklaivių avarijos Baltijos jūros regione

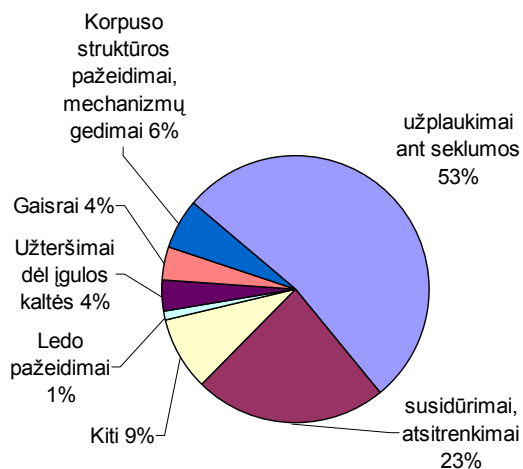
Helsinkio Komisijos duomenimis, 1989–1999 metais Baltijos jūroje įvyko 251 incidentas su laivais (iš jų 30 incidentų su tanklaiviais), o 2000–2004 metais 374 incidentai (iš jų 53 su tanklaiviais), žr. 4.1 pav. Pagal 1989–1999 metų duomenis iš 30 su tanklaiviais įvykusių incidentų 16 sukėlė jūros taršą.



Helsinkio Komisijos duomenys

4.1 pav. Laivų incidentų skaičius Baltijos jūroje 2000–2004 metais

Užplaukimai ant seklumos (53 %) ir susidūrimai (23 %) yra pagrindinės ir labiausiai būdingos Baltijos jūroje įvykusių tanklaivių avarijų kategorijos, žr. 4.2 pav.



4.2 pav. Avarijų kategorijos Baltijos jūroje 2000–2004 metais
Helsinkio Komisijos duomenys [49 – 51]

4.2 lentelėje pateikiami Baltijos jūroje 2000–2004 metais įvykusių laivų avarių duomenys, kai išsiliejo daugiau nei 1 tona naftos. Kaip matyti iš 2000–2004 metais užregistruotų 62 incidentų su tanklaiviais, daugiau nei 1 tona naftos išsiliejo 3 atvejais, taigi 5 % incidentų su tanklaiviais Baltijos jūroje 2000–2004 baigėsi aplinkos užteršimu. Vienas iš šių išpylimų susijęs su įgulos klaida atliekant naftos operacijas.

4.2 lentelė. Baltijos jūroje 2000–2004 metais įvykusių laivų avarių duomenys

Incidento data	Laivo pavadinimas	Laivo tipas	Avarijos kategorija	Išsiliejusių teršalų kiekis
16.09.2000	Alambra	Viengubo korpuso tanklaivis	Korpuso struktūros pažeidimas	250 m ³
21.11.2000	Bolero	Sausakrūvis	Naftos išpylimas dėl įgulos klaidos	1.5 m ³
29.03.2001	Baltic Carrier / Tern	Dvigubo korpuso tanklaivis	Susidūrimas	2500 m ³
03.06.2001	North Pacific	Viengubo korpuso tanklaivis	Naftos išpylimas dėl įgulos klaidos	3.89 m ³
31.05.2003	Fu Shan Hai / Gdynia	Sausakrūvis	Susidūrimas	500 m ³
22.06.2003	Windland Antigua	Sausakrūvis	Užplaukimas ant seklos	3 m ³
02.03.2004	Herakles / Bulk	Barža	Mechanizmų gedimas, lėmęs korpuso struktūros pažeidimą ir nuskendimas	220 t

Matome, kad didesni krovininės naftos išpylimai iš tanklaivių Baltijos jūroje vyksta gana retai. Remiantis 2000–2004 metų statistika, Baltijos jūroje per 2,5 metų įvyksta viena tanklaivio avarija (neskaitant naftos išpylimo dėl įgulos klaidos), dėl kurios išsilieja daugiau nei viena tona naftos. Tačiau tokiu atveju išsiliejusių teršalų kiekis gali būti labai skirtingas ir kisti nuo kelių tonų iki keliolikos ar keliasdešimt tūkstančių tonų. Vertinant avarinio transportuojamos naftos išpylimo iš tanklaivio tikimybę, remtis vien ilgesnio laikotarpio statistika taip pat būtų nepatikima, nes laikui bėgant kinta tanklaivių konstrukcinės ypatybės, navigacinės priemonės bei eksploatacijos sąlygos, taip pat ir kiti veiksniai, įtakojantys avarinės taršos iš tanklaivių riziką. Helsinkio Komisijos duomenimis [46 – 52], pagrindinė Baltijos jūroje įvykusių laivų avarių priežastis yra žmogiškasis veiksnys (39 %). Įvykus žmogiškajai klaidai, 20 % atvejų įvyksta laivo mechanizmų veiklos sutrikimai, nulemiantys laivo avariją.

Tanklaivių avarijų priežastys

Atlikus tanklaivių avarijų statistikos tyrimą pasaulyje bei Baltijos jūros regione, nustatytos ir apibendrintos priežastys, sukėlusios tanklaivių susidūrimus, atsitrenkimus, užplaukimus ant seklumos:

- laivo nukrypimas nuo kurso dėl šturmano klaidos;
- netinkamas laivo manevravimas (netinkamai parinkti vilkikai, nepakankamas laivo padėties sekimas, netinkamai įvertinamas vėjo poveikis);
- netinkamai atliekamos laivo vilkimo procedūros;
- sudėtingos hidrometereologinės sąlygos.

Tanklaivių struktūros pažeidimus lemia keletas veiksnių, dažniausiai darančių poveikį vienu metu:

- nustatytų standartų neatitinkanti tanklaivio korpuso techninė būklė;
- blogos hidrometereologinės sąlygos;
- neteisingai pakrautas kroviny;
- netobulai suprojektuota bei pastatyta tanklaivio korpuso konstrukcija.

Svarbu pažymėti, kad korpuso struktūros pažeidimo atveju, avarijos padarinių mastai labai priklauso nuo teisingų įgulos bei kranto tarnybų veiksmų. Laiku pažeistam laivui suteikus reikalingą pagalbą dažnai didelės taršos galima išvengti.

Lietuvos kompetentingose institucijose įregistruotų laivų avarijų statistikos tyrimai

Susidūrimai (atsitrenkimai) ir užplaukimai ant seklumos būdingi visų tipų, įskaitant ir tanklaivius, laivams ir yra pagrindinės avarijų kategorijos, lemiančios avarinius naftos išpylimus Baltijos jūroje. Kadangi tanklaivių avarijų Lietuvos atsakomybės rajone (LAR) statistika yra labai skurdi (per paskutinius 30 metų yra įvykusios vos kelios tanklaivių avarijos, tiesa vienos jų – „Globe Assimi“ tanklaivio avarijos pasekmės, (2.2 lentelė) buvo itin skaudžios), siekiant nustatyti susidūrimų bei užplaukimų ant seklumų priežastis, būdingas LAR, ištirti tiek LAR, tiek Lietuvoje registruotų laivų (pastarieji palyginti dažnai apsilanko Lietuvos uostuose, o dalis jų yra nuolat eksploatuojami Lietuvos atsakomybės zonoje) įvykusių įvairių laivų tipų avarijų atvejai. Tyrimui panaudoti Lietuvos kompetentingų institucijų disponuojami laivų avarijų tyrimų duomenys. Informacija tyrimui apie Lietuvos laivų avarijas (avarinius atvejus) buvo renkama iš Lietuvos saugios laivybos administracijos archyvų, kuriuose nors ir nesusisteminta, tačiau kaupiama visa su avarija susijusi informacija. Priklausomai nuo avarijos svarbumo, tai laivo savininko pateikta informacija (su avarija susijusių asmenų paaiškinimai, apklausos, tyrimo išvados), kitų tiesiogiai ar netiesiogiai su avarija susijusių asmenų pateikta informacija bei ekspertų (avarijų tyrėjų) atlikto

tyrimo medžiaga (apklausų dokumentai, kita susijusi informacija) bei galutinės avarijos tyrimo išvados, kuriose nurodomos avarijos priežastys, pasekmės bei pasiūlymai avarijų prevencijai.

Siekiant nustatyti, ar egzistuoja priežastinis ryšys tarp tam tikrų laivų avarijas įtakančių veiksnių ir atskirų laivų grupių, laivai sugrupuoti į krovinius, žvejybinius ir pagalbinius (čia į pastarųjų sampratą įeina ir visi kiti laivai). 4.3 lentelėje pateikiamos Lietuvoje 1999–2003 metais įregistruotų jūrų laivų avarijų, įvykusių su Lietuvos bei užsienio jūrų laivais duomenys. Avarijos suklasifikuotos pagal pirmines kategorijas² bei nurodyti atvejai, kuomet žuvo ar buvo traumuoti žmonės.

4.3 lentelė. Lietuvoje įregistruotos jūrų laivų avarijos (avariniai atvejai) 1999–2003 metais (suklasifikuota pagal pirmines kategorijas)

Metai	Avarijų skaičius			Avarijų kategorijos						
	Viso avarinių atvejų	Avariniai atvejai laivams	Avariniai atvejai, kuomet nukentėjo žmonės	Mechanizmų gedimai	Užplaukimai ant seklumos	Atsitrenkimai ir susidūrimai	Gaisrai	Užtvindymai ir apvirtimai	Laivybos taisyklių pažeidimai	Kitos
1999	27	27	0	5	2	13	2	1	3	1
2000	19	17	2	3	1	7	1	0 (1)*	2	3
2001	35	33	2	3	3	17	4	2	0	4
2002	23	21	2	3	3	10	2	1	1	1
2003	16	13	3	3	0	6	2	0	1	1
Iš viso	120	111	9	17	9	53	11	4	7	10
* – atvejis, kada laivas nuskendo ir žuvo žmonės										

Periode nuo 2001–2003 m. pastebima avarijų mažėjimo tendencija – 2001 m. įregistruotos 35, 2002 m. – 23, o 2003 m. – 16 jūrų laivų avarijų. Tai galima paaiškinti Lietuvoje registruotų jūrų laivų sumažėjimu (bendras Lietuvoje registruotų jūrų laivų skaičius nuo 1999 iki 2003 metų sumažėjo 20 % – 4.4 lentelė) bei Klaipėdos jūrų uosto saugumo padidėjimu (apmokyti locmanai, rekonstruotas uosto įplaukos kanalas, įsisavinta nauja laivų eismo stebėjimo sistema).

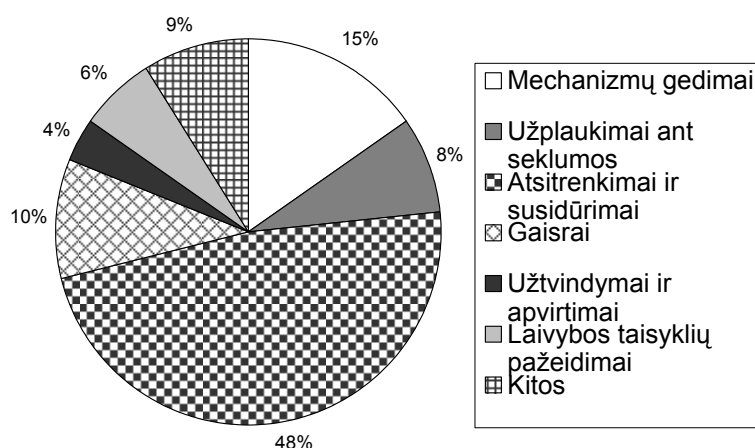
² Jeigu, tarkim sugedo laivo vairavimo mechanizmas ir dėl to laivas užplaukė ant seklumos, pirminė avarijos kategorija laikoma *mechanizmų gedimas*. Iš kitos pusės, jei laivas užplaukė ant seklumos ir dėl to įvyko užtvindymas ar laivas apvirto, pirminė avarijos kategorija laikoma *užplaukimas ant seklumos*. Jeigu laivas užplaukė ant seklumos dėl laivavedžio kaltės arba dėl sudėtingų meteorologinių sąlygų – pirminė avarijos kategorija bus laikomas *užplaukimas ant seklumos*.

4.4 lentelė. LR jūrų laivų registre įregistruotų jūrų laivų skaičius 1999–2003 m³.

Metai	LR jūrų laivų registre registruotų laivų skaičius					
	Žvejybiniai	Krovininiai			Pagalbiniai	Iš viso
		AB „Lietuvos jūrų laivininkystė“	AB „Klaipėdos Transporto Laivynas“	Kiti laivų savininkai		
1999	94	35	15	45	62	251
2000	94	35	16	45	58	248
2001	105	32	15	39	55	246
2002	96	31	14	39	29	209
2003	94	32	10	36	30	202

PASTABA: 2001m. birželio 27 d. AB „Lietuvos jūrų laivininkystė“ buvo reorganizuota į AB „LISCO Baltic Service“ ir AB „Lietuvos jūrų laivininkystė“. Lentelės 2001–2003 m. grafose ties stulpeliu AB „Lietuvos jūrų laivininkystė“ šių kompanijų laivai sumuojami

4.3 paveiksle procentine išraiška pateikiamos laivų avarijų pirminės kategorijos 1999–2003 metais. Daugiausiai avarijų įvyksta laivui švartuojantis uoste, atsitrenkus jam į kranto objektą, kitą prie krantinės stovintį laivą. Prie kitų, priskiriamos avarijų kategorijos, tokios kaip aplinkos užteršimas kraunant laivą, atvejai, kai laivas pameta krovinį.



4.3 pav. Lietuvos kompetentingose institucijose įregistruotų laivų avarijų (avarinių atvejų) pirminės kategorijos 1999 – 2003 metais (neįtrauktos avarijos (avariniai atvejai), kai nukentėjo ar žuvo žmonės)

³ Lietuvos saugios laivybos administracijos laivų registravimo tarnybos duomenys

Avaringumas Klaipėdos uoste

Svarbu pažymėti, kad absoliuti dauguma Lietuvos atsakomybės rajone įvykstančių laivų avarių, įvyksta Klaipėdos uoste arba šio uosto prieigose. Iki šiol 2001 metais įvykęs incidentas su tanklaiviu prie Būtingės naftos terminalo plūduru nelaikomas tanklaivio avarija, kadangi naftos išsiliejimas tada įvyko pažeidus krovimo operacijų procedūras (tanklaivio korpusas nebuvo pažeistas). E. Červinskas, straipsnyje „Laivų avarijos Klaipėdos uoste“ [94], apžvelgia kai kurias svarbias laivų avarijas, įvykusias Klaipėdos uoste nuo 1803 iki 1998 metų. Anot straipsnio autoriaus, „nuo 1946 iki 1987 m., t.y. per 41 metus, Klaipėdos uoste įvyko apie 650 su laivyba susijusių avarių, t. y. vidutiniškai apie 12 per metus“. Įdomu pažymėti, kad minėto straipsnio autorius pokario Lietuvoje pastebi tris žymius avaringumo protrūkius kiekvienais metais – lapkričio pradžioje (revoliucijos šventė), kovo 8 (moters diena) ir gegužės pradžioje (gegužės 1 – oji). Imant 1999–2003 metų laikotarpį, Klaipėdos uoste įvyko 11,6 avarijos per metus, taigi avaringumo metinis vidurkis beveik sutampa su 1946–1987 m. avaringumo metiniu vidurkiu. Tačiau lyginant šiuos du laikotarpius verta pažymėti, kad pirmuoju laivyba Klaipėdos uoste buvo mažiau intensyvi, tačiau uosto tarnybose nebuvo įdiegtos modernios laivų eismo valdymo technologijos, laivuose įrengta navigacinė aparatūra buvo primityvesnė, uostas buvo mažiau saugus. Minėtame straipsnyje nurodomos ir Klaipėdos uoste bei jo prieigose laivų susidūrimų, sudužimų ir nuskendimų priežastys – „laivo įstrigimas sekluose, užšokimas ant molų, laivų susidūrimai, inkaro pametimas ar nutrūkimas, įvairių mechanizmų pažeidimai (ypač variklio), gaisrai, vandens tekėjimas korpuse, varomojo sraigto arba pagrindinio veleno gedimai, mašinų skyriaus užtvindymai, lyno užsivyniojimas ant varomojo sraigto, jo pametimas arba sulaužymas, korpuso pažeidimai leduose, laivavedybos taisyklių nepaisymas, nemokšiškas remontas, konstrukciniai laivų trūkumai ir t.t.“ Analizuojant Lietuvos kompetentingose institucijose 1999–2003 m. įregistruotų laivų avarių duomenis, nustatyta, kad 58 iš 120 įregistruotų avarių įvyko Klaipėdos uoste (4.5 lentelė). Daugiausia šių avarių įvyksta su užsienio valstybėse registruotais laivais, o pagrindinės su šiais laivais įvykusių avarių kategorijos – atsitrenkimai, susidūrimai bei užplaukimai ant seklos (4.3 pav.).

Lietuvos jūrų laivų avaringumas

1999–2003 metais iš 120 Lietuvos kompetentingose institucijose įregistruotų laivų avarių 76 įvyko su Lietuvos laivais. Net 37 avarijos (avariniai atvejai) priklausė dviem didžiausiems Lietuvos laivų savininkams – AB „Lietuvos jūrų laivininkystė“ ir AB „Klaipėdos transporto laivynas“ (2003 metais Lietuvos jūrų laivų registre buvo įregistruoti 89 laivų savininkai).

4.5 lentelė. Lietuvos kompetentingose institucijose įregistruotų, Klaipėdos uoste bei kitur įvykusių jūrų laivų avarijų statistiniai duomenys

	Klaipėdos uoste įvykusios avarijos					Avarijos (išskyrus avarijas įvykusias Klaipėdos uoste)		
	Su Lietuvos laivais		Su užsienio laivais		Iš viso	Atsitrenkimai, susidūrimai, užplaukimai ant sekumos	Visos kitos	Iš viso
	Atsitrenkimai, susidūrimai, užplaukimai ant sekumos	Visos kitos	Atsitrenkimai, susidūrimai, užplaukimai ant sekumos	Visos kitos				
1999	4	4	5	1	14	6	7	13
2000	2	2	4	2	10	1	8	9
2001	3	5	10	4	22	8	5	13
2002	2	0	4	1	7	7	9	16
2003	0	1	2	2	5	4	7	11
Iš viso	11	12	25	10	58	26	36	62

Bendras vidutinis Lietuvos laivyno avaringumas 100 – ui laivų 1999–2003 metais sudarė 10,3 avarijos per metus. AB “Lietuvos jūrų laivininkystė“ vidutinis metinis avaringumas tuo laikotarpiu sudarė 6,4, o AB „Klaipėdos transporto laivynas“ – 0,8 avarijos per metus. Nagrinėjant avarijų padarinių mastus, du pastarosios kompanijos laivai patyrė žūtį, kitais atvejais žuvo žmonės ar kilo gaisras. Skaičiuojant Lietuvos jūrų laivų avaringumą 100 – ui įregistruotų laivų⁴, nustatyta, kad vidutinis Lietuvos krovininių laivų avaringumas imant 1999–2003 metus sudaro 13,26 o žvejybinių – 2,21 avarijų 100 – ui įregistruotų to tipo laivų (4.6 lentelė).

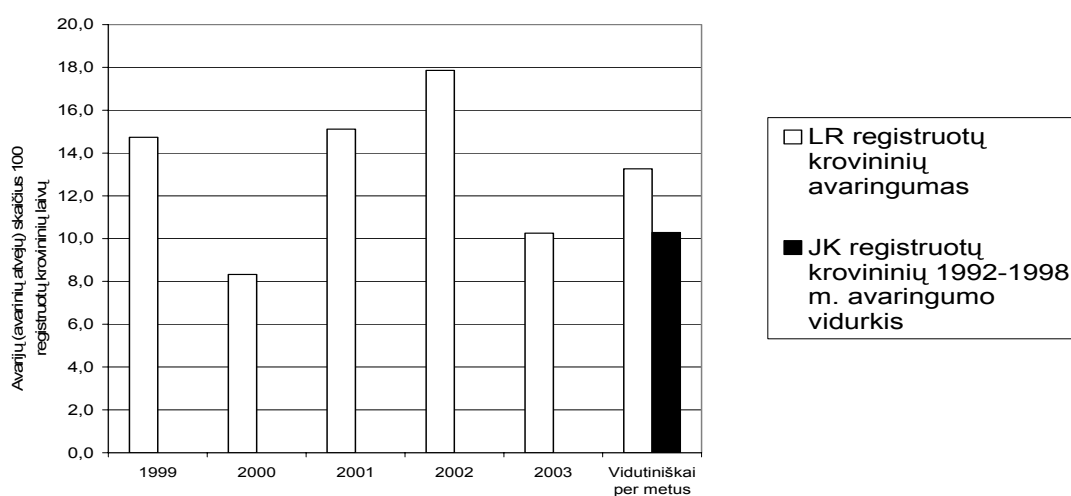
4.6 lentelė. Lietuvos jūrų laivų avarijų (avarinių atvejų) skaičius 100 - ui Lietuvoje registruotų laivų 1999–2003 metais

Metai	Avarijų skaičius 100 – ui laivų	
	Krovininiai	Žvejybiniai
1999	14.7	2.1
2000	8.3	0.0
2001	15.1	5.7
2002	17.9	0.0
2003	10.3	3.2
Vidutiniškai per metus	13.26	2.21

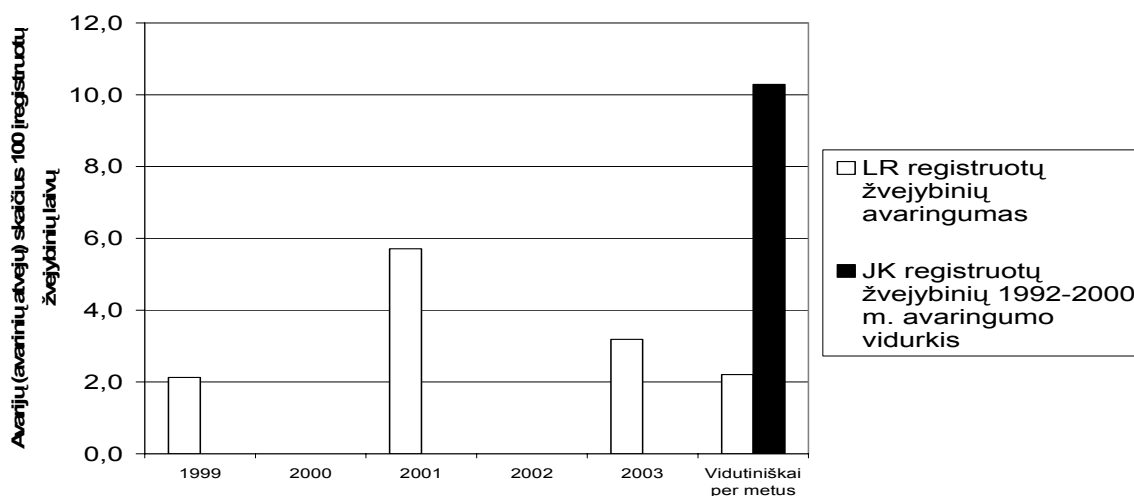
⁴ Skaičiuojant krovininių laivų avaringumą 100 – ui laivų pagrindiniu laikomas LR jūrų laivų registre įregistruotų visų krovininių laivų skaičius. Skaičiuojant žvejybinių laivų avaringumą – įregistruotų žvejybinių laivų skaičius.

Lyginant šiuos rodiklius su Jungtinėje karalystėje (JK) įregistruotų laivų avaringumu⁵ [65, 66], Lietuvos krovinių laivų jis yra nežymiai didesnis, o žvejybinių – mažesnis (žr. 4.4, 4.5 pav.).

Žymiai didesnę Jungtinėje Karalystėje registruotų žvejybinių laivų avaringumą galima būtų aiškinti dvejopai. Pirma, kad JK registruoti žvejybiniai laivai žvejoja žymiai sudėtingesnėmis laivybos sąlygomis (daug laivų eksploatuojami Duvro sąsiauryje, kur laivyba ypatingai intensyvi), antra, kad ne visais atvejais Lietuvos kompetentingos institucijos buvo informuotos apie įvykusias avarijas. Vis dėl to panagrinėjus JK įregistruotų žvejybinių laivų avarių priežastis [65] pastebima, kad absoliuti dauguma jų susijusios su intensyvia laivyba šio tipo laivų eksploatacijos zonoje. Todėl intensyvi laivyba laikytinas vienas iš veiksnių, galinčių nulemti didesnę laivo avarijos tikimybę.



4.4 pav. Lietuvos ir JK krovinių laivų avaringumo palyginimas



4.5 pav. Lietuvos ir JK žvejybinių laivų avaringumo palyginimas

⁵ Skaičiuojant Jungtinės Karalystės laivų vidutinį avaringumą per metus 100 – ui laivų, kroviniams laivams imtas 1992–1998 m. avaringumo vidurkis, o žvejybiniais 1992–2000 m. avaringumo vidurkis

Lietuvoje registruotų laivų avarijų analizė rodo laivų avaringumo mažėjimo tendenciją, išskyrus avarijas, kuomet buvo sužaloti ar nukentėjo žmonės. Ypatinga avaringumo mažėjimo tendencija (išskyrus atvejus, kuomet nukentėjo ar žuvo žmonės) pastebėta 2003 metais, nors tais metais nei į Klaipėdos uostą įplaukiančių laivų skaičius, nei Lietuvos jūrų laivų registre įregistruotų laivų skaičius ženkliai nepakito. Toks avaringumo sumažėjimas aiškinamas trimis aspektais:

1. Įkurta Lietuvos saugios laivybos administracija 2002–2003 metais pradėjo imtis įvairių priemonių (teisinių, administracinių) bei vykdyti programas, kurių tikslas eliminuoti laivus, neatitinkančius saugios laivybos reikalavimų;
2. Pagerintas Klaipėdos uosto saugumas bei laivų, esančių uoste, valdymas iš kranto;
3. Laivų savininkai pradėjo skirti daugiau dėmesio tarptautinių bei nacionalinių (Lietuvos) saugios laivybos reikalavimų vykdymui.

Lietuvoje užregistruotų laivų avarijų priežastys ir jų analizė

Siekiant geriau išsiaiškinti kokie veiksniai lemia laivų avarijas, avarijų priežastys sugrupuotos pagal kiekvieną iš kategorijų.

Atsitrenkimai, susidūrimai ir užplaukimai ant seklumos

Per 1999–2003 metus Lietuvoje užregistruoti 53 atsitrenkimai ir susidūrimai ir 9 užplaukimai ant seklumos. Tai sudaro 57 % visų įregistruotų avarijų (avarinių atvejų), neskaitant atvejų, kuomet nukentėjo žmonės. Išnagrinėjus avarijų (avarinių atvejų) tyrimų išvadas, nustatyta, kad 93 % šių avarijų (avarinių atvejų) įvyko dėl laivo įgulos, locmano ar kranto darbuotojų, darančių įtaką laivo valdymui, klaidų. Likę 7 % įvyko dėl itin sudėtingų hidrometeorologinių sąlygų ir nuo įgulos veiksmų nepriklausė. Apibendrintai galima identifikuoti šias pagrindines atsitrenkimų, susidūrimų bei užplaukimų ant seklumų priežastis:

1. Laivo įgulos meteorologinių sąlygų bei vandens srovės neįvertinimas švartuojant laivą prie krantinės;
2. Netinkamas vilkikų pasirinkimas plaukiant uoste bei švartuojantis;
3. Nepakankamas laivo padėties sekimas švartavimo metu;
4. Netinkama laivo priežiūra eksploatacijos metu;
5. Netinkamas darbo ir poilsio organizavimas laive.

Mechanizmų gedimai ir gaisrai

Atlikus tyrimą nustatyta, kad mechanizmų gedimai ir gaisrai sudaro 25 % visų Lietuvos kompetentingose institucijose, išskyrus avarinius atvejus, kada nukentėjo žmonės, įregistruotų laivų avarijų. Mechanizmų gedimų priežastys buvo šios:

1. Įgula nesilaikė darbo tvarkos taisyklių;
2. Įgula netinkamai vykdė nustatytus mechanizmų (variklių, vairavimo, pavairavimo mechanizmų ir kt.) techninės priežiūros reikalavimus. Netinkamai pildyti mechanizmų eksploatacijos dokumentai.
3. Netinkamas mechanizmų remontas laivų remonto įmonėse;
4. Netinkama kintamo žingsnio sraigto konstrukcija bei priežiūra;
5. Netinkama mechanizmų eksploatacija;
6. Variklio valdymo sistemos gedimai;
7. Laivo valdytojai skyrė nepakankamai investicijų laivo mechanizmų tinkamai techninei būklei palaikyti.

Tiriant gaisrus, kurie įvyko Lietuvos laivuose 1999–2003 metais bei užsienio laivuose, kuomet jie buvo Klaipėdos uoste, nustatytos šios pagrindinės gaisrų priežastys:

1. Elektros įrangos gedimai (tiek dėl įgulos tiek ne dėl įgulos kaltės);
2. Netinkamai įgulos eksploatuojama elektros įranga;
3. Netinkamai atliekami suvirinimo darbai;
4. Netinkami įgulos veiksmai su degiais skysčiais;
5. Netinkama aukšto slėgio kuro padavimo sistemos priežiūra;
6. Krovinio pervežimas, nesilaikant nustatytų pervežimui reikalavimų.

Užtvindymai ir apvirtimai

Užtvindymai ir apvirtimai sudaro 4 % (iš viso 5 atvejai) visų Lietuvos kompetentingose institucijose įregistruotų laivų avarių. Užtvindymų ir apvirtimų priežastys, nustatytos atlikus tyrimą, yra šios:

1. Nepalankios hidrometeorologinės sąlygos (stiprus vėjas ir bangavimas);
2. Netinkama laivo korpuso ir laivo ašigalių riebokšlių techninė priežiūra;
3. Netinkami įgulos veiksmai prasidėjus laivo užtvindymui;
4. Netinkamas nesavaeigių plaukiojimo priemonių vilkimo operacijų atlikimas;
5. Jūrlapiuose nepažymėtos kliūtys Klaipėdos uosto akvatorijos rajone.

Analizuojant Lietuvos laivų avarių, įvykusių 1999–2003 m. priežastis, pastebėta, kad laivų savininkai bei jūrininkai dažnai ignoruoja gerą praktiką vykdant saugios laivybos reikalavimus bei tarptautiniame saugaus valdymo kodekse (ISM kodeksas) [57] nustatytus tikslus. Kai kurių avarių tyrimų rezultatai leidžia daryti išvadą, kad kai kurie laivų savininkai nėra tinkamai įgyvendinę ISM kodekso. Gana daug avarių turi tiesioginį ryšį su laivavedžių klaidomis valdant laivą, netinkamu laivo maršruto planavimu, atsakomybės paskirstymo tarp laivo kapitono ir locmano, vedant laivą, nesuvokimu. Naujų technologijų laivavedyboje naudojimas sumažino efektyvių spendimų, esant kritinei situacijai, priėmimo tiltelyje galimybes, kadangi laivavedžiai besinaudodami elektroninėmis

navigacinėmis sistemomis nelinkę naudotis kitais laivo maršruto, padėties nustatymo ir pan. metodais. Ši problema ypatingai aktuali intensyvios laivybos rajonuose. Vis dar laivų įgulos nėra gerai įsisavinusios įlaipinimo ir gelbėjimo priemones procedūrų.

Atlikus 1999–2003 metų Lietuvos laivų avarijų (avarinių atvejų) analizę nustatyta, kad 90 % visų laivų avarijų įvyksta dėl žmogaus klaidų projektuojant, statant bei eksploatuojant laivą. Jungtinėje Karalystėje veikiančių P&I draudimo kompanijų duomenimis [95], 37 % laivų avarijų įvyksta dėl laivų įgulų kaltės, 36 % – dėl locmanų kaltės 13 % – dėl mechanizmų ir įrangos gedimų, 10 % – dėl kranto personalo darbuotojų kaltės, 2 % – dėl laivo struktūros vientisumo pažeidimų ir 2% – atvejai, kuomet priežastys nenustatytos. Pastebėta, kad 1999–2003 m. Lietuvos kompetentingos įstaigos, tirdamos jūrų laivų avarijas, nepakankamai gilinasi į žmogiškojo veiksnio įtaką konkrečiai avarijai, nors TJO yra nustačiusi žmogiškojo veiksnio įtakos jūrinėms avarijoms tyrimo tvarką [96].

Išanalizavus ir apibendrinus avarijų tyrimų ataskaitas, nustatyta, kad pagrindinės Klaipėdos uoste įvykusių avarijų priežastys yra šios:

1. Netinkamas laivo manevravimas (netinkamai parenkami vilkikai, nepakankamas laivo padėties sekimas, netinkamai įvertinamas vėjo poveikis);
2. Netinkamai atliekamos laivo vilkimo procedūros (netinkamai parenkami vilkikai, nesuderinami veiksmai tarp vilkiko ir velkamo laivo kapitono);
3. Sudėtingos hidrometeorologinės sąlygos (stiprus vėjas, tirštas rūkas, stiprios povandeninės srovės, ypač uosto vartų rajone);
4. Netinkami uosto tarnybų bei pareigūnų (laivų eismo tarnybos, locmanų, locmaninio katerio įgulos ir pan.) veiksmai vedant bei švartuojant laivus;
5. Nepatenkinama laivo mechanizmų, laivo korpuso techninė būklė, netinkamai atliekamas laivo remontas;
6. Nepakankama laivo įgulos kompetencija, nesilaikymas darbo saugos, priešgaisrinės saugos taisyklių reikalavimų eksploatuojant bei remontuojant laivą laivų remonto įmonėse;
7. Įgulos nuovargis, alkoholio vartojimas. Žinomas atvejis, kada dėl nuovargio užmigęs laivavedžiui laivas užplaukė ant seklumos;
8. Jūrlapiuose nepažymėtos kliūtys Klaipėdos uosto akvatorijos rajone.

Visos priežastys, išskyrus 3 – iąją, siejamos su žmogiškuoju veiksnium ir gali lemti bet kokio tipo laivo avariją (susidūrimą/atsitrenkimą, užplaukimą ant seklumos, korpuso struktūros pažeidimą ar gaisrą/sprogimą). Dėl hidrometeorologinių sąlygų (siaučiant uraganiniam vėjui) 1999–2003 m. Klaipėdos uoste įvyko 5 avarijos, kurių priežastys nesiejamos su avarijas patyrusių laivų įgulų ar kranto tarnybų veiksmis.

Prielaidos avarijų prevencijai LAR pagerinti

Apibendrinus tanklaivių avarijų priežastis Baltijos jūroje bei laivų avarijų priežastis LAR, siūlomos šios teorinės prielaidos tanklaivių avarijų prevencijai LAR pagerinti:

1. Gerinti laivo manevravimo uoste patikimumą, sudarant palankesnes sąlygas tinkamam vilkikų parinkimui ir geresniam vilkimo procedūrų vykdymui, adekvačiam vėjo poveikio įvertinimui;
2. Mažinti blogų hidrometeorologinių sąlygų poveikį laivo valdymo patikimumui, užtikrinant palankesnę navigacinę aplinką LAR, ypač Klaipėdos uosto zonoje;
3. Patikslinti jūrlapius, siekiant ten pažymėti visas galimas kliūtis laivams;
4. Kelti bei palaikyti krante dirbančių specialistų, dalyvaujančių laivo valdyme, kompetenciją;
5. Sudaryti palankias sąlygas, kad į LAR įplauktų kiek įmanoma geresnės techninės būklės laivai;
6. Numatyti kitas priemones, tiesioginės žmogiškojo veiksnio įtakos poveikio laivų avaringumui sumažinti.

4.2. Tanklaivių, dominuojančių LAR, konstrukcija, konjunktūra bei jos kitimas

Tanklaivių keliamai naftos išsiliejimų incidentų rizikai įvertinti būtina ištirti šiuos su tanklaivių, dominuojančių LAR konjunktūra susijusius parametrus:

- Tanklaivių, įplaukiančių į Lietuvos atsakomybės rajoną, skaičių bei jo kitimo tendencijas;
- Tanklaivių vidutinę talpą bei jos kitimo tendencijas;
- Tanklaivių pasiskirstymą pagal korpuso konstrukcinį tipą bei šio pasiskirstymo kitimo tendencijas;
- Tanklaivių atitiktį saugios laivybos reikalavimams apibūdinančius parametrus (disertacijos 2 skyrius).

Europos Komisijos atliktos studijos [97] duomenimis, 2004 metų spalio 1 d. pasaulinį viengubo korpuso bei dvigubo borto tanklaivių, kurių dedveitas didesnis nei 5000 t laivyną sudarė 2256 tanklaiviai, kurių bendras dedveitas 129,5 mln. t. Tai sudaro 49 % viso pasaulinio tanklaivių, kurių dedveitas didesnis nei 5000 t, laivyno. Tanklaivių, įplaukiančių į LAR skaičius 2003–2006 metų duomenimis sudaro apie 600 tanklaivių per metus, iš kurių apie 100 įplaukė į Būtingės naftos terminalą, o likusi dalis į Klaipėdos uostą. Vertinant šio skaičiaus padidėjimą 2015–2020 metais galima konstatuoti, kad dėl nuolat augančios naftos ir jos produktų krovos [98] jis taip pat didės, tačiau lėtesniais tempais, nes didės ir vidutinis vieno tanklaivio krovinių talpų tūris [55]. Verta atkreipti dėmesį, kad į Klaipėdos uostą šiuo metu įplaukia tanklaiviai, kurių krovinių talpų tūris sudaro iki 160000 m³, tačiau tokie tanklaiviai pilnai nėra pakraunami. Krovos kompanijos „Klaipėdos nafta“ duomenimis, didžiausia naftos ar jos produktų siunta vienu tanklaiviu gali sudaryti 100000 t, o tai sudaro apie 110000 m³.

Tiriant 2003–2006 metais į LAR įplaukusių tanklaivių korpuso konstrukciją nustatyta, kad šiuo laikotarpiu 70 % į Klaipėdos uostą ir 30 proc. į Būtingės naftos terminalą įplaukusių tanklaivių buvo viengubo korpuso (likusi dalis jų buvo dvigubo borto ar dvigubo korpuso). Tyrimo metu renkant duomenis apie konkrečių tanklaivių konstrukciją, laivų duomenų bazėse ši informacija ne visada buvo pasiekama. Todėl korpuso konstrukcija (viengubo korpuso, dvigubo borto ar dvigubo korpuso), kada nebuvo duomenų, buvo nustatoma atsižvelgiant į tanklaivių pastatymo datą, žinant, kad pagal MARPOL 73/78 konvencijos [99] reikalavimus tanklaivių konstrukcijai taikomi tokie reikalavimai:

- Viengubo korpuso bei dvigubo borto tanklaiviai, kurių dedveitas 20000 t ir daugiau galėjo būti pastatyti iki 1995 metų;
- Viengubo korpuso bei dvigubo borto tanklaiviai, kurių dedveitas nuo 5000 iki 20000 t galėjo būti pastatyti iki 1993 metų.

Numatomi tanklaivių korpuso konstrukcijos pokyčiai

Pagal galiojančius tarptautinius reikalavimus [99] bei atsižvelgiant į tanklaivių konjunktūros kitimo prognozes [97], beveik visi viengubo korpuso bei dvigubo borto tanklaiviai palaipsniui bus išvesti iš eksploatacijos iki 2015 metų pabaigos. Po šios datos, pasaulinį tanklaivių laivyną, išskyrus nedideles išimtis, sudarys tik dvigubo korpuso tanklaiviai. Tarptautinės tanklaivių savininkų asociacijos (Intertanko) skaičiavimais [55] jau 2010 metų pabaigoje viengubo korpuso bei dvigubo borto tanklaivių turėtų būti likę 19 %, lyginant su visais rinkoje esančiais tanklaiviais. Tačiau tiksliai įvertinti kaip iki 2015 metų keisis viengubo korpuso tanklaivių, eksploatuojamų Lietuvos atsakomybės rajone, nėra galimybių, kadangi nežinoma, kokius tanklaivius rinksis frachuotojai. 4.7 lentelėje pateikiama tanklaivių, operuojančių LAR, konjunktūra ir jos kitimo prognozė.

Prognozuojant LAR eksploatuojamų tanklaivių konjunktūros kitimo tendencijas, svarbu paminėti ir galimai numatomą statyti giliavandenį uostą, kurį uosto vystymo studijos duomenimis [98] būtų galima pradėti eksploatuoti ne anksčiau kaip 2015 metais, tačiau įvertinus šiuo metu susidariusią situaciją, šis terminas realiai nusikeltų dar bent 5 metams. Uostą numatoma naudoti naftai ir jos produktams krauti. Pastačius tokį uostą, į jį įplauktų tik dvigubo korpuso tanklaiviai, kadangi, kaip jau minėta anksčiau, viengubo korpuso tanklaivių eksploatacija iki šios datos būtų baigta. Toks giliavandenis uostas priimtų bet kokio dydžio tanklaivius, galinčius įplaukti į Baltijos jūrą. Pagal minėtos studijos duomenis, tanklaiviams skirta krantinė giliavandeniame uoste būtų 310 metrų, o gylis prie jos 17 m, joje 2025 galėtų būti kraunama 12 mln. t. naftos per metus ir jos produktų. Panašu, kad įplaukiančių tanklaivių skaičius didėtų nežymiai, lyginant su esama situacija, kadangi didėtų ir vidutinis įplaukiančių tanklaivių dedveitas. Taigi pastačius giliavandenį uostą į jį

įplaukiančių tanklaivių konjunktūra būtų panaši į Būtingės naftos terminalo aptarnaujamų tanklaivių.

4.7 lentelė. Tanklaivių, operuojančių LAR, konjunktūra ir jos kitimo prognozė

Laikotarpis	Vidutinis vieno į LAR įplaukiančio tanklaivio krovininių talpų tūris, m ³		Į LAR įplaukiančių tanklaivių, kuriais gabenamas krovinys, skaičius per metus			
	KU	BNT	KU		BNT	
			VK	DK, DB	VK	DK, DB
2003–2006*	32,0	125	350	150	30	70
2015–2020**	40	140	0	600	0	150

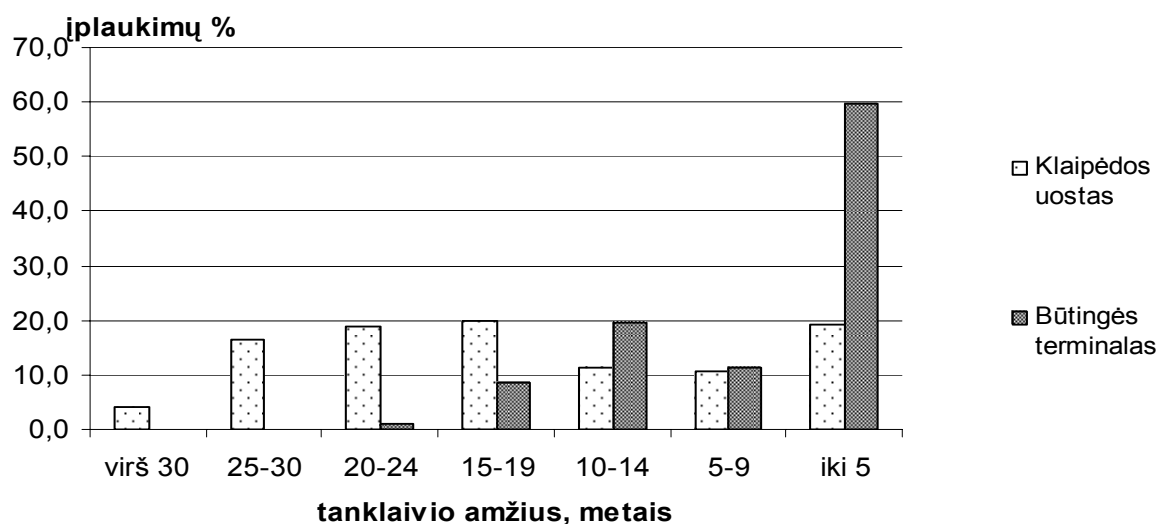
Paaiškinimai: KU – Klaipėdos uostas; BNT – Būtingės naftos terminalas; VK – viengubo korpuso tanklaivis; DK – dvigubo korpuso tanklaivis; DB – dvigubo borto tanklaivis
 * – nurodyto laikotarpio vidutiniai duomenys
 ** – prognozė, atlikta įvertinus uosto vystymo studijoje [98] numatomas didėjančias naftos ir jos produktų transportavimo apimtis, tanklaivių vidutinio dydžio padidėjimą [55].
 Pasiskirstymas 2015–2020 metais tarp VK ir DK, DB įvertintas atsižvelgiant į pasaulines tanklaivių konjunktūros kitimo prognozes, žr. [97].

Pirminiai duomenų šaltiniai: Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos bei Lietuvos saugios laivybos administracijos informacija

LAR eksploatuojamų tanklaivių atitiktis visuotiniams saugos standartams

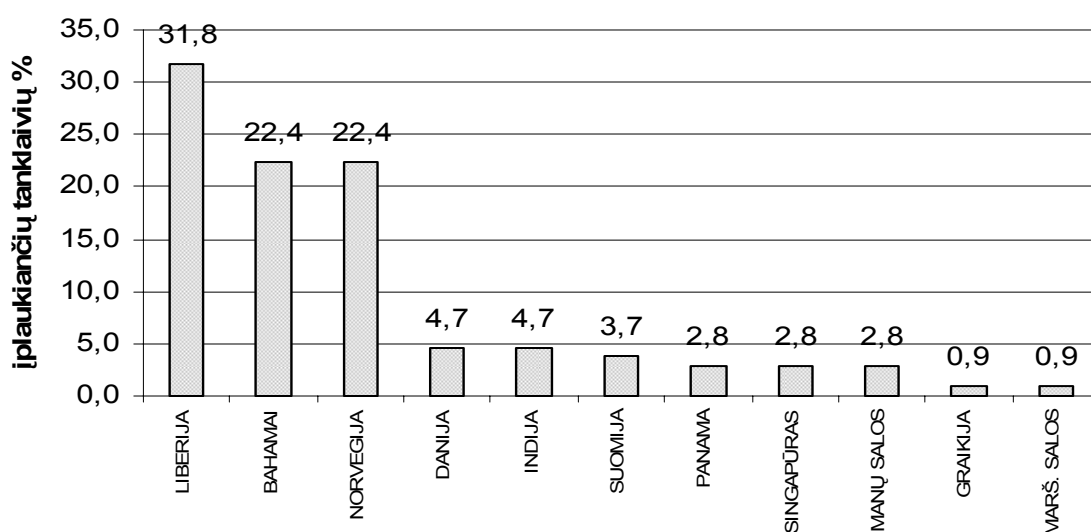
Kaip parodė antrame skyriuje atlikti tyrimai, tanklaivio atitiktis visuotiniams saugios laivybos reikalavimams yra vienas iš svarbesnių kriterijų, nuo kurių priklauso avarinio taršos įvykio tikimybė. Tanklaivių, eksploatuojamų LAR, atitiktis lygi šiems standartams nustatysime vadovaudamiesi kriterijais, pagal kuriuos Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumas laivus priskiria didesnės rizikos laivams (2 disertacijos skyrius).

Į Klaipėdos uostą įplaukia senesnės statybos (vidutinis amžius 15,8 metų) ir dažniau viengubo korpuso konstrukcijos tanklaiviai, lyginant su esamu pasauliniu tanklaivių laivynu. Tuo tarpu į Būtingės terminalą įplaukia palyginti naujos statybos (vidutinis amžius 5,9 metų), dažniau dvigubo korpuso tanklaiviai. Į Lietuvos uostus įplaukiantys viengubo korpuso tanklaiviai yra gana seni (į Klaipėdos uostą įplaukiančių viengubo korpuso tanklaivių vidutinis amžius – 19,4 m., į Būtingės naftos terminalą – 13,1 m.). Tanklaivių, įplaukusių į Lietuvos uostus 2003–2006 metais, amžius pasiskirsto kaip parodyta 4.6 pav.

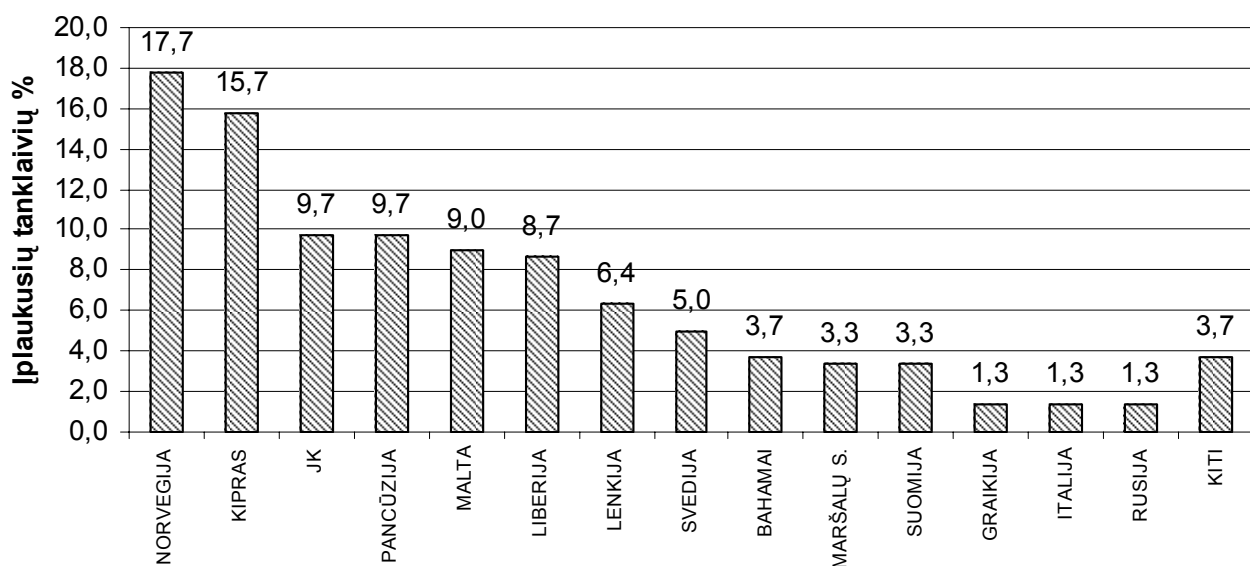


4.6 pav. Tanklaivių, įplaukusių į Lietuvos uostus 2003–2006 metais amžius

Laivo vėliava (registracijos uostas) labai svarbus kriterijus, leidžiantis netiesiogiai įvertinti jo keliamą riziką jūros aplinkai bei saugiai laivybai. Tuo tikslu ištirtas 2003 – 2006 metais į Lietuvos uostus įplaukusių tanklaivių pasiskirstymas pagal registracijos uostą (žr. 4.7, 4.8 pav.). Nagrinėjant valstybių, su kurios vėliava plaukioja laivas, sulaikymus, įvykdytus 2003–2006 metais uosto kontrolės pareigūnų Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo regione, visos valstybės nurodytos 4.7 ir 4.8 pav., išskyrus Rusiją ir Lenkiją, buvo įtrauktos į „Baltąjį sąrašą“ ir laivai, plaukiojantys su šių valstybių vėliavomis, traktuojami kaip keliantys nedidelę riziką laivybai [38]. Rusija ir Lenkija pagal tų pačių metų statistiką įtrauktos į „Pilkąjį sąrašą“ ir traktuojami kaip vidutinę riziką keliantys laivai.

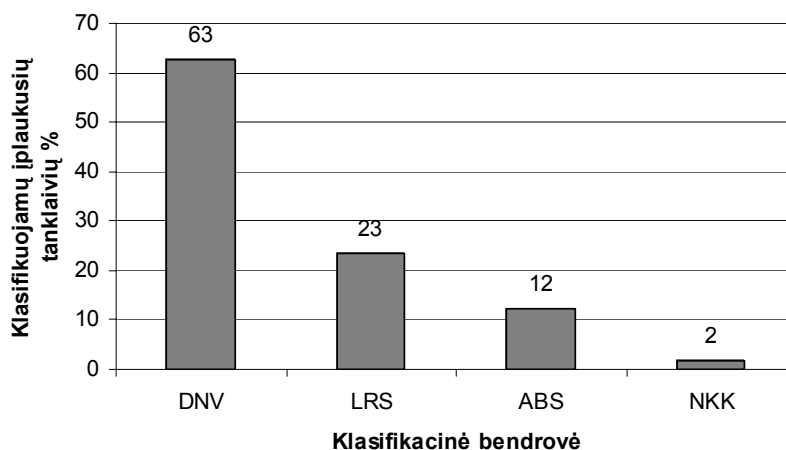


4.7 pav. Valstybės, kuriuose registruoti tanklaiviai, 2003–2006 metais įplaukė į Būtingės naftos terminalą.



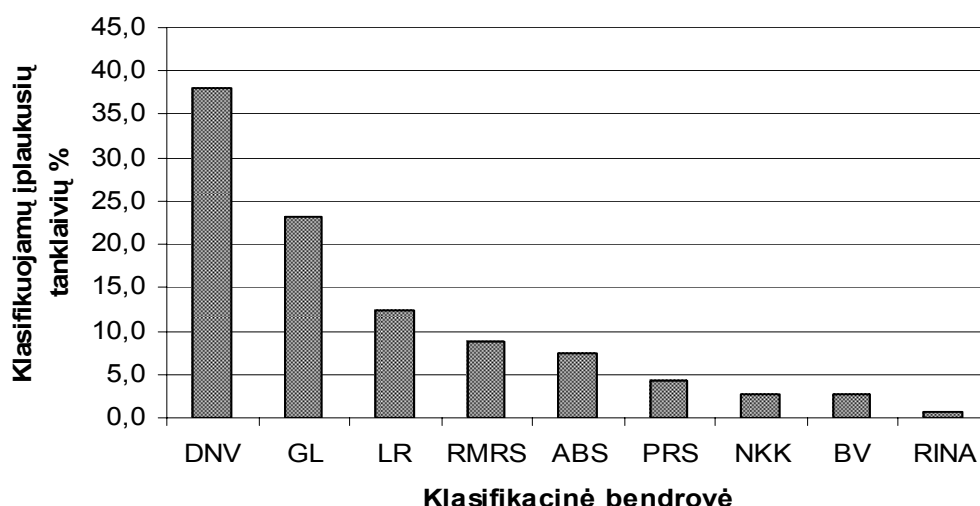
4.8 pav. Valstybės, kuriose registruoti tanklaiviai, 2003–2006 metais įplaukė į Klaipėdos uostą.

Laivo priežiūrą atliekanti klasifikacinė bendrovė – kriterijus, netiesiogiai leidžiantis įvertinti jo keliamą riziką jūros aplinkai bei saugiai laivybai. Tuo tikslu ištirtas 2003–2006 metais į Lietuvos uostus įplaukusių tanklaivių pasiskirstymas pagal juos prižiūrinčias klasifikacines bendroves (4.9, 4.10 pav.).



4.9 pav. Klasifikacinės bendrovės, 2003–2006 metais prižiūrėjusios į Būtingės naftos terminalą įplaukusius tanklaivius

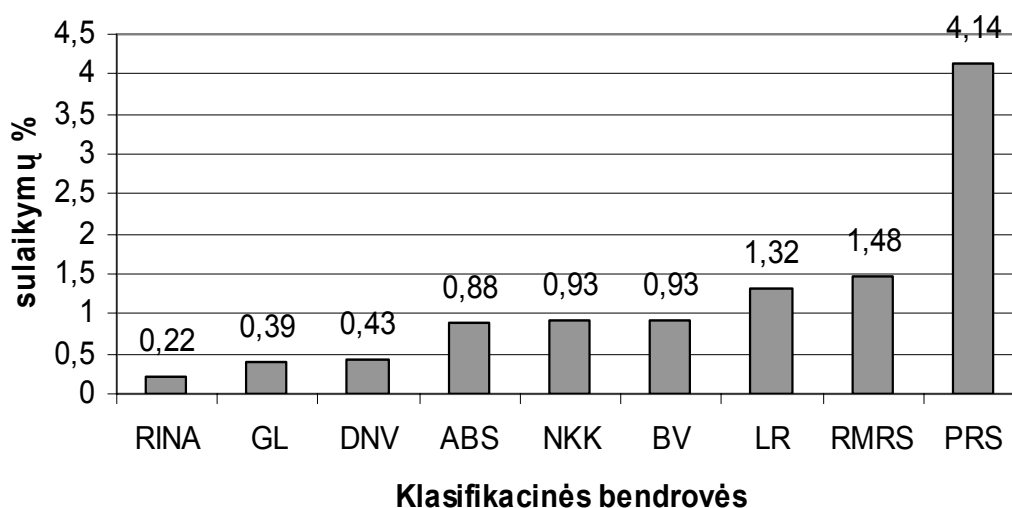
Nustatyta, kad visas klasifikacines bendroves – Det Norske Veritas (DNV), Lloyd's Register of Shipping (LRS), Germanischer Lloyd (GL), Bureau Veritas (BV), Russian Maritime Register of Shipping (RMRS), Nippon Kaiji Kyokai (NKK), Registro Italiano Navale (RINA), American Bureau of Shipping (ABS), išskyrus Polskij Rejestr Statkow (PRS) Europos Komisija yra pripažinusi kaip tinkamai vykdančias laivų priežiūrą.



4.10 pav. Klasifikacinės bendrovės, 2003–2006 metais prižiūrėjusios į Klaipėdos uostą įplaukusius tanklaivius

Kaip matome, palyginti nedidelė dalis į LAR įplaukiančių tanklaivių yra prižiūrima Europos Sąjungoje nepripažintų klasifikacinių bendrovių (PRS – 5 %), o į Būtingės naftos terminalą 2003–2006 metų duomenimis įplaukia tik ES pripažintų klasifikacinių bendrovių tanklaiviai.

Pagal 2005 metų Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo sekretoriato duomenis [38], 4.11 pav. pateikiamas Baltijos jūros bei kituose Europos uostuose sulaikytų laivų procentas, priklausomai nuo laivą prižiūrinčios klasifikacinės bendrovės.



4.11 pav. Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo regione 2005 metais sulaikytų laivų procentas pagal laivus prižiūrinčias klasifikacines bendroves.

Kaip matyti, ES nepripažintos klasifikacinės bendrovės Polskij Rejestr Statkow (PRS), prižiūrimi laivai sulaikymų požiūriu demonstruoja blogiausius rezultatus, lyginant su kitomis ES pripažintomis klasifikacinėmis bendrovėmis. Panašius rezultatus demonstruoja ir kitos ES nepripažintos klasifikacinės bendrovės [38].

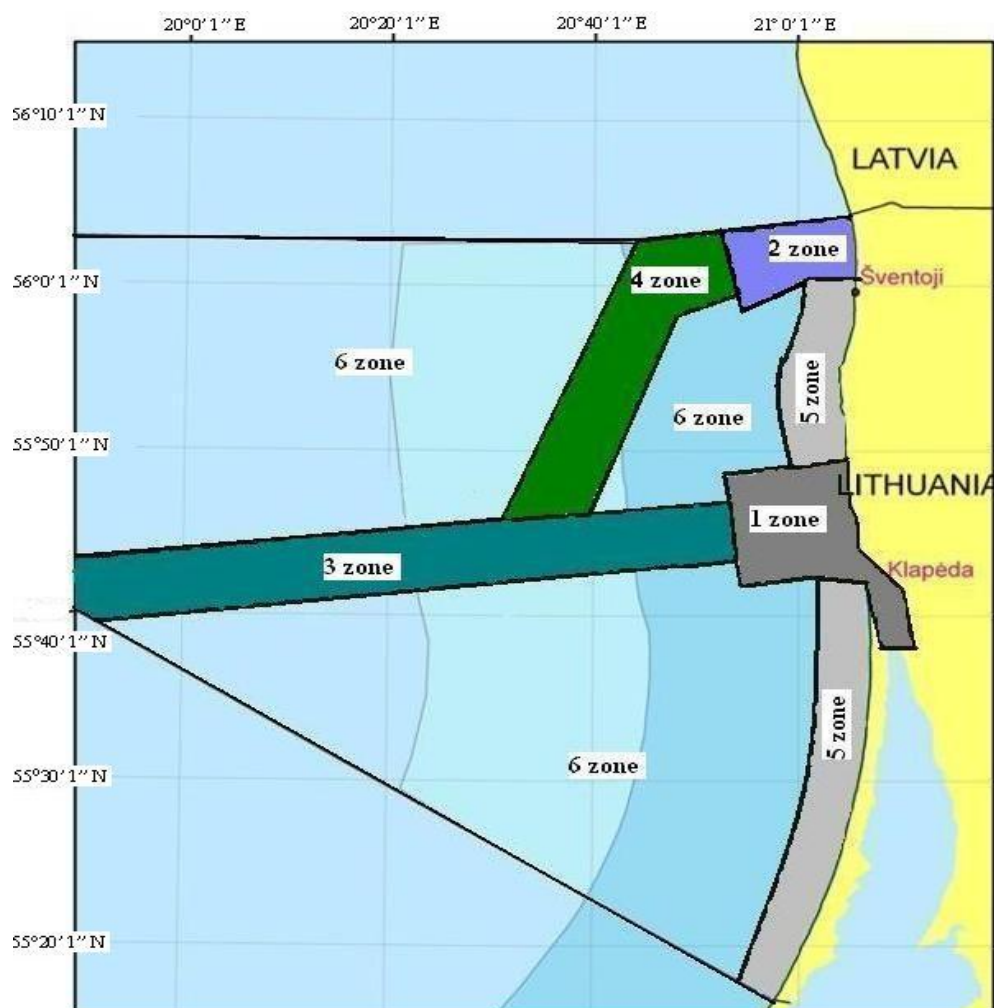
Taigi Lietuvos atsakomybės zonoje 2003–2006 metais eksploatuotų tanklaivių techninė būklė įvertinta atsižvelgiant į jų amžių, prižiūrinčią klasifikacinę bendrovę ir laivo vėliavą (registracijos uostą). Apibendrinti atlikto vertinimo rezultatai ir su tanklaivio technine būkle susijusios avarinės taršos rizikos mažinimo galimybės pateikiamos 4.8 lentelėje. Lietuvos atsakomybės rajone eksploatuojamų tanklaivių bendrą techninę būklę būtų galima pagerinti sudarius palankias sąlygas krovinio siuntėjui frachuoti naujesnės statybos, Europoje pripažintų klasifikacinių bendrovių bei „Baltojo sąrašo“ valstybių tanklaivius.

4.8 lentelė. 2003–2006 metais LAR eksploatuotų tanklaivių techninę būklę apibūdinantys parametrai ir jų gerinimo galimybės

Techninę būklę apibūdinantis parametras	Parametrų apibūdinimas	Avaringumo rizikos mažinimo galimybės
Amžius	Didėjant tanklaivio amžiui, blogėja jo techninė būklė. Šiuo požiūriu didesnę riziką kelia Klaipėdos uosto zonoje eksploatuojami tanklaiviai (vidutinis amžius 15,8 metų) nei Būtingės naftos terminalo zonoje operuojantys tanklaiviai (vidutinis amžius 5,9 metų).	Naftą ir jos produktus per Klaipėdos uostą transportuoti naujesnės statybos tanklaiviais
Prižiūrinti klasifikacinę bendrovę	Europoje pripažintos klasifikacinės bendrovės, prižiūrinčios laivus, geriau užtikrina jų techninės būklės atitikimą tarptautiniams reikalavimams nei kitos klasifikacinės bendrovės. Klaipėdos uosto zonoje yra įplaukę tanklaivių, prižiūrimų ES nepripažintų klasifikacinių bendrovių.	Naftą ir jos produktus transportuoti Europoje pripažintų klasifikacinių bendrovių prižiūrimais tanklaiviais
Tanklaivio vėliavos reitingas pagal Paryžiaus SM sekretoriato statistiką	Tanklaivių, plaukiojančių su valstybių vėliavomis, kurios yra įtrauktos į „Baltąjį sąrašą“ avaringumo rizika yra mažesnė. Šiuo požiūriu didesnę riziką kelia Klaipėdos uoste zonoje eksploatuojami tanklaiviai, nes dalis jų registruoti valstybėse, įtrauktose į „Pilkąjį sąrašą“.	Naftą ir jos produktus transportuoti „Baltojo sąrašo“ valstybėse registruotais tanklaiviais

4.3 Avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybės prognozės LAR rezultatai

Disertacijos 3 skyriuje pateikta avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės prognozavimo metodika buvo pritaikyta Lietuvos atsakomybės rajonui (LAR). 4.12 pav. pateikiama LAR suskirstymo į atskiras avarinių naftos išsiliejimų zonas schema. 1 – ajai zonai priklauso Klaipėdos uostas ir jo prieigos (šioje zonoje tanklaiviai galimai stovi reide, vykdoma jų krova), 2 – ajai priklauso Būtingės naftos terminalo krovos zona, 3 – ajai – laivų eismo linija į Klaipėdos uostą, 4 – ają zona tanklaiviai plaukia į ir iš Būtingės naftos terminalo, 5 – oji zona atitinka vietą, kurioje egzistuoja tikimybė tanklaiviui nukrypus nuo kurso užplaukti ant seklumos ir 6 – oji zona – visas likęs Lietuvos atsakomybės rajonas, kuriame tanklaivių eismas paprastai nevyksta. Verta pažymėti, kad 3 – iosios ir 4 – osios zonų (laivybos maršrutų) plotis lygus 4 j. m., 5 – ojoje zonoje esantys gyliai kelia grėsmę laivui liesti gruntą.



4.12 pav. Lietuvos atsakomybės rajono suskirstymas į avarinių naftos išsiliejimų zonas

LAR suskirstymas į zonas atliktas vadovaujantis dominuojančių veiksnių įtakos avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybei tolygumo principu. Avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybių, įvykus tanklaivio avarijai $P(T|K_{zk})$ reikšmės (4.9 lentelė) priimtos atsižvelgiant į disertacijos 3 skyriuje pateiktas rekomendacijas bei įvertinus, kad 2003–2006 metų duomenimis į Būtingės naftos terminalą įplaukė daugiausia dvigubo korpuso konstrukcijos tanklaiviai, o į Klaipėdos uostą – daugiausiai viengubo korpuso tanklaiviai (4.7 lentelė). Kitus 4.9 lentelėje nurodytus parametrus P_Z ir $P(K_{zk})$, reikalingus avarinio išsiliejimo incidento pilnosios tikimybės pasiskirstymui LAR zonose įvertinti, nustatė ekspertai, vadovaujantis disertacijos 3 skyriuje pateiktomis rekomendacijomis. Vertinimą atliko 4 laivybos ekspertai, du iš jų turėjo didesnę nei 7 metų laivavedžio patirtį, trečiasis 8 metus dalyvavo laivų avarijų tyrimuose, o ketvirtasis turėjo 12 metų laivų mechaniko patirtį.

4.9 lentelė. Tyrimo metu nustatyti LAR avarinio naftos išsiliejimo tikimybių parametrai

LAR zona	P_Z	Avarijos kategorija*	P_k (tikimybės P_Z pasiskirstymas pagal avarijos kategorijas)	Avarijos tikimybė zonoje $P(K_{zk})$ $P(K_{zk}) = P_Z \cdot P_k$	Išsiliejimo tikimybė įvykus tanklaivio avarijai $P(T K_{zk})$
Z_1	0,5	K_1	0,6	0,3	0,1
		K_2	0,3	0,15	0,45
		K_3	0,05	0,025	0,06
		K_4	0,05	0,025	0,14
Z_2	0,25	K_1	0,55	0,1375	0,1
		K_2	0,3	0,075	0,2
		K_3	0,1	0,025	0,06
		K_4	0,05	0,0125	0,14
Z_3	0,1	K_1	0	0	–
		K_2	0,7	0,07	0,35
		K_3	0,15	0,015	0,06
		K_4	0,15	0,015	0,14
Z_4	0,05	K_1	0	0	–
		K_2	0,6	0,03	0,2
		K_3	0,25	0,0125	0,06
		K_4	0,15	0,0075	0,14
Z_5	0,05	K_1	1	0,05	0,1
		K_2	0	0	–
		K_3	0	0	–
		K_4	0	0	–
Z_6	0,05	K_1	0	0	–
		K_2	0	0	–
		K_3	0,4	0,02	0,06
		K_4	0,6	0,03	0,14

* – K_1 – užplaukimas ant seklumos/grunto lietimasis; K_2 – susidūrimas/atsitrenkimas; K_3 – gaisras/sprogimas; K_4 – korpuso struktūros pažeidimas

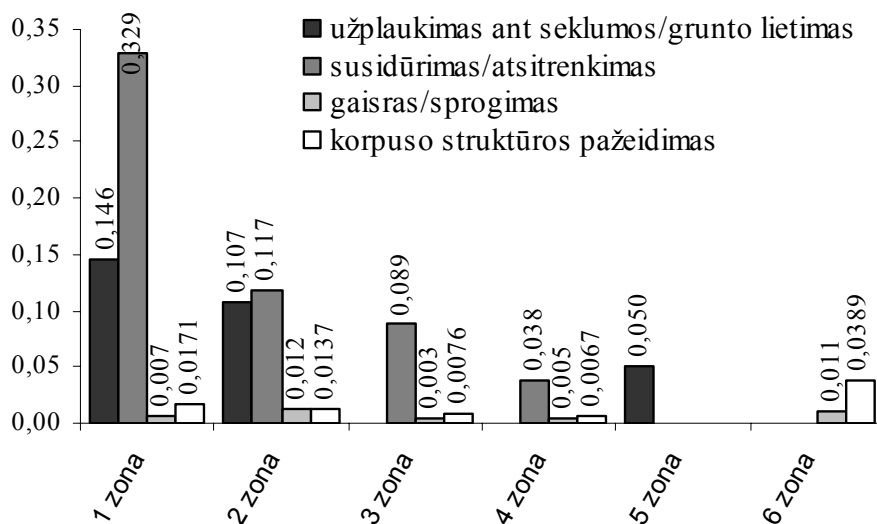
Pagal 4.9 lentelės duomenis sugrupavus visų LAR zonų avarių tikimybes pagal kategorijas, gauname – $\sum_{Z=1}^6 P(K_{z1}) = 0,49$, $\sum_{Z=1}^6 P(K_{z2}) = 0,32$, $\sum_{Z=1}^6 P(K_{z3}) = 0,10$, $\sum_{Z=1}^6 P(K_{z4}) = 0,09$. Gautas užplaukimų ant seklumų ir susidūrimų santykis yra 0,6 : 0,4, o tai atitinka 3.20 formulę, sudarytą pagal ilgalaikę pasaulinę tanklaivių avarių statistiką. Todėl skaičiuojant vidutinį naftos išsiliejimo kiekį O_M Lietuvos atsakomybės rajonui, turi būti vadovaujamasi minėta formule. Tanklaivių avarių scenarijai sumodeliuoti keturioms pagrindinėms avarių kategorijoms, įvertinus, kuriai iš LAR zonų jie yra būdingi. Modeliuojant scenarijus atsižvelgta į Lietuvos institucijose įregistruotų avarių, įvykusių Lietuvos atsakomybės rajone, atlikto eksperimentinio tyrimo duomenis. Modeliuojant scenarijus atmetos nesusijusios su galima avarine tarša avarijos. Ištyrus tanklaivio korpuso struktūros pažeidimų bei gaisrų, kaip pirminių avarijos priežasčių, statistiką, nustatyta, kad Lietuvos atsakomybės rajone šio tipo avarių, sukėlusių aplinkos taršą, apskritai nėra įvykę, todėl šioms avarių kategorijoms sumodeliuota po vieną scenarijų. 4.10 lentelėje pateikiami sumodeliuoti tanklaivių avarių, galinčių sukelti taršą, scenarijai [57], nurodant, kuriai tanklaivio avarijos kategorijai jie priklauso, bei kuriai LAR zonai jie yra būdingi.

4.10 lentelė. LAR sumodeliuoti tanklaivių avarių, galinčių sukelti naftos išsiliejimą, scenarijai ir juos atitinkančios zonos bei avarijos kategorijos

Avarijos kategorija	Sumodeliuoti scenarijai		Avarijos zona (4.12 pav.)					
			1	2	3	4	5	6
K_1	S_{z1}	Plaukiantis tanklaivis dėl jį valdžiusių (tiek įgulos, tiek kranto personalo) asmenų kaltės nukrypsta nuo farvaterio, užplaukia ant seklumos ir patiria korpuso dugno pažeidimą.	x	x			x	
	S_{z2}	Farvateriu plaukiantis tanklaivis dėl neteisingo pakrovimo ar netikslumų jūrlapyje liečia gruntą. Patiriamas korpuso dugno pažeidimas.	x					
	S_{z3}	Plaukiantis tanklaivis dėl mechanizmų gedimų tampa nevaldomas ir užplaukia ant seklumos, patirdamas korpuso dugno pažeidimą.	x	x			x	
K_2	S_{z4}	Plaukiantis tanklaivis dėl susidūrimo prevencijos taisyklių nesilaikymo susiduria su kitu laivu ir patiria korpuso šono pažeidimą.	x	x	x	x		
	S_{z5}	Tanklaiviui stovint prie krantinės ar kito objekto nutrūksta švartavimosi lynas ir laivas atsitrenkia į kitą laivą, krantinę ar kitokį nejudantį objektą. Patiriamas korpuso šono pažeidimas.	x	x				
	S_{z6}	Švartavimosi metu tanklaivis atsitrenkia į kitą laivą, krantinę ar kitokį objektą. Patiriamas korpuso šono pažeidimas.	x	x				
K_3	S_{z7}	Tanklaivyje kyla gaisras arba įvyksta sproginimas.	x	x	x	x		x
K_4	S_{z8}	Tanklaivis patiria korpuso struktūros pažeidimą.	x	x	x	x		x

Ekspertams įvertinus šiuos scenarijus (išdėsčius juos pagal svarbą), pagal (3.9) formulę apskaičiuoti atitikties koeficientai W pirmosioms keturioms LAR zonoms (5 ir 6 zonų scenarijų, dėl ypač mažos avarinės taršos tikimybės jose, ekspertai nereitingavo). Skaičiavimų rezultatai rodo (4.11 lentelė), kad ekspertai pakankamai vienareikšmiškai vertino scenarijų svarbą, todėl laikysime, kad atlikto vertinimo patikimumas yra pakankamas.

Pagal 3.4 formulę įvertintas tanklaivio avarijos su išsiliejimu pilnosios tikimybės pasiskirstymas LAR zonose grafiškai pavaizduotas 4.13 pav.



4.13 pav. Avarinio naftos išsiliejimo pilnosios tikimybės pasiskirstymas LAR zonose

4.11 lentelė. Sumodeliuotų scenarijų ekspertinio vertinimo (reitingavimo) rezultatai

LAR zona (žr. 4.12 pav.)	Ekspertai	Sumodeliuoti scenarijai (žr. 4.10 lentelę)								W
		S_{z1}	S_{z2}	S_{z3}	S_{z4}	S_{z5}	S_{z6}	S_{z7}	S_{z8}	
1	I	1	2	3	5	4	6	8	7	0,945
	II	2	1	4	3	5	6	7	8	
	III	1	2	4	3	5	6	7	8	
	IV	2	1	3	4	5	6	7	8	
2	I	5	–	2	4	1	3	7	6	0,903
	II	4	–	1	5	2	3	7	6	
	III	5	–	3	4	1	2	6	7	
	IV	5	–	1	4	3	2	6	7	
3	I	–	–	–	1	–	–	2	3	0,848
	II	–	–	–	1	–	–	2	3	
	III	–	–	–	1	–	–	2	3	
	IV	–	–	–	1	–	–	3	2	
4	I	–	–	–	1	–	–	2	3	0,848
	II	–	–	–	1	–	–	2	3	
	III	–	–	–	1	–	–	2	3	
	IV	–	–	–	1	–	–	3	2	

Taigi atlikus tyrimą Lietuvos atsakomybės rajonui nustatyta, kad tanklaivio užplaukimo ant seklumos tikimybė yra didžiausia Klaipėdos uosto zonoje (žr. 4.12 ir 4.13 pav.) ir du kartus viršija susidūrimo ar atsitrenkimo tikimybę šiame rajone. Tačiau daugiau ne du kartus labiau tikėtina, kad avarinis naftos išsiliejimo incidentas Klaipėdos uosto zonoje įvyks dėl tanklaivio susidūrimo ar atsitrenkimo, nei dėl užplaukimo ant seklumos ar grunto lietim.

Verta atkreipti dėmesį į tai, kad pastaraisiais dešimtmečiais tanklaivių avaringumas ženkliai mažėjo (Intertanko duomenimis [55], vien tanklaivių avarių laikotarpiui nuo 1992 iki 2004 sumažėjo 5 kartus), be to, tobulėjant tanklaivio konstrukcijai ir į eksploataciją įvedant vis daugiau dvigubo korpuso tanklaivių avarinės taršos tikimybė taip pat mažėja (2.2 pav). Todėl tikimybę, kad LAR per metus gali įvykti bent vienas avarinis naftos išsiliejimo incidentas $P_{\Sigma T}$, skaičiuosime dviems laikotarpiais – dabartiniam (pagal 2003–2006 metų skaičiavimams naudotinus vidutinius parametrus) ir 2015–2020 metų. Skaičiavimų, atliktų pagal (3.7) formulę, rezultatai pateikiami 4.12 lentelėje. Dabartiniam laikotarpiui vidutinė metinė vieno pasaulyje eksploatuojamo tanklaivio avarijos tikimybė $P_{ty(2003-2006)}$ prilyginta 0,065 (2004 metų duomenys pagal [30]), o 2015–2020 metų prognozei, atsižvelgiant į minėtas avaringumo mažėjimo tendencijas, kurios, akivaizdu, dėl nuolat griežtėjančių visuotinių saugios laivybos standartų, tobulėjančių navigacinių priemonių ir toliau mažės, $P_{ty(2015-2020)} = 0,050$. Pagal šaltinių [100] ir [93] duomenis 2003–2006 metų prognozei koeficientas, parodantis, kokia dalis tanklaivių avarių sukelia avarinį naftos išsiliejimo incidentą, priimtas $k_{(2003-2006)} = 0,12$, o 2015–2020 m. – $k_{(2015-2020)} = 0,075$ (šiuo laikotarpiu viengubo korpuso tanklaiviai jau nebebus eksploatuojami). Tanklaivių įplaukimo į LAR skaičius per metus n priimtas pagal 4.7 lentelėje pateiktus duomenis. Laikyta, kad į LAR įplaukęs tanklaivis ten išbūna vidutiniškai $t_{\Sigma} = 1,7$ paros. Vidutinis tanklaivio krovos terminale laikas $t_k = 0,8$ paros (2003–2006 metų vidutiniai duomenys).

4.12 lentelė. Avarinės taršos įvykio LAR tikimybės įvertinimo rezultatai

Progozė laikotarpiui	n	k	P_{ty}	t_k	t_{Σ}	$P_{\Sigma T}$	Avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio periodiškumas, metais
1997*	—						16–17
2003–2006	600	0,12	0,065	0,8	1,7	0,01147	87
2015–2020	750	0,075	0,050			0,00694	145
* V. Smailio et al 1997 metų prognozė [10].							

Palyginimui 1997 metais atliktos studijos [10] duomenimis avarinio naftos išsiliejimo incidento prognozuotas dažnumas LAR – 1 avarija per 16–17 metų. Tokius avarinio naftos išsiliejimo incidento tikimybės rodiklių skirtumus LAR lemia aukščiau nurodytos tanklaivių avaringumo mažėjimo tendencijos bei tai, kad tuo laikotarpiu dvigubo korpuso tanklaiviai sudarė tik kelis procentus pasaulinio tanklaivių laivyno [55].

4.4. Išsiliejusio krovinio kiekio iš avariją patyrusio tanklaivio tyrimo rezultatai

Panašaus dedveito tanklaivių, turinčių tokią pat krovinių talpų išsidėstymo schemą, korpuso konstrukciją (viengubo, dvigubo korpuso), bei nedaug besiskiriančius parametrus Y_s , Z_l (2.4 pav.), naftos išsiliejimo parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ skiriasi nedaug [81]. Siekiant įvertinti tam tikrame laivybos rajone eksploatuojamų tanklaivių taršos incidentų sukeltamų pasekmių mastą prevencijos lygį, žinant šių tanklaivių konjunktūrą, tikslinga tanklaivius sugrupuoti į atskiras grupes, pagal būdingus jų konstrukcijos požymius. 4.13 lentelėje pateikiami naftos išsiliejimo parametrai, skirtingo dydžio bei korpuso konstrukcijos tanklaiviams, nustatyti remiantis tikimybine bei supaprastinta tikimybine metodikomis.

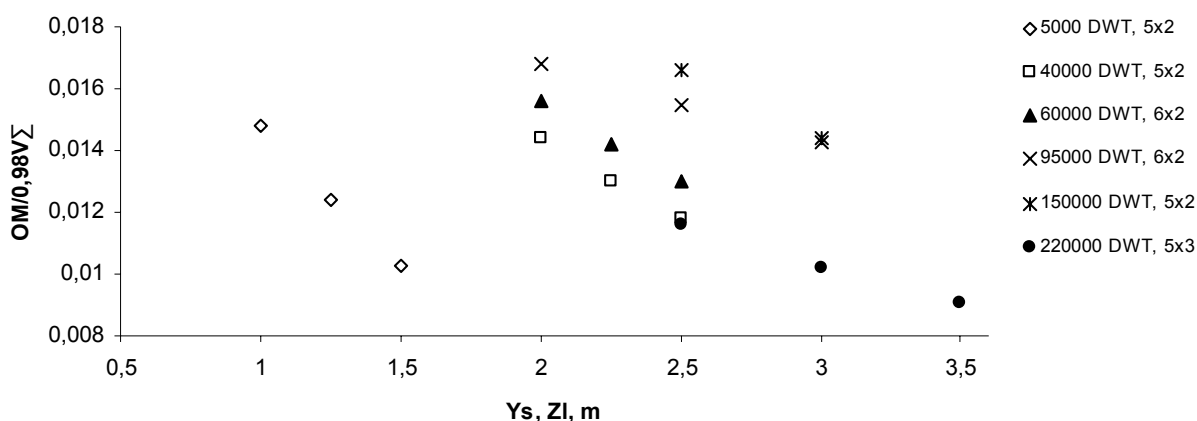
4.13 lentelė. Skirtingo dedveito bei korpuso konstrukcijos tanklaivių naftos išpylimo parametrai

Naftos išsiliejimo parametras	Tanklaivio konstrukcija	Metodika/duomenų šaltinis, naudotas $O_M/0,98V_\Sigma$ įvertinti	Nuo 5000 iki 20000 DWT	Virš 20000 DWT
Vidutinis naftos išsiliejimo parametras ($O_M/0,98V_\Sigma$)	Viengubo korpuso	Tikimybinė/[33], [81]	0,038 – 0,055	0,046 – 0,081
		Supapr. tikimyb./ [26]	0,088 – 0,94	0,040 – 0,080
	Dvigubo borto	Tikimybinė/[33], [81]	n/d	0,064 – 0,065
		Supapr. tikimyb./ [26]	n/d	n/d
	Dvigubo korpuso	Tikimybinė/[33], [81]	0,009 – 0,25	0,007 – 0,025
		Supapr. tikimyb./ [26]	0,08 – 0,013	0,007 – 0,018
Nulinio naftos išsiliejimo tikimybė	Viengubo korpuso	Tikimybinė/[33], [81]	0,02 – 0,24	0,11 – 0,28
	Dvigubo borto		n/d	0,41 – 0,42
	Dvigubo korpuso		0,8 – 0,88	0,81 – 0,85

Kaip matyti iš 4.13 lentelėje esančių duomenų, vidutinis naftos išsiliejimo parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ yra didžiausias viengubo korpuso tanklaiviams (tai reiškia didžiausią išsiliejusio krovinio kiekį įvykus tanklaivio avarijai). Viengubo korpuso tanklaiviams, kurių dedveitas virš

20000 t šis parametras gali skirtis iki dviejų kartų. Mažesnės šio parametro reikšmės priklauso viengubo korpuso tanklaiviams, turintiems krovininėse talpose įrengtą išilginę pertvarą, o didesnės – neturintiems išilginės pertvaros krovininėse talpose. Išilginės pertvaros buvimas krovininėse talpose turi panašų poveikį vidutiniam naftos išsiliejimo parametrai ir dvigubo korpuso bei dvigubo borto tanklaiviams [81] (taip pat žr. 4.14 lentelę), tačiau tokiems tanklaiviams išilginės pertvaros krovininėse talpose nebuvimas yra mažiau juntamas.

Atstumas tarp tanklaivio dvigubo korpuso Y_s bei dvigubo dugno Z_l dvigubo korpuso konstrukcijos tanklaiviams taip pat turi įtakos parametro $O_M/0,98V_\Sigma$ reikšmei. Naudojantis trečiajame skyriuje sumodeliuota modifikuota supaprastinta tikimybine metodika atlikti 6 skirtingų dvigubo korpuso konstrukcijos tanklaivių naftos išsiliejimų parametrų skaičiavimai prie skirtingų Y_s bei Z_l (paprastumo dėlei pasirinkta $Y_s = Z_l$) žr. 4.14 pav. Grafike nurodomi tanklaivių dedveitas, t bei krovinių talpų išsidėstymo schema.



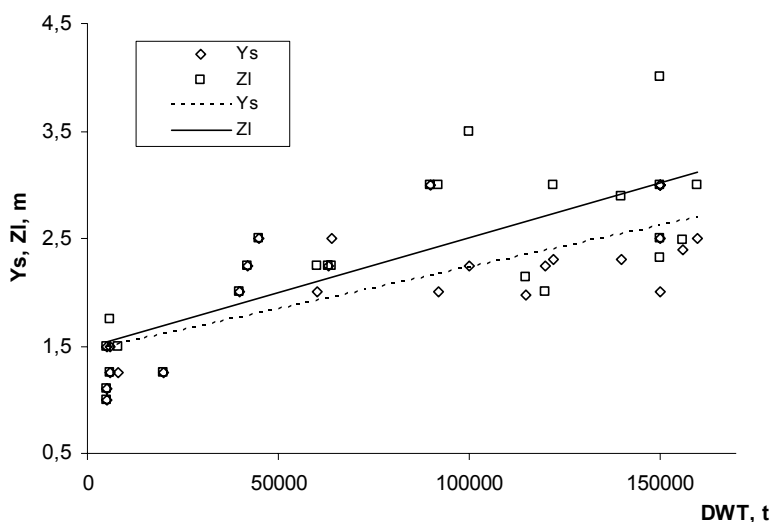
4.14 pav. Kai kurių tanklaivių naftos išsiliejimo parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ prie skirtingų Y_s ir Z_l ($Y_s = Z_l$)

Kaip matyti iš 4.14 pav. pavaizduoto grafiko, analogiškos korpuso konstrukcijos bei to paties dydžio tanklaiviams, priklausomai nuo Y_s ir Z_l reikšmių, parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ gali skirtis iki 50 %. Atstumams Y_s ir Z_l artėjant prie nulio (kai $Y_s = 0$ ir $Z_l = 0$ turime viengubo korpuso ir viengubo dugno korpuso variantą), parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ gali padidėti nuo keliolikos iki keliasdešimt kartų.

Operatyvine tvarka taikant modifikuotą naftos iš tanklaivių išsiliejimo metodiką, gali būti atvejų, kada pačiame pirminiame išsiliejusios naftos kiekio vertinimo etape Y_s ir Z_l yra nežinomi. Todėl buvo ištirtos 28 skirtingos konstrukcijos bei tonažo dvigubo korpuso tanklaivių, eksploatuojamų Baltijos jūroje Y_s ir Z_l skaitinės reikšmės (jos pateikiamos 4.15 pav.), kurių vidutinėmis reikšmėmis (jas atitinka grafike pavaizduotos tiesės) rekomenduojama pasinaudoti

pačiame pirminiame išsiliejusios naftos kiekio vertinimo etape, neradus duomenų 3.3 pav. nurodytose Internetinėse duomenų bazėse.

Atkreiptinas dėmesys, kad to paties tonažo tanklaiviams Y_s ir Z_l skaitinės reikšmės gali skirtis iki 2 kartų (4.15 pav.), todėl tokiu būdu gauti duomenys neužtikrina galutinio rezultatų patikimumo ir naudotini tik kaip orientaciniai. Gavus tikslius parametrų Y_s ir Z_l duomenis, jie suvedami į kompiuterinį skaičiavimo algoritmą vietoje nustatytų pagal 4.15 pav., tuo būdu užtikrinant patikimą galutinį rezultatą.

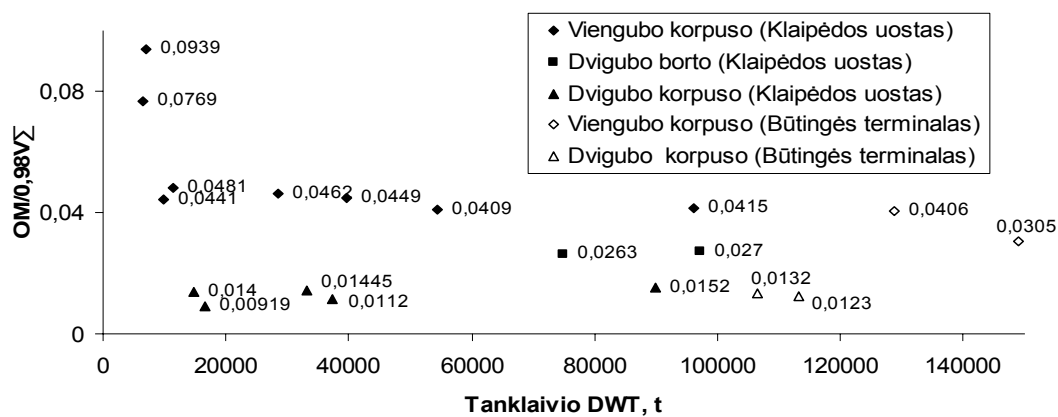


4.15 pav. Y_s ir Z_l parametrai skirtingo dedveito dvigubo korpuso tanklaiviams.

(Šaltinis: „Herbert Engineering Corporation”[81])

Svarbu pažymėti, kad tarptautinė MARPOL 73/78 konvencija [99] nustato tanklaivio korpuso konstrukcinius parametrus, užtikrinančius tinkamą tanklaivio taršos incidentų pasekmių mastų prevencijos lygį, pastarajam susidūrus ar užplaukus ant seklumos. Konvencija taip pat leidžia ir kitokią, nei joje nustatyta, tanklaivių konstrukciją, tačiau tokiu atveju turi būti užtikrinamas minimalus taršos incidentų pasekmių mastų prevencijos lygis. Šiam tikslui leidžiama naudotis tiek tikimybine [29], tiek supaprastinta tikimybine [44, 26] metodikomis. Pirmuoju atveju nustatomas taršos prevencijos indeksas, kuris negali viršyti konvencijoje nustatytų reikšmių. Antruoju atveju apskaičiuotas $O_M/0,98V_\Sigma$ parametras lyginamas su šio parametro leistinomis reikšmėmis, kurios tanklaiviams, pervežantiems iki 200000 m³ naftos ar jos produktų, neturi viršyti 0,015. Tiek taršos prevencijos indeksas, tiek MARPOL 73/78 konvencijos reikalaujamas $O_M/0,98V_\Sigma$ parametras apytikriai atitinka $O_M/0,98V_\Sigma = 0.015$ skaitinę reikšmę. Taigi visų tanklaivių, pastatytų 1994 metais ir vėliau, parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ yra mažesnis arba lygus 0,015.

Naudojantis trečiajame skyriuje sumodeliuota modifikuota supaprastinta tikimybine metodika, naftos išsiliejimo parametrai nustatyti 33 % į Klaipėdos uostą ir 23 % į Būtingės naftos terminalą 2003–2006 metais įplaukusiems tanklaiviams (4.16 pav., 4.14 lentelė).



4.16 pav. Naftos išsiliejimo parametrai, apskaičiuoti kai kuriems tanklaiviams, 2003–2006 metais įplaukusiams į Klaipėdos uostą bei Būtingės naftos terminalą

4.14 lentelė. 2003–2006 metais į Klaipėdos uostą bei Būtingės naftos terminalą įplaukusių tanklaivių konstrukciniai duomenys ir nustatyti išsiliejimo parametrai

Tank-laivio DWT, t	IMO Nr.	Pasta-tymo m.	Talpų išdės-tymas	Y_s , m	Z_l , m	L , m	B_s , m	d_s , m	D_s , m	$0,98V_{\Sigma}$, m ³	O_{MS}	O_{MB}	O_M	Įplaukimų sk.
Į Klaipėdos uostą 2003–2006 m. įplaukę tanklaiviai														
6400	8010427	1981	7x1	0	1,0	106,48	15,8	7,16	8,01	6214	1131	42,32	478	16
11474	7813327	1980	6x2	0	1,2	132,8	21,2	7,3	10,7	12841	1382	128	630	36
9721	7382990	1976	6x2	0	1,0	127,21	17,2	7,9	10,01	11783	1173	84	520	63
7052	7368774	1974	5x1	0	1,0	111,3	16,0	7,75	8,92	6638	1504	36	623	84
28610	8623963	1987	6x2	0	1,2	165,0	25,3	11,0	15,0	36571	3728	331	1690	80
39742	7923562	1982	6x2	0	2,0	169,02	32,3	11,22	15,12	43345	4441	286	1948	4
54502	8315657	1984	7x2	0	2,0	200,44	32,2	12,65	17,35	61807	5579	410	2478	4
96136	8907553	1978	7x2	0	2,5	232,0	42	13,62	20,4	110566	9624	419	4341	4
97097	9006899	1993	7x2	0,8	2,0	233,0	41,8	13,62	20,0	102490	5614	871	2768	4
74928	9014729	1992	6x2	0,7	2,0	224,6	32,2	14,48	19	81669	4629	495	2149	4
16613	9261102	2002	6x3	1,2	1,2	133,8	23	8,9	12,4	18122	221	130	166,5	16
14895	9204049	2000	7x2	1,2	1,2	126,0	22	9,2	12,4	15839	363	127	221	24
33100	9065170	1995	7x1	2	2	178,96	25,3	11,37	18,0	35354	496	521	511	8
37197	9234678	2001	7x2	1,5	1,5	175,0	27,3	11,22	17,6	40519	459	449	453	4
89999	9144079	1998	6x2	2	2	235,8	42,0	14,82	21,0	111718	2896	897	1696	4
Į Būtingės naftos terminalą 2003–2006 m. įplaukę tanklaiviai														
128772	8500616	1987	7x2	0	2,5	244,0	46,0	16,02	22,23	137476	12563	925	5580	28
149000	8914740	1991	6x3	0	2,5	258,0	46,0	16,84	23,90	155382	10408	966	4743	8
106532	9223344	2002	6x2	2,5	2,5	230,0	42	14,85	21,20	112125	2358	894	1480	52
113334	9171838	1999	7x2	2,5	2,5	238,0	44	14,62	21,2	120622	2360	903	1486	12

4.16 pav. nurodytų dvigubo korpuso tanklaivių parametru $O_M/0,98V_\Sigma$ aritmetinis vidurkis lygus 0,013, o viengubo korpuso bei dvigubo borto tanklaivių – 0,049. Tai atitinka MARPOL 73/78 konvencijos reikalavimus, kur nustatyta, kad tanklaivių, pastatytų 1994 metais ir vėliau, parametras $O_M/0,98V_\Sigma$ yra mažesnis arba lygus 0,015.

Viengubo korpuso ir dvigubo borto tanklaivių parametro $O_M/0,98V_\Sigma$ vidurkis [81] sudaro nuo 0,046 iki 0,081 (vidutiniškai 0,063), – 4.13 lentelė ir, kaip jau minėta, labai priklauso nuo konkretaus tanklaivio korpuso konstrukcijos. 4.15 lentelėje pateikiami išsiliejusios naftos kiekiai, nustatyti iš tariamai avariją patyrusio į Klaipėdos uostą bei Būtingės naftos terminalą įplaukusio tanklaivio. Šias duomenimis toliau bus pasinaudota avarinės taršos rizikai vertinti. Atsižvelgiant į atlikto tyrimo rezultatus bei į tanklaiviams keliamus tarptautinius konstrukcinius taršos prevencijos reikalavimus [99], priimta, kad $O_M/0,98V_\Sigma = 0.015$ dvigubo korpuso tanklaiviams ir $O_M/0,98V_\Sigma = 0,063$ viengubo korpuso ir dvigubo borto tanklaiviams. Vidutiniai galimi išsiliejusios naftos maksimalūs, minimalūs ir vidutiniai kiekiai (O_{Mmax} , O_{Mmin} ir O_{Mvidut}) gauti atitinkamą parametro $O_M/0,98V_\Sigma$ reikšmę padauginus iš atitinkamo krovininių talpų suminio tūrio V_Σ , m³.

4.15 lentelė. Į Klaipėdos uostą bei Būtingės naftos terminalą įplaukiančių tanklaivių krovininių talpų tūriai (m³) bei atitinkami vidutiniai tikėtini išsiliejusios naftos kiekiai, t.

	$V_{\Sigma max}, m^3$	$V_{\Sigma min}, m^3$	$V_{\Sigma vidut}, m^3$	Korpuso konstrukcija	O_{Mmax}, t	O_{Mmin}, t	O_{Mvidut}, t
KVJU	110000	5000	32000	Viengubo k.	6930	315	1976
				Dvigubo k.	1650	75	470
Būtingės NT	169100	89000	124600	Viengubo k.	10650	5610	7850
				Dvigubo k.	2535	1335	1869
O_M reikšmės apskaičiuotos priėmus $O_M/0,98V_{\Sigma} = 0.015$ (dvigubo korpuso tanklaiviams), $O_M/0,98V_{\Sigma} = 0,063$ (viengubo korpuso tanklaiviams)							

Kaip matyti, didžiausią pavojų naftos išpylimo, įvykus avarijai, požiūriu sudaro didelio dedveito viengubo korpuso tanklaiviai. Viengubo korpuso tanklaivių, kurių dedveitas virš 20000 t į Lietuvos uostus 2003–2006 metų laikotarpyje per metus vidutiniškai įplaukė 140, o tai sudarė 35 % nuo visų per metus įplaukusių tanklaivių.

4.5. Tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikos įvertinimo rezultatai

Tanklaivių keliamai naftos išsiliejimų incidentų rizikai apskaičiuoti reikalingi vidutiniai avarijos metu išsiliejusios naftos kiekiai, įvertinti pagal į Klaipėdos uostą įplaukiančių tanklaivių kiekybines ir kokybines charakteristikas (4.7 lentelė) bei pagal tanklaivių susidūrimams ir užplaukimams ant seklumų nustatytus vidutinius naftos išsiliejimo parametrus (4.15 lentelė). 4.16 lentelėje pateikiamos avarijų tikimybių bei tikėtino vidutinio išsiliejusio naftos kiekio LAR reikšmės skirtingiems laikotarpiams. Lietuvos atsakomybės rajone tanklaiviais gabenamų krovinių siuntos sudaro platų spektrą – nuo kelių tūkstančių tonų iki 100 ir daugiau tūkstančių tonų (Būtingės naftos terminalas), todėl 4.16 lentelėje nurodytas vidutinis iš tanklaivio išsiliejęs naftos kiekis yra sąlyginė charakteristika.

4.16 lentelė. Avarijų tikimybių bei tikėtino vidutinio išsiliejusio naftos kiekio LAR reikšmės

Laikotarpis	Avarinio taršos įvykio periodiškumas, metais	Vidutinis avarijos metu iš tanklaivio išsilijęs naftos kiekis
1997*	17	625
2003–2006	87	1908
2003–2006**	139	712
2015–2020	145	900
Paaiškinimai: * duomenys pagal V. Smailio et al prognozes [10]; ** duomenys apskaičiuoti darant prielaidą, kad nurodomu laikotarpiu nebūtų buvę eksploatuoti viengubo korpuso tanklaiviai.		

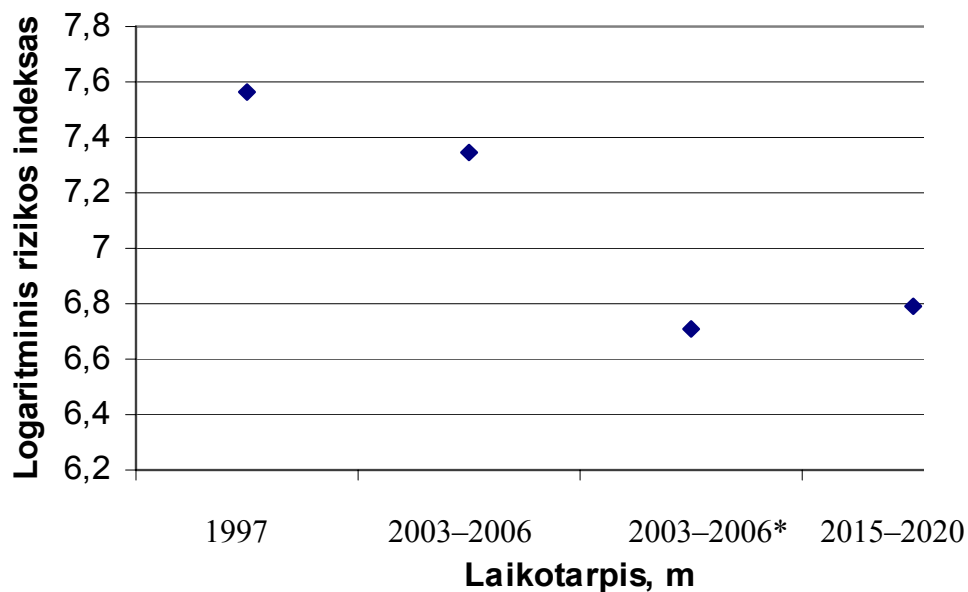
Kaip matyti iš lentelėje pateikiamų duomenų, pagal 1997 metų ir 2003–2006 metų laikotarpio prognozes, vidutinis avarijos metu iš tanklaivio išsiliejęs naftos kiekis skiriasi daugiau nei 3 kartus. Tokį skirtumą galima paaiškinti tuo, kad šiuo laikotarpiu buvo daugiau nei du kartus mažesnės naftos ar jos produktų siuntos – naftos ir jos produktų transportavimui buvo naudojami žymiai mažesni tanklaiviai. Situacija iš esmės pasikeitė pradėjus eksploatuoti Būtingės naftos terminalą, naftą transportuojant 100000 t ir didesnės talpos tanklaiviais. Kita priežastis, nulėmusi tokį didelį skirtumą yra ta, kad 1997 metų prognozė atlikta tiesiog praeities įvykius (kurie dėl įvairių priežasčių galėjo būti konjunktūriški) perkėlus į ateitį (TJO tuo metu dar nebuvo parengusi tikimybinių metodikų išsiliejusios naftos kiekiui prognozuoti), neatsižvelgiant į tanklaivių korpuso konstrukciją. Tuo būdu krovinio kiekis, galintis išsilieti dėl tanklaivių avarijos, buvo vertintas remiantis neaprobtais metodais.

Pagal 2003–2006 metų duomenis buvo apskaičiuotas ir vidutinis avarijos metu iš tanklaivio išsiliejęs naftos kiekis darant prielaidą, kad visi viengubo korpuso tanklaiviai būtų pakeisti į dvigubo korpuso. Kaip matyti tokiu atveju tikėtinas naftos kiekis sumažėja 2,7 karto, o avarinio naftos išsiliejimo incidento periodas padidėja 1,6 karto. Tai leidžia daryti išvadą, kad lemiamą įtaką avarinės taršos įvykio tikimybei bei avarijos metu išsiliejusiam naftos kiekiui daro eksploatuojami viengubo korpuso tanklaiviai. Kaip buvo įrodyta ankstesnėse disertacijos dalyse, išsiliejusį didelį naftos kiekį lemia pastarosios konstrukcijos tanklaivių susidūrimai.

Gaisro ar sprogimo atveju galima iš tanklaivio išsiliejęs gabenamo krovinio kiekis priklauso nuo priminio gaisro šaltinio vietos, gaisro plitimo eigos bei daugelio kitų veiksnių. Paprastai didesni transportuojamo krovinio kiekiai į aplinką išsilieja sprogimų tanklaiviuose metu, kurie yra itin retas įvykis. Dėl šios priežasties bei dėl to, kad patikimai prognozuoti gaisro ar sprogimo atveju išsiliejančio krovinio kiekio nėra galimybių, rizikos vertinime į tai nebuvo atsižvelgta.

Tanklaiviui patyrus korpuso struktūros pažeidimą, išsiliejusio krovinio kiekis labiausiai priklauso nuo hidrometeorologinių sąlygų bei tolimesnių laivo įgulos bei kranto tarnybų veiksmų. Korpuso struktūros pažeidimą patyrusį tanklaivį saugiai nuvilkus į prieglobsčio vietą (zoną, kur bangų poveikis korpuso konstrukcijoms yra minimalus ir kur tanklaivį galima saugiai iškrauti), didesnių krovinio išpylimų iš tanklaivio galima išvengti. Tačiau esant labai nepalankioms hidrometeorologinėms sąlygoms bei nesiėmus tinkamų veiksmų su korpuso struktūros pažeidimą patyrusiu tanklaiviu, galimas korpuso lūžis ir viso gabenamo krovinio kiekio išsiliejimas į aplinką. Dėl itin mažos tokios avarijos kategorijos tikimybės (žr. 4.13 pav. ir 4.9 lentelė), korpuso struktūros pažeidimo atveju galima išsiliejęs gabenamo krovinio kiekis čia nebus vertinamas.

Vidutinis avarinių naftos išsiliejimų incidentų rizikos lygis LAR apskaičiuotas pagal 3.22 ir 3.24 formules, remiantis 4.16 lentelėje nurodytais duomenimis. Rezultatai pavaizduoti 4.17 pav. Didžiausią poveikį avarinių išsiliejimų iš tanklaivių rizikai turi viengubo korpuso tanklaivių, kurių dedveitas didesnis nei 20000 t, eksploatacija (4.13 lentelė). Nutraukus viengubo korpuso tanklaivių eksploataciją Lietuvos atsakomybės rajone, avarinio taršos įvykio tikimybė sumažėtų 1,6 karto, o vidutinis avarijos metu išsiliejęs naftos kiekis – 2,7 karto (4.16 lentelė). 2003–2006 metų laikotarpiui apskaičiuota tanklaivių keliama taršos rizika patenka į sąlyginai nustatytą (3.6 pav.) nepriimtinos rizikos zoną, tuo tarpu nustojus eksploatuoti viengubo korpuso tanklaivius vidutinės rizikos lygis sumažėtų ir patektų į sąlyginai nustatytą mažintinos rizikos zoną.



* Rizikos lygis, jeigu nebūtų eksploatuoti viengubo korpuso tanklaiviai

4.17 pav. Vidutinis tanklaivių keliamos rizikos lygis LAR skirtingais laikotarpiais

Svarbu pažymėti, kad daryti išvadų apie apskaičiuoto rizikos lygio priimtinumą nėra pagrindo, kadangi Lietuvoje nėra nustatyti taršos iš tanklaivių rizikos lygio priimtumo kriterijai. Todėl būtų tikslinga apsvarstyti, ar nereikėtų teisės aktais nustatyti priimtina tanklaivių keliamos rizikos lygį ir parengti rekomendacijas šio rizikos lygio kontroliavimui.

4.6. Veiksnių, bloginančių tanklaivio korpuso konstrukcijų mechanines savybes, poveikio mažinimas

Antrajame skyriuje ištirta, kokie veiksniai daro neigiamą poveikį tanklaivio korpuso konstrukcijų mechaninėms savybėms, blogina šių konstrukcijų atsparumą įvairaus tipo apkrovoms. Avarinės taršos požiūriu, nepakankamo stiprumo tanklaivio korpuso struktūra gali nulemti tanklaivio korpuso struktūros pažeidimus, ypač esant nepalankioms hidrometeorologinėms sąlygoms. Būtent susilpnėjusi korpuso konstrukcija, kurią lėmė netinkama jų priežiūra, buvo viena iš paskutiniu metu įvykusių tanklaivių „Erika“ ir „Prestige“ avarių priežasčių (2.2 lentelė). Šioje ketvirtojo skyriaus dalyje pateikiami siūlymai, skirti veiksnių, bloginančių tanklaivio korpuso konstrukcijų mechanines savybes, poveikiui sumažinti.

Korpuso konstrukcijų paviršių tinkamos priežiūros tanklaivio eksploatacijos metu užtikrinimas

Vienas iš veiksnių, lemiančių senesnių tanklaivių korpuso konstrukcijų susilpnėjimą, yra netinkama jų priežiūra tanklaivio eksploatacijos metu. Kadangi nėra visuotinai nustatytų normų, privaloma tvarka reglamentuojančių tanklaivio korpuso struktūros priežiūros procedūras, o taip pat nėra nustatytas apžiūrų periodiškumas, tinkama tanklaivio korpuso priežiūra labai priklauso nuo jį eksploatuojančios kompanijos. Tačiau laivą eksploatuojanti kompanija nėra visais atvejais suinteresuota atlikti brangiai kainuojančią korpuso paviršių konstrukcijų priežiūrą.

Vienas iš galimų šios problemos sprendimo būdų galėtų būti visuotinių standartų, skirtų tanklaivių korpuso priežiūrai, nustatymas bei jų taikymas privaloma tvarka. Priėmus tokius standartus, laivo savininkas būtų įpareigojamas ne tik užtikrinti periodišką tanklaivio korpuso konstrukcijų inspektavimą, bet ir pagal nustatytą technologiją privaloma tvarka atlikti periodinę tanklaivio korpuso konstrukcijų priežiūrą.

Korozijos poveikio mažinimo rekomendacijos

Tinkama korpuso struktūros būklė ilgą laiką eksploatuojant tanklaivį gali būti užtikrinta tik tinkamai ją pagaminus. Šiuo požiūriu ypač svarbus korpuso konstrukcijų atsparumas korozijos poveikiui. Todėl geriausia išeitis, leidžianti užtikrinti tinkamą antikorozinių dangų sistemų panaudojimą pagal atitinkamą technologinį procesą – nustatyti mechanizmą, pagal kurį tanklaivių korpuso struktūros bei talpų paviršių gamyba, o ypač šių paviršių padengimas korozijos poveikiui atspariomis dangomis būtų griežtai kontroliuojamas.

Tai ypač aktualu balastinių bei krovinių talpų paviršiams, kadangi pastarieji eksploatacijos metu patiria intensyviausią korozijos riziką. Balastinėms talpoms egzistuoja privalomieji standartai, pagal kuriuos jų paviršiai turi būti dengiami korozijai atspariomis dangomis, tačiau šiuose standartuose nėra reglamentuotas pats technologinis procesas, nuo kurio labiausiai ir priklauso dangų sukuriama apsauga nuo korozijos poveikio efektyvumas (2.17 pav.) Todėl šiuo požiūriu balastinėms talpoms yra būtina nustatyti standartus, pagal kuriuos būtų griežtai laikomasi paviršių padengimo specialiomis dangomis technologijų, o pats procesas būtų griežtai kontroliuojamas.

Krovinėms talpoms apskritai nėra privalomųjų reikalavimų, pagal kuriuos jų paviršiai turėtų būti dengiami specialiomis dangomis. Ši problema nebuvo aktuali viengubo korpuso tanklaiviams, kadangi pastarųjų krovinėse talpose dėl mažesnio „termoso efekto“ aplinka korozijos požiūriu buvo mažiau agresyvi. Svarbu ir tai, kad korozijai palanki aplinka krovinėse talpose būna transportuojant didesnio agresyvumo krovinį (žalią naftą, sunkios frakcijos naftos produktus), o mažesnio agresyvumo (aukštesnių frakcijų) naftos produktus – šis poveikis yra nežymus ir nėra probleminis. Atsižvelgiant į šiuos du kriterijus, būtų tikslinga įvesti privalomo

pobūdžio standartus, apibrėžiančius antikoroziinių dangų sistemų naudojimą krovininėse talpose (šiuo metu tokie standartai egzistuoja sausakrūviams laivams), tačiau tik tiems dvigubo korpuso tanklaiviams, kurie dėl gabenamo krovinio tipo nuolat patiria didesnę korozijos poveikio riziką. Be to, siekiant užtikrinti, kad krovinių talpų paviršių padengimas antikorozinėmis dangomis būtų vykdomas griežtai pagal nustatytus technologinius procesus, yra būtina priimti visuotinai privalomus standartus, reglamentuojančius dengimo antikorozinėmis dangomis procesą bei šio proceso kontrolę.

Pažeistų antikoroziinių dangų balastiniuose tankuose tinkamo remonto užtikrinimas

Periodinių inspektavimų metu nustačius, kad antikorozinės dangos balastiniuose tankuose yra pažeistos, turi būti atliekamas šių dangų remontas. Tarptautinė klasifikacinių bendrovių asociacija (IACS) yra parengusi standartą, kuriame nustatytos technologijos, pagal kurias turėtų būti tvarkomos pažeistos antikorozinės dangos balastinėse talpose [101]. Tačiau šis standartas yra parengtas palyginti neseniai ir laivų remonto įmonės dar nėra sukaupusios pakankamai duomenų, kuriais remiantis galima būtų spręsti apie šio standarto efektyvumą, vykdant pažeistų dangų priežiūrą. Todėl tik ateityje, įvertinus šio standarto efektyvumą, būtų galima svarstyti klausimą dėl jo privalomo taikymo. Šiuo metu laivų savininkams bei remonto įmonėms būtų rekomenduotina vadovautis minėtu standartu atliekant balastinių bei kuro talpų paviršių remonto darbus.

Nuovargio sukulto poveikio korpuso konstrukcijai mažinimas

Korpuso konstrukcijų nuovargio sukeltas poveikis priklauso nuo daugelio veiksnių, kurie buvo apžvelgti antrajame skyriuje. Tačiau viena iš šiuo metu aktualiausių problemų šalinant nuovargio sukeltus padarinius tanklaivių korpuso konstrukcijose – tinkamų remonto technologijų taikymas.

Kaip parodyta disertacijos antrajame skyriuje, skirtingi nuovargio sukelti korpuso struktūros pažeidimai reikalauja skirtingų remonto technologijų. Svarbu tai, kad laivo savininkas, pagal šiuo metu galiojančius norminius dokumentus, gali būti linkęs pasirinkti ne tinkamiausią, o pigiausią remonto metodą ir po kurio laiko laivą parduoti. Todėl būtų tikslinga nustatyti suvienodintus visuotinai privalomus standartus nuovargio sukeltiems įtrūkimams remontuoti, kuriais būtų suklasifikuoti nuovargio sukelti įtrūkimai pagal jų tipą, vietą ir mastą bei reglamentuotos technologijos, pagal kurias būtų atliekamas kiekvieno iš šių įtrūkimų grupių remontas. Svarbu, kad tokiuose standartuose būtų numatytas mechanizmas, užtikrinantis efektyvią nustatytų technologijų vykdymo priežiūros kontrolę. 4.17 lentelėje pateikiami pagrindiniai veiksniai, nuo kurių priklauso tanklaivio korpuso konstrukcijos stiprumas laivo eksploatacijos metu, bei apibendrintai pateikiamos šių veiksnių poveikio mažinimo galimybės.

4.17 lentelė. Veiksnių, įtakančių korpuso konstrukcijos stiprumą, poveikio mažinimo galimybės

	Veiksny, įtakojančis korpuso konstrukcijos stiprumą	Veiksni apibūdinimas	Veiksni poveikio sumažinimo galimybės
1.	Tanklaivio korpuso elementų gamyba ir eksploatacija	Tinkama korpuso struktūros būklė gali būti užtikrinta tik tinkamai ją pagaminus bei laivo eksploatacijos metu atliekant priežiūrą pagal nustatytas technologijas. Tačiau dažnai nėra laikomasi nustatytų laivo korpuso konstrukcijų statybos technologijų, o jau eksploatuojamo laivo savininkas dažnai pasirenka pigesnę, o ne tinkamiausią konstrukciją bei talpų paviršių priežiūros būdą.	Korpuso konstrukcijų paviršių tinkamos priežiūros tanklaivio eksploatacijos metu užtikrinimas.
2.	Intensyvi korpuso vidinių konstrukcijų korozija, ypač balastinėse ir krovininėse talpose	Nemaža dalis tanklaivių, ypač dvigubo korpuso, balastinių bei krovinių talpų paviršiai patiria intensyvią koroziją. Balastinėms talpoms egzistuoja privalomieji standartai, pagal kuriuos jų paviršiai turi būti dengiami korozijos poveikį mažinančiomis dangomis, tačiau šios dangos ne visada efektyvios. Krovininėms talpoms tokio pobūdžio standartų iš vis nėra. Panašaus pobūdžio problema egzistuoja ir remontuojant pažeistas talpų dangas.	Korozijos poveikį balastinėse bei krovininėse talpose mažinančių priemonių taikymas; Pažeistų antikoroziinių dangų balastinėse talpose tinkamo remonto užtikrinimas.
3.	Įtrūkimai tanklaivio korpuso konstrukcijose dėl nuovargio	Nežiūrint į tinkamą tanklaivio konstrukcijos priežiūrą, atskiruose konstrukcijos elementuose gali atsirasti įtrūkimų, kuriuos sukelia metalo nuovargis. Priklausomai nuo įtrūkimo vietos, konstrukcijos tipo ir pan., tokiems įtrūkimams šalinti turi būti naudojamos atitinkamos technologijos. Tačiau dažnai laivo savininkas pasirenka pigesnę, o ne tinkamiausią įtrūkimo remonto būdą.	Privalomųjų standartų įtrūkimams tanklaivių korpuso struktūrose remontuoti nustatymas.

Kitos priemonės, taikytinos korpuso techninei būklei eksploatacijos metu užtikrinti

Kaip jau minėta, gera tanklaivio techninė būklė priklauso nuo technologijų, pagal kurias vykdomi statybos bei remonto darbai, laikymosi. Pradinėse statybos bei remonto stadijose dėl darbuotojų kaltės atsirandantys defektai vėliau gali būti nepastebėti, dėl to laikui bėgant gali pablogėti korpuso konstrukcijų ar atskirų jos elementų mechaninės bei antikorozinės savybės. Šiuo požiūriu, atliekamų darbų kokybė priklauso nuo laivo statykloje ar remonto įmonėje galiojančių standartų, pagal kuriuos atliekami remonto ar statybos darbai. Todėl būtų tikslinga nustatyti minimalius visuotinai taikytinus harmonizuotus reikalavimus darbų atlikimo tikslumui bei darbų atlikimo kokybei užtikrinti, o ne pasikliauti konkrečioje remonto įmonėje ar laivų statykloje galiojančiais standartais. Tokiais standartais galėtų vadovautis tiek laivų statybos bei remonto įmonės, tiek laivų savininkai bei klasifikacinės bendrovės. Lygiagrečiai turėtų būti sprendžiamas ir

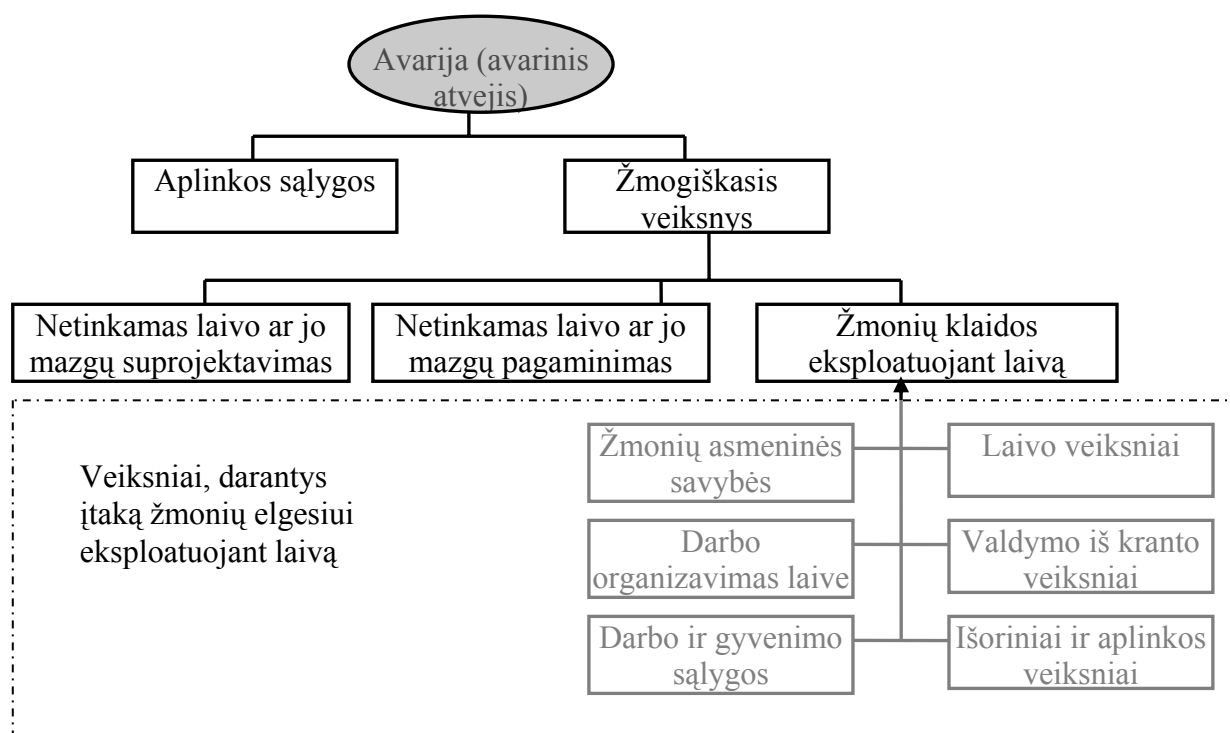
standartų, pagal kuriuos klasifikacinės bendrovės atlieka darbų, vykdomų statant ar remontuojant laivo korpusą, priežiūrą, harmonizavimo klausimas. Kadangi klasifikacinės bendrovės savo veiklą vykdo komerciniais pagrindais, neišvengiama konkurencija tarp atskirų klasifikacinių bendrovių. Dažnai kriterijumi, pagal kurį laivo savininkas pasirenka vieną ar kitą klasifikacinę bendrovę, tampa ne darbų kokybė, bet paslaugos kaina, už kurią garantuojama formali atitiktis tarptautiniams ar IACS nustatytiems reikalavimams.

4.7. Atskirų veiksmų poveikio avarinės taršos rizikai įvertinimas

Kaip parodė atliktas tanklaivių bei kitų laivų avarių statistikos ir priežasčių eksperimentinis tyrimas, didžiausią įtaką avaringumui turi žmogaus klaidos. Ištyrus Lietuvoje įregistruotų laivų avarių priežastis, nustatyta, kad net 90 % avarių lėmė žmogiškasis veiksnys [4]. Todėl norint suformuluoti prielaidas laivų bei tanklaivių avarijos tikimybei LAR sumažinti bei taršos prevencijai pagerinti, būtina panagrinėti žmogiškojo veiksnio įtaką kiekvienai iš avarinės taršos proceso stadijų (4.18 lentelė, 4.18 pav.).

4.18 lentelė. Avarinės taršos proceso iš tanklaivio stadijos ir jas atitinkanti žmogiškojo veiksnio įtaka

Eil. Nr.	Avarinės taršos proceso stadija	Apibūdinimas	Žmogiškojo veiksnio įtaka
1.	Pirminės/esminės priežastys	Neadekvačios reikalavimams laivo įgulos žinios bei įgūdžiai, netinkamai organizuojama bei atliekama laivo įrangos priežiūra, netinkamai suprojektuoti atskiri laivo mazgai.	Ypač didelė
2.	Tiesioginės priežastys	Laivo įgulos ar kranto tarnybų klaidos, įrangos gedimai, sudėtingos hidrometeorologinės sąlygos.	Labai didelė
3.	Pirminis incidentas	Tanklaivio eigos netekimas, valdymo praradimas, nukrypimas nuo kurso, pirminis korpuso struktūros pažeidimas, gaisro židinio atsiradimas.	Labai didelė. Įvykus pirminiam incidentui imantis adekvačių veiksmų galima išvengti tanklaivio avarijos
4.	Tanklaivio avarija	Susidūrimas/atsitrenkimas, užplaukimas ant seklumos, korpuso struktūros pažeidimas, gaisras/sprogimas.	–
5.	Pasekmės	Iš tanklaivio išsiliejusi nafta ar jos produktai.	Ypač didelė. Adekvatūs veiksmai po avarijos gali ženkliai sumažinti išsiliejusių teršalų poveikį aplinkai
6.	Poveikis	Užteršta jūros aplinka.	–



4.18 pav. Tanklaivių avarijų, galinčių sukelti aplinkos taršą, priežasčių klasifikavimas

Svarbu pažymėti, kad nėra sukurta metodikų, pagal kurias būtų galima patikimai įvertinti, kiek sumažės laivų avaringumas ar avarinių naftos išsiliejimų rizika įgyvendinus vienokius ar kitokius saugios laivybos bei taršos prevencijos standartus. Tai galima paaiškinti tuo, kad didžiausią įtaką minėtiems parametrams daro žmogaus elgesys projektuojant, statant bei eksploatuojant laivą.

Kiekvieno laivą eksploatuojančio jūrininko grubi klaida gali sukelti avariją su labai skaudžiomis pasekmėmis, o tokių įvykių patikimai prognozuoti neįmanoma. Įvairių šaltinių duomenimis nuo 70 % iki 90 % pasaulyje įvykusias laivų avarijas lemia žmogaus klaidos, didžiąją dalį šių klaidų sudaro laivo įgulos klaidos eksploatuojant laivą.

Laivai yra eksploatuojami ypatingai dinamiškoje aplinkoje. Jūrininkai, paprastai atlikdami jiems priskirtas funkcijas, dirba pagal nusistovėjusį grafiką, kurio nebesilaikoma, kai laivas atplaukia ar išplaukia į/iš uosto ar stovi uoste. Tokioje aplinkoje jūrininkai gyvena ir dirba gana ilgą laiko periodą, o tai sudaro objektyvias prielaidas žmogaus klaidos, eksploatuojant laivą, tikimybei ženkliai padidėti. TJO laivų avarijų ir incidentų tyrimo kodekse [96] žmogiškieji veiksniai, kurie prisideda prie jūrinių avarijų bei incidentų, yra apibrėžiami kaip „tyčiniai veiksmai, veiksmai dėl aplaidumo ar kitokie, kurie neigiamai veikia tinkamą tam tikros sistemos funkcionavimą ar tam tikros užduoties tinkamą vykdymą.“ 4.19 lentelėje nurodyti veiksniai, darantys įtaką žmonių (laivo įgulos) elgesiui eksploatuojant laivą.

4.19 lentelė. Veiksniai, darantys įtaką žmonių (laivo įgulos) elgesiui eksploatuojant laivą⁶

Eil. Nr.	Veiksnių grupės	Veiksniai
1.	Žmonių veiksniai	Sugebėjimai, įgūdžiai, žinios (priklauso nuo parengimo lygio ir patirties), asmeninė psichinė bei emocinė būseną, fizinė būseną (priklauso nuo nuovargio, ligų, nuo to, ar vartojamas alkoholis), pavestos vykdyti užduotys.
2.	Darbo organizavimas laive	Užduočių ir atsakomybės paskirstymas, įgulos sudėtis (tautybė /kompetencija), darbo krūvis/užduočių sudėtingumas, darbo/poilsio valandos, mokymų laive organizavimas, reiso planavimas.
3.	Darbo ir gyvenimo sąlygos	Automatizacijos lygis, ergonomika, poilsiui skirtos priemonės bei galimybė jomis pasinaudoti, maisto kokybė, laivo vibracija, temperatūra darbo bei poilsio patalpose, triukšmo lygis.
4.	Laivo veiksniai	Laivo techninė būklė, laivo priežiūrai reikalingos įrangos buvimas ir patikimumas, plukdomo krovinio savybės, įskaitant reikalaujamą priežiūrą, tvirtinimą.
5.	Valdymo iš kranto veiksniai	Įgulos komplektavimo politika, saugumo politika ir filosofija (kultūra, požiūris ir pasitikėjimas), įgulos keitimo grafikas, įplaukimų į uostus tvarkaraštis.
6.	Išoriniai ir aplinkos veiksniai	Meteorologinės sąlygos, plaukimo bei stovėjimo uoste sąlygos (locmanai, laivų eismo valdymo sistema), laivų eismo intensyvumas, organizacijų, atstovaujančių laivo savininką bei jūrininkus daroma įtaka, taikomi reikalavimai, priežiūros bei inspekcijos (tarptautiniai, nacionaliniai, valstybės vėliavos ir uosto kontrolė, klasifikacinių bendrovių priežiūra).

Laivų, kurie yra įregistruoti tame pačiame laivų registre, įgulų didžiąją dalį dažnai sudaro tos pačios šalies mokymo įstaigose parengti jūrininkai. Todėl visada egzistuoja tikimybė, kad laivų įgulos, suformuotos iš tokių jūrininkų, gali daryti tam tikras panašaus pobūdžio klaidas ir dėl to didinti avarijos pavojų. Kitas dalykas, – laivų, kuriuos eksploatuoja tas pats laivo savininkas keliama rizika. Laivo savininko vykdoma politika lemia tinkamą darbo organizavimą laive, tinkamas jūrininkų darbo ir gyvenimo sąlygas, laivo techninę būklę, laivo priežiūrai reikalingų priemonių buvimą ir patikimumą, valdymo iš kranto veiksnius (įgulos komplektavimo politiką, saugumo politiką ir filosofiją, įgulos keitimo grafiką, įplaukimų į uostus tvarkaraštį).

Siekdama sumažinti žmogiškųjų klaidų skaičių, Tarptautinė jūrų organizacija, Europos Komisija, valstybių, su kurios vėliava plaukioja laivai administracijos imasi įvairiausių priemonių, kurias įgyvendinti privalo jūrininkus rengiančios mokymo įstaigos, laivo vėliavos administracija, klasifikacinės bendrovės bei laivo valdytojas. Ypatingai svarbus vaidmuo čia tenka laivo valdytojui, kadangi įgulos darbo sąlygos tiesiogiai priklauso nuo tam skiriamų išteklių, laivo techninės būklės bei jame esančios įrangos ir t.t. (žr. 4.19 lentelę). Laivo vėliavos administracija bei uostų kontrolės tarnybos tikrina, kaip laivo valdytojas užtikrina šių nustatytų priemonių vykdymą. Vienas iš

⁶ Lentelė sudaryta remiantis laivų avarijų ir incidentų tyrimų kodekso pataisose [75] esama informacija, Lietuvos kompetentingų institucijų ištirtų jūrų laivų avarijų tyrimų medžiaga bei išvadomis

rodiklių, apibūdinančių laivo vėliavos administracijos dėmesį žmogiškojo veiksnio problemai yra jos dalyvavimas Tarptautinės darbo organizacijos 147 – oje konvencijoje dėl prekybinės laivybos minimalių standartų, kurioje nustatomos tam tikros laivo savininko pareigos laivo įgulai gyvenimo laive sąlygų atžvilgiu. Verta atkreipti dėmesį, kad laivai, nevykdantys minėtos konvencijos nuostatų, gali būti sulaikomi uosto kontrolės pareigūnų. Atlikus laivų sulaikymų Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo regione tyrimą, nustatyta, kad valstybės, kurių vėliavos yra įtrauktos į „Baltąjį sąrašą“, yra minėtos konvencijos dalyvės [38]. Todėl vienas iš galimų žmogiškojo veiksnio neigiamos įtakos sumažinimo avarinės taršos iš tanklaivių rizikai būdų – siekti, kad Lietuvos atsakomybės rajone būtų eksploatuojami tik su „Baltajame sąraše“ esančių valstybių vėliava plaukiojantys tanklaiviai.

Įsigaliosiantys tarptautiniai reikalavimai, darysiantys įtaką tanklaivių keliamos naftos išsiliejimų incidentų rizikai

Siekdamos sumažinti laivų avaringumo bei taršos iš laivų riziką, Tarptautinė jūrų organizacija bei Europos Komisija nuolat įveda naujus bei tobulina esamus saugios laivybos bei taršos prevencijos reikalavimus. Šiuo požiūriu minėtų organizacijų aktyvumas ypač padidėja įvykus stambesnėms laivų, įskaitant tanklaivius, avarijoms. Pavyzdžiui, po tanklaivio „Erika“ (1999 m.) avarijos, TJO paspartino viengubo korpuso tanklaivių išvedimo iš eksploatacijos grafiką, o EK kelių metų bėgyje parengė bei įteisino du priemonių, skirtų pagerinti panašių avarijų prevenciją, paketus⁷. Šiuose priemonių paketuose numatyta griežtesnė laivus prižiūrinčių klasifikacinių bendrovių priežiūra bei jų atsakomybė, sugriežtintos laivų kontrolės uostuose procedūros, įsteigta Europos saugios laivybos agentūra, kuriai pavesta kontroliuoti, kaip ES valstybės laikosi nustatytų saugios laivybos ir taršos prevencijos reikalavimų, bei padėti šalims tuos reikalavimus įgyvendinti.

2005 m. Europos Komisija parengė trečiąjį priemonių paketą dėl saugios laivybos Europos Sąjungoje („ERIKA III“), kuriame numatomos papildomos priemonės, mažinsiančios laivų, ypač plaukiojančių su ES valstybių vėliava, avaringumo bei aplinkos taršos riziką. Viena iš šių priemonių – pasiūlymas dėl vėliavos valstybės atsakomybės direktyvos. Šiuo pasiūlymu siekiama nustatyti TJO patvirtintų tarptautinių taisyklių taikymo Europos Sąjungoje kontrolę bei sugriežtinti teisės plaukioti su Europos Sąjungos valstybių vėliavomis suteikimo sąlygas. Šio pasiūlymo tikslas – pareikalauti iš ES valstybių, kad jos veiksmingai kontroliuotų, ar laivai, plaukiojantys su jų vėliavomis, atitinka tarptautinius standartus, ir šiuo tikslu jų sukurtos laivybos institucijos griežtai taikytų kokybės kriterijus.

Kitoje „Erika III“ priemonių paketo dalyje siūloma dar griežčiau reglamentuoti klasifikacinių bendrovių veiklą, siekiant pagerinti jų darbo kokybę prižiūrint laivus. Pasiūlymu siekiama įdiegti

⁷ Šie priemonių paketai vadinami „Erika I“ ir „Erika II“ paketai

nepriklausomą kokybės kontrolės sistemą bei nustatyti finansines sankcijas už nustatytos tvarkos pažeidimus. Trečiuoju „Erika III“ priemonių paketo pasiūlymu planuojama nustatyti griežtesnius reikalavimus valstybinės kontrolės uoste standartų neatitinkančių laivų atžvilgiu, ypač stiprinant draudimo eksploatuoti tokius laivus tvarką⁸. Vienas iš ketvirtuoju pasiūlymu siekiamų tikslų yra nelaimės ištiktų laivų prieglobsčio vietas reglamentuojančios teisinės tvarkos pagerinimas, t.y. siekiama dar geriau užtikrinti, kad atviroje jūroje avariją patyręs laivas, tinkamai įvertinus situaciją, būtų priimtas į prieglobsčio vietą ir sukeltų kuo mažesnes neigiamas pasekmes jūros aplinkai. Be to, siūloma žvejybos laivuose įrengti automatinio identifikavimo ir vietos nustatymo sistemas siekiant sumažinti žvejybos laivų susidūrimo su kitais laivais riziką. Numatoma, kad šie pasiūlymai galėtų įsigaliooti 2010–2012 metais. Nėra abejonių, kad minėta ES iniciatyva pagerins bendrus laivybos saugumo bei taršos prevencijos rodiklius, ypač laivų, plaukiojančių su ES vėliava, atžvilgiu, sumažins avarinių naftos išsiliejimų iš tanklaivių riziką ES uostuose.

Uosto saugumo didinimas

Analizuojant Klaipėdos uosto saugumui gerinti taikomas priemones, paminėtina, kad modernizavus uosto įplaukos kanalą sumažėjo hidrometeorologinių veiksnių neigiamas poveikis laivybai, o tuo pačiu sumažėjo ir į uostą įplaukiančių laivų užplaukimo ant seklumos bei atsitrenkimo rizika. Nuolat vykstantys locmanų mokymai, Lietuvos atsakomybės zonos jūrlapių tikslinimai, laivų eismo valdymo sistemų tobulinimai taip pat mažina avarinių naftos išsiliejimų iš tanklaivių riziką. Teigiamą poveikį šiuo požiūriu daro švartavimo procedūrų gerinimas, naujų ir galingesnių vilkikų įsigijimas, reagavimo į taršos incidentus procedūrų tobulinimas įsigyjant naują įrangą, vykdamas taršos incidentų likvidavimo darbus atliekančio personalo mokymus. Neabejotinai priemonės, susijusios su Klaipėdos uosto saugumo didinimu bus vykdomos ir ateityje. 4.20 lentelėje pateikiami veiksnių, ateityje darysiančių įtaką tanklaivių keliamai naftos išsiliejimų incidentų rizikai LAR, apibendrinti apibūdinimai.

⁸ Šiuo metu yra draudžiama įplaukti į Europos Sąjungos ir Paryžiaus supratimo memorandumo šalių uostus laivams tų valstybių, kurios yra „Juodajame sąrašė“ pagal trejų metų sulaikymų statistiką, jeigu laivas per 36 mėnesius daugiau kaip 2 kartus buvo sulaikytas uoste kaip neatitinkantis saugios laivybos bei taršos prevencijos reikalavimų. Šiuo metu nė viena valstybė – Europos Sąjungos narė – nėra „Juodajame sąrašė“, todėl nė vienos iš šių valstybių laivams nėra taikoma draudimo įplaukti į uostus nuostata. Tačiau siūlomo projekto nuostata dėl draudimo įplaukti yra sugriežtinama ir numatoma taikyti valstybių, kurios yra ne tik „Juodajame“, bet ir „Pilkajame“ sąrašė, laivams.

4.20 lentelė. Veiksniai, ateityje darysiantys įtaką tanklaivių keliama naftos išsiliejimų incidentų rizikai LAR

Veiksny	Veiksnių įtaka avarinės taršos rizikai	
	Avaringumui	Pasekmėms
Įsigaliosiantys tarptautiniai reikalavimai, be kita ko skirti ir tanklaivių keliama naftos išsiliejimų incidentų rizikai mažinti	Didelė. Didžiausią įtaką tanklaivių keliama naftos išsiliejimų incidentų rizikai padarys 2010–2012 metais įsigaliosiantis „ERIK A III“ saugios laivybos bei taršos prevencijos paketas. Įgyvendinus priemonių paketą, turėtų pagerėti ES valstybėse registruotų tanklaivių techninė būklė, jų atitikimas tarptautiniams bei taršos prevencijos standartams. Tanklaiviui patyrus avariją, turėtų būti efektyviau užtikrinamas galimų pasekmių sumažinimas.	
Viengubo korpuso tanklaivių eksploatacijos nutraukimas	Vidutinė. Visi viengubo korpuso tanklaiviai yra senos statybos, todėl nutraukus jų eksploataciją, kuriam laikui sumažės pasaulyje likusio tanklaivių laivyno amžius ir tuo pat metu pagerės techninė būklė. Nuo tanklaivio techninės būklės priklauso korpuso struktūros pažeidimų, gaisrų ir sprogimų tikimybė.	Labai didelė. Nuo korpuso konstrukcijos labai priklauso išsiliejimo tikimybė bei išsiliejusios naftos kiekis iš avariją patyrusio tanklaivio.
Giliavandens uosto atsiradimas šalia Klaipėdos uosto	Vidutinė. Giliavandens uosto atsiradimas lems naftos ir jos produktų transportavimą didesniais tanklaiviais, todėl tanklaivių eismo intensyvumas turėtų sumažėti. Tačiau tuo pat metu numatomos didėjančios naftos produktų transportavimo apimtys. Todėl realiai esamas tanklaivių eismo intensyvumas gali keistis nedaug.	Vidutinė. Įvykus didelio tonažo tanklaivio avarijai tikėtina, kad išsilies didelis kiekis naftos ar jos produktų. Tačiau tiesioginė žala aplinkai priklausys ir nuo daugelio kitų veiksnių (žr. 2.4 lentelę). Todėl vienareikšmiškai įvertinti tikėtinas pasekmes, įvykus tanklaivio avarijai, sunku.
Klaipėdos uosto saugumo didinimas	Didelė. Uosto saugumo didinimą traktuojant kaip visą kompleksą priemonių, užtikrinamas hidrometeorologinių veiksnių poveikio mažinimas, vilkimo operacijų tobulinimas, laivų eismo valdymo tobulinimas, švartavimo procedūrų gerinimas, galimybė tinkamai reaguoti įvykus naftos išsiliejimo incidentui, atitinkamų išteklių, reikalingų teršalams surinkti, disponavimas, jų operatyvūs ir rezultatyvūs panaudojimas.	

4.7. Ketvirtojo skyriaus išvados

1. Atlikus Baltijos jūroje įvykusių tanklaivių avarijų bei Lietuvoje įregistruotų laivų avarijų statistikos eksperimentinį tyrimą, apibendrintos priežastys, dėl kurių gali kilti tanklaivių avarijos Lietuvos atsakomybės rajone, bei suformuluotos teorinės prielaidos tokių avarijų prevencijai pagerinti. Atliktas tyrimas parodė, kad 58 iš 120 Lietuvoje 1999–2003 metų laikotarpiu įregistruotų jūrų laivų avarijų įvyko Klaipėdos uoste, o 48 % visų įregistruotų avarijų klasifikuojamos kaip

susidūrimai ar atsitrenkimai. Pagrindinės šios kategorijos avarių priežastys – meteorologinių sąlygų bei vandens srovės neįvertinimas švartuojant laivą prie krantinės, netinkamas vilkikų pasirinkimas plaukiant uoste bei švartuojantis, nepakankamas laivo padėties sekimas švartavimo metu.

2. Lietuvos atsakomybės rajone eksploatuojamų tanklaivių techninė būklė įvertinta pagal tanklaivių registracijos uostą, prižiūrinčią klasifikacinę bendrovę ir amžių. Nustatyta, kad 2003–2006 metų laikotarpiu į Klaipėdos uostą įplaukė senesnės statybos tanklaiviai (vidutinis amžius – 15,8 metų), tuo tarpu į Būtingės naftos terminalą įplaukiančio tanklaivio vidutinis amžius – 5,9 metų. Norint pasiekti į Lietuvos atsakomybės zoną įplaukiančių tanklaivių būklės gerėjimą reikia sudaryti palankias sąlygas naftą ir jos produktus transportuoti naujesnės statybos, Europoje pripažintų klasifikacinių bendrovių prižiūrimais ir „Baltojo sąrašo“ (pagal Paryžiaus tarpusavio supratimo memorandumo statistiką) valstybėse registruotais tanklaiviais.

3. Ištirta, kad nors ir egzistuoja visuotinai priimtini standartai, skirti tanklaivių korpuso techninės būklės blogėjimo prevencijai eksploatacijos metu užtikrinti, tačiau ne visi jų yra efektyvūs bei visa apimantys, ypač kiek tai susiję su dvigubo korpuso tanklaiviais. Veiksnių, bloginančių tanklaivio korpuso konstrukcijų mechanines savybes, poveikis galėtų būti sumažintas pradėjus taikyti visuotinai privalomas priemones, susijusias su korpuso konstrukcijų paviršių tinkamos priežiūros, korozijos poveikio mažinimo balastinėse bei krovininėse talpose, nuovargio sukulto poveikio korpuso konstrukcijai mažinimo užtikrinimu.

4. Taikant disertacijoje pasiūlytą avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio tikimybinio įvertinimo modelį Lietuvos atsakomybės jūros rajonui nustatyta, kad tanklaivio užplaukimo ant seklumos tikimybė yra didžiausia Klaipėdos uosto zonoje ir du kartus viršija susidūrimo ar atsitrenkimo tikimybę. Tačiau daugiau nei 2 kartus labiau tikėtina, kad avarinis naftos išsiliejimas Klaipėdos uosto zonoje įvyks dėl tanklaivio susidūrimo ar atsitrenkimo, nei dėl užplaukimo ant seklumos ar grunto lietim. Įvertinta, kad tanklaivio avarija su naftos išsiliejimu Lietuvos atsakomybės rajone vidutiniškai gali įvykti kartą per 87 metus.

5. Nustatyta, kad tanklaivių keliama naftos išsiliejimų incidentų rizika nuolat mažės dėl tuo tikslu šiuo metu rengiamų ir kelerių metų bėgyje įsigaliosiančių tarptautinių reikalavimų, viengubo korpuso tanklaivių eksploatacijos palaipsninio nutraukimo bei taikomų priemonių, susijusių su Klaipėdos uosto saugumo didinimu. Ištirta, kad didžiausią įtaką aukštam avarinės taršos iš tanklaivių rizikos lygiui turi viengubo korpuso tanklaivių, ypač didesnių nei 20 000 t dedveito, eksploatacija, tačiau spręsti apie apskaičiuoto rizikos lygio priimtinumą nėra pagrindo, kadangi Lietuvoje nėra nustatyti taršos iš tanklaivių rizikos lygio priimtimumo kriterijai. Todėl būtų tikslinga apsvarstyti, ar nereikėtų teisės aktais nustatyti priimtina tanklaivių keliamos rizikos lygį ir parengti rekomendacijas šio rizikos lygio kontroliavimui.

6. Ištirta, kad laivo įgulų padarytos klaidos – vienas iš svarbiausių avarinių naftos išsiliejimų incidentų tikimybę bei mastus lemiančių veiksnių. Didžiausias galimybes šio veiksnio neigiamai įtakai sumažinti turi laivo savininkas, skirdamas laivo įgulai išteklius, užtikrinančius tinkamai laivo eksploatacijai reikalingų priemonių disponavimą, tinkamą darbą bei poilsį laive, bei laivo vėliavos valstybės administracija, sukurdamą laivo savininką įpareigojančią teisinę aplinką ir užtikrindama laive dirbančių jūrininkų tinkamą parengimą.

BENDROSIOS IŠVADOS

1. Atlikus Baltijos jūroje įvykusių tanklaivių avarijų bei Lietuvoje įregistruotų laivų avarijų statistikos eksperimentinį tyrimą, apibendrintos priežastys, dėl kurių gali kilti tanklaivių avarijos Lietuvos atsakomybės rajone, bei suformuluotos teorinės prielaidos tokių avarijų prevencijai pagerinti. Atliktas tyrimas parodė, kad 58 iš 120 Lietuvoje 1999–2003 metų laikotarpiu įregistruotų jūrų laivų avarijų įvyko Klaipėdos uoste, o 48 % visų įregistruotų avarijų klasifikuojamos kaip susidūrimai ar atsitrenkimai.
2. Ištirti technologiniai veiksniai, nulemiantys korpuso konstrukcijų techninės būklės pablogėjimą tanklaivio eksploatacijos metu. Didžiausią įtaką šiuo požiūriu turi tinkamas konstrukcijų (ypač balastinių bei kuro talpų paviršių) padengimas specialiomis antikorozinėmis dangų sistemomis, tinkama korpuso paviršių priežiūra tanklaivio eksploatacijos metu, dėl metalo nuovargio atsirandančių įtrūkimų laiku atliekamas remontas. Nustatyta, kad tanklaivio korpuso konstrukcijų paviršių padengimas specialiomis antikorozinėmis sistemomis, ciklinių apkrovų sukeltų įtrūkimų remontas duoda reikiamą efektą tik tada, kai yra griežtai laikomasi nustatytųjų technologijų.
3. Ištirta, kad nors ir egzistuoja visuotinai priimtini standartai, skirti tanklaivių korpuso techninės būklės blogėjimo prevencijai eksploatacijos metu užtikrinti, tačiau ne visi jų yra efektyvūs bei visą apimantys, ypač kiek tai susiję su dvigubo korpuso tanklaiviais. Veiksnių, bloginančių tanklaivio korpuso konstrukcijų mechanines savybes, poveikis galėtų būti sumažintas pradėjus taikyti visuotinai privalomas priemones, susijusias su korpuso konstrukcijų paviršių tinkamos priežiūros, korozijos poveikio mažinimo balastinėse bei krovininėse talpose, nuovargio sukulto poveikio korpuso konstrukcijai mažinimo, užtikrinimu.
4. Disertacijoje pasiūlytas avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio tikimybinio įvertinimo modelis, skirtas tanklaivio avarijos sukulto naftos išsiliejimo tikimybės pasiskirstymui laivybos rajone prognozuoti. Modelis rekomenduojamas laivybos rajonams su vienu ar keliais naftos terminalais, kuriuose vyrauja nedidelio intensyvumo tanklaivių eismas.
5. Taikant disertacijoje pasiūlytą avarinio naftos išsiliejimo iš tanklaivio tikimybinio įvertinimo modelį Lietuvos atsakomybės jūros rajonui nustatyta, kad tanklaivio užplaukimo ant seklumos tikimybė yra didžiausia Klaipėdos uosto zonoje ir du kartus viršija susidūrimo ar atsitrenkimo tikimybę. Tačiau daugiau nei 2 kartus labiau tikėtina, kad avarinis naftos išsiliejimas Klaipėdos uosto zonoje įvyks dėl tanklaivio susidūrimo ar atsitrenkimo, nei dėl užplaukimo ant seklumos ar grunto lietim. Įvertinta, kad tanklaivio avarija su naftos išsiliejimu Lietuvos atsakomybės rajone vidutiniškai gali įvykti kartą per 87 metus.

6. Prognozuojant jau įvykusio tanklaivio incidento metu tikėtiną išsiliejusios naftos kiekį naudojamos Tarptautinės jūrų organizacijos aprobuotos universalios metodikos duoda patikimus rezultatus tik turint palyginti didelį masyvą duomenų, daugelis iš kurių operatyviai nepasiekiami. Operatyviam naudojimui, konkrečiame jūros regione disertacijoje pasiūlytas modifikuotas Tarptautinės jūrų organizacijos patvirtintos metodikos variantas, kuriame pradinių duomenų kiekis yra kelis kartus sumažintas, remiantis būdingais šiam rajonui tanklaivių tipais ir jų pagrindinėmis konstrukcijos charakteristikomis.
7. Atlikti lyginamieji skaičiavimai parodė, kad vertinant tikėtiną naftos išsiliejimo dydį, modifikuota metodika gaunami rezultatai skiriasi nuo gautų panaudojant pripažintas metodikas ne daugiau kaip 18 % ir šis skirtumas yra ne didesnis negu naudojant skirtingas Tarptautinės jūrų organizacijos patvirtintas detalias metodikas. Modifikuota metodika rekomenduojama operatyvaus, tikėtinai išsiliejusios naftos kiekio įvertinimui Baltijos jūroje esančių naftos terminalų operatyvinėse zonose ir jų jūrinėse prieigose.
8. Disertacijoje atliktas tanklaivių keliamos rizikos jūros aplinkai įvertinimas, kuris remiasi avarinio naftos išsiliejimo tikimybės ir tikėtino avarijos metu išsiliejusio naftos kiekio faktinių dydžių nustatymu. Tokį vertinimą, pagal disertacijoje pasiūlytą procedūrą, rekomenduojama taikyti ir institucijoms, priimant sprendimą dėl sustiprinto reagavimo į galimą taršą parengties lygio, blogesnės techninės būklės tanklaiviams planuojant įplaukti į Lietuvos atsakomybės rajoną.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. BAUBLYS, A. Transporto politika. Vilnius.: Technika, 1996. 254 p.
2. BAUBLYS, A. Transporto sistema. Vilnius.: Technika, 1996. 188 p.
3. BAUBLYS, A. Transporto sistemos teorijos įvadas. Vilnius.: Technika, 1997. 298 p.
4. ČESNAUSKIS, M.; TARASEVIČIUS, R. Jūrų laivų avarių, įregistruotų 1999–2003 m. Lietuvos kompetentingose institucijose, statistikos ir tyrimų analizė. *Jūra ir Aplinka*, 2004, Nr. 2. 33 – 40 p.
5. Fishing Vessel Safety: Blueprint for a National Program. Washington, D.C.: Committee on fishing vessel safety Marine Board Commission on Engineering and Technical Systems National Research Council, National Academy Press, 1991. 302 p.
6. FOWLER, T.; GRABOWSKI, M.; HARRALD, J. Overview of Prince William Sound Risk Assessment. Project. Paper 11. *Marine Risk Assessment, Better Way to Manage Your Business*, The Institute of Marine Engineers, 1997. 47 – 55 p.
7. Casualty statistics and investigations. Very serious and serious casualties for the years 1998 – 2004. London: International Maritime Organisation, 2004. 248 p.
8. Reports on Marine Casualties and Incidents. Revised harmonized reporting procedures – Reports required under SOLAS regulation I/21 and MARPOL 73/78 articles 8 and 12, MSC/Circ.953, MEPC/Circ.372, London: International Maritime Organisation, 2000. 45 p.
9. SMAILYŠ, V.; DAUKŠAS K.; BEREIŠIENĖ K. Orimulsion Transportation Safety Assessment in the Seaport of Klaipėda. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 2005, Nr.1(31), 14 – 20 p. ISSN 1392-1649.
10. SMAILYŠ, V.; LEBEDEVAS, S.; SENČILA, V. Jūros vandens apsaugos programa transportuojant orimulsiją ir naftos produktus. Klaipėda: Klaipėdos Universitetas, 1997. 29 p.
11. PAULAUSKAS, V. Navigational risk assessment of ships. *Transport*, 2006, Vol. XXI, No. 1, 12 – 18 p. ISSN 1648-4142.
12. PAULAUSKAS, V.; PLAČIENĖ, B.; MAKSIMAVIČIUS, R. Tanklaivių navigacinės rizikos tyrimai. *Jūra ir Aplinka*, 2004, Nr. 2. 29 – 32 p.
13. PAULAUSKAS, V. Laivo valdymas ypatingomis sąlygomis. Klaipėda: Klaipėdos Universiteto leidykla. 170 p.
14. VOLKOVAS, V., KRIKŠTOLAITIS, R., MATUZAS, V. Risk Analysis of Petrol Transportation. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 2005, Nr.1(31). 45 – 54 p. ISSN 1392-1649.

15. SMAILYS, V.; ČESNAUSKIS M. Estimation of Expected Cargo Oil Outflow from Tanker Involved In Casualty. *Transport*, 2006, Vol. XXIV, No. 4. 293 – 300 p. ISSN 1648-4142.
16. WENNICK, C. J. Collision and Grounding Risk Analysis for Ships Navigating in Confined Waters, *Journal of Navigation*, 1992, Vol. 45, No.1. 80 – 91 p.
17. KITE – POWELL, H.L.; JIN, D.; JEBSEN, J.; PAPKONSTANTINO, V. Toward a Port – Level Model of the Physical Risk of Grounding. ISOPE Conference 1997. 12p.
18. PSARAFTIS, H.N.; PANAGAKOS, G.; DESYPRIS, N.; VENTIKOS, N. An Analysis of Maritime Transportation Risk Factors. In *Proceedings of the Eighth International Offshore and Polar Engineering Conference, held in Montreal on May 24 – 29, 1998*. 477 – 483 p.
19. FOWLER, G.; SORGARD, E. Modeling Ship Transportation Risk. *Risk Analysis*, Vol. 20, No. 2, 2000. 225 – 244 p.
20. DELAUTRE, S.; AKSU, S.; TUZCU C., et al. Hazard Identification and Risk Ranking of Aframax Tankers by Expert Judgement. Lisbon (Portugal): International Maritime Association of the Mediterranean, 2005. 9 p.
21. Guidelines for Port and Harbour Risk Assessment and Safety Management Systems in New Zeland. Public Consultation draft. Maritime Safety Authority of New Zeland, 2004. 38 p.
22. Guidelines for Formal Safety Assessment for Use in the IMO Rule – Making Process, MSC/Circ.1023, MEPC/Circ.392. London: International Maritime Organisation, 2002. 54 p.
23. BROWN, A. Optimum Risk Tanker. A Systematic Approach to a TAPS Tanker Design. Virginia Tech., 1999. 15 p.
24. SIRKAR, J.; AMEER, P.; BROWN, A., et al. A Framework for Assessing the Environmental Performance of Tankers in Accidental Groundings and Collisions. SNAME Transactions, 1997. 45 p.
25. BROWN, A.; AMROZOWICZ, M. Tanker Environmental Risk. Putting the Pieces Together. San Francisco: SNAME/SNAJ Conference, 1996. 12 p.
26. Explanatory notes on matters related to the accidental oil outflow performance under regulation 23 of the revised Annex I of MARPOL 73/78, resolution MEPC.122(52). London: International Maritime Organisation, 2004. 43 p.
27. FRIIS – HANSEN, P.; CERUP SIMONSEN, B. GRACAT: Software for grounding and Collision Risk Analysis. *Journal of Marine Structures, special issue on ship collision and grounding*, Vol. 15, No. 4 – 5, 2002. 383 – 402 p.

28. SONNE RAVN, E.; FRIIS – HANSEN, P. Predicting Collision Damage and Resulting Consequences. Danish Technical University, Department of Mechanical Engineering, 2004. 11 p.
29. Revised Interim Guidelines for the Approval of Alternative Methods of Design and Construction of Oil Tankers under Regulation 13f (5) of Annex I of MARPOL 73/78, resolution MEPC.110 (49). London: International Maritime Organisation, 2003. 38 p.
30. International Collaborative Formal Safety Assessment Study – Screening of Generic Hazards. Submission of United Kingdom to the International Maritime Organization, MSC 74/INF.4. London: International Maritime Organisation, 2001. 9 p.
31. Safety of Shipping in Coastal Waters (SAFECON). Final Report. Det Norske Veritas, 1999. 50 p.
32. AKSU, S.; MIKELIS, N.; VASSALOS, D. A Rational Risk Based Approach for Design and Operation of Tankers. 3rd International Conference ENSUS, 2005. 14 p.
33. Double – hull tanker legislation: an assessment of the Oil Pollution Act of 1990. Washington, D.C: National Academy Press, 1998. 286 p.
34. Prince William Sound, Alaska. Risk Assessment Study. Det Norske Veritas, George Washington University and Rensselaer Polytechnic Institute/Le Moyne College, 1996. 362 p.
35. Marine Accident and Incident Investigator Course, Version 1.0 (on CD). World Maritime University, 2004.
36. PAPANIKOLAOU, A.; ELIOPOULOU, E.; ALISSAFAKI, A., et al. Critical Review of Aframax Tankers Incidents. Lisbon: International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM), 2005. 16 p.
37. Condition Assessment Scheme. London: International Maritime Organisation, 2004. 45 p.
38. Annual Report 2005. Paris Memorandum of Understanding on Port State Control, 2006. 60 p.
39. List of flag State comments on detentions for the years 2000, 2001 and 2002. FSI.2/Circ.5. London: International Maritime Organisation, 2002. 108 p.
40. KNAPP, S.; HANS FRANTES, PH. The Overall View of the Effect of Inspections and Evaluation of the Target Factor to Target Substandard Vessels. Rotterdam: Econometric Institute, Erasmus University, Report 2006 – 31. 40 p.
41. Report of the IMO comparative study on Oil Tanker Design, MEPC 32/7/15. London: International Maritime Organisation, 1992. 78 p.
42. Statistical Analysis of Classification Society Records for Oil tanker Collisions and Groundings. London: Lloyds Register STD Report No. 2078 – 3 – 2. 115 p.

43. Report of the working group on Revision of MARPOL Regulations I/22 to 24 in the Light of the Probabilistic Methodology for Oil Outflow Analysis. London: International Maritime Organisation, 1997. 64 p.
44. Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (resolution MEPC.117(52), revised Annex I of MARPOL 73/78). London: International Maritime Organization, 2004. 84 p.
45. PUŠKORIUS, S. Matematiniai metodai vadyboje. Vilnius: Lietuvos teisės universitetas, 2001. 386 p.
46. Compilation on Ship Accidents in the Baltic Sea Area 1989–1999. Final Report. Helsinki: Helsinki Commission, 2001. 24 p.
47. Compilation on Ship Accidents in the Baltic Sea Area 2000–2001. Helsinki: Helsinki Commission, 2002. 19 p.
48. An Updated Assessment of the Risk for Oil Spills in the Baltic Sea. Helsinki: Helsinki Commission, 2002. 77 p.
49. Compilation on Ship Accidents in the Baltic Sea Area 2002. Helsinki: Helsinki Commission, 2003. 14 p.
50. Compilation on Ship Accidents in the Baltic Sea Area 2003. Helsinki: Helsinki Commission, 2004. 12 p.
51. Report on ship accidents in the Baltic Sea area for the year 2004. Helsinki: Helsinki Commission, 2005. 21 p.
52. Draft HELCOM Thematic Assessment Report on Maritime Transport. Helsinki: Helsinki Commission, 2006. 24 p.
53. Double Hull Tankers: High Level Panel of Experts Report. Lisbon: European Maritime Safety Agency, 2005. 42 p.
54. IACS recommendation 96. Double Hull Oil Tankers – Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures. London: International Association of Classification Societies, 2007. 144 p.
55. Annual report and review 2005. International Tanker Owners Association, 2006. 38 p.
56. IACS recommendation 47. Shipbuilding and Repair Quality Standard. London: International Association of Classification Societies, 2006. 58 p.
57. International Safety Management Code and Revised guidelines on implementation of the ISM Code. London: International Maritime Organisation, 2002. 32 p.

58. Guidelines for the selection, application and maintenance of corrosion prevention systems of dedicated seawater ballast tanks (IMO resolution A.798 (19)). London: International Maritime Organisation, 1995. 12 p.
59. Report of the investigation into the loss of the Bahamian registered tanker “Prestige” off the northwest coast of Spain on 19th November 2002. London: Bahamas Maritime Authority, 2004. 263 p.
60. AKSU, S.; VASSALOS, D.; TUZCU, C. A Risk – Based Design Methodology for Pollution Prevention and Control. In *Proceedings of RINA conference on Design and Operation of Double Hull Tankers, held in London on 25 February, 2004*. 9 p.
61. ANDREASSEN, E.; KRISTOFFERSEN L.; SPOUGE J., et al. Development of Classification Rules Using Formal Safety Assessment to Prevent Collision and Grounding. Det Norske Veritas, 2004. 8 p.
62. Formal Safety Assessment Method for Reduction of Number of Accident Scenarios, Submitted by Japan to IMO, MSC 72/INF.17. London: 2000 International Maritime Organisation, 2000. 7 p.
63. Formal Safety Assessment Study on Bulk Carrier Safety, carried out by Japan, MSC 75/5/2. London: International Maritime Organisation, 2001. 43 p.
64. JOHNSON, C. Failure in Safety – Critical Systems: A Handbook of Incident and Accident Reporting. Glasgow: Glasgow University Press, 2003. 990 p.
65. Report on the Analysis of Fishing Vessel Accident Data 1992 to 2000. Southampton (United Kingdom): Marine Accident Investigation Branch, 2002. 77 p.
66. Annual Report 2002. Southampton (United Kingdom): Marine Accident Investigation Branch, 2003. 34 p.
67. Safety Study 1/2001: Review of Lifeboat and Launching Systems’ Accidents. Southampton (United Kingdom): Marine Accident Investigation Branch, 2001. 48 p.
68. MERRICK, J.; RENE VAN DORP, J.; MAZZUCHI T. The Prince William Sound Risk Assessment. *Interfaces*, 2002, Vol 32 , No 6. 25 – 40 p.
69. PAPANIKOLAOU, A.; ELIOPOULOU, E.; ALISSAFKI A., et al. Systematic Analysis and Review of AFRAMAX Tankers incidents. Lisbon (Portugal): International Maritime Association of the Mediterranean, 2005. 9 p.
70. Tanker Spills: Prevention by Design. Washington, D.C: US National Academy of Sciences, 1991. 28 p.
71. HANINNEN, S.; RYTKONEN, J. Oil Transportation and Terminal Development in the Gulf of Finland. Espoo: *VTT publications*, No 547, 2004. 151 p. ISSN 1235-0621.

72. ČESNAUSKIS, M. Model of Probabilistic Assessment of Oil Outflow Event Caused by Tanker Accident. *Transport*, 2007, Vol. XXII, No. 3. 187 – 194 p. ISSN 1648-4142.
73. Oil Spill Case Histories, 1967–1991. Washington: US National Oceanic and Atmospheric Administration, 1992. 224 p.
74. PRESS, S. J. Bayesian Statistics: Principles, Models and Applications. New York: John Wiley&Sons Inc., 1982. 45 p.
75. LINDLEY, A. V. Introduction to Probability and Statistics from a Bayesian Viewpoint. Cambridge University Press, 1965. 68 p.
76. ROSQVIST, T. On the Use of Expert Judgement in the Qualification of Risk Assessment. Espoo: *VTT Publications*, No. 507, 2003. 48 p. ISSN 1235-1621.
77. ROSQVIST, T., TUOMINEN, R. Qualification of Formal Safety Assessment – An Exploratory Study. *Safety Science*, 2004, Vol 42, No 2, 99 – 120 p.
78. DAVID, H. A. The method of paired comparison. London: Griffin and Co., 1969. 54 p.
79. KENDALL, M. Rank correlation methods. London: Griffin and Co., 1970. 96 p.
80. PALIY, O.; LITONOV, E.; EVENKO, V.I. Formal Safety Assessment for Marine Drilling Platforms. Saint Petersburg: Proceedings Ice Tech' 2000.
81. Comparative Study of Double – Hull and Single – Hull Tankers, Report 9749-1. San Francisco: Herbert Engineering Corporation, 1998. 9 p.
82. Report of the Correspondence Group on Casualty Anglysis, Submitted by the United Kingdom, FSI 12/4. London: International Maritime Organisation, 2003. 62 p.
83. KAPLAN, S.; GARRICK, J. On the quantitative definition on risk. *Risk Analysis*, 1981, Vol. 1. No. 1. 11 – 27 p.
84. BICKEL, J.H.; KELLY, D.L.; LEAHY, T.J. Fundamentals of Probabilistic risk assessment. Idaho, 1995. 153 p.
85. AUGUTIS, J.; UŠPURAS, E. Technologijų rizika. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, Vytauto Didžiojo universitetas, 2006. 247 p.
86. WANG, G.; JIANG, D.; SHIN, Y. Consideration of Collision and Contact Damage Risks in FPSO Structural Designs. Houston: Offshore Technology Conference, 2003.
87. KRISTIANSEN, S.; SOMA, T. Formal Safety Assessment of Commercial Ships – Status and Unresolved Problems. Oslo: Norwegian University of Science and Technology, 2002. 8 p.
88. PILLAY, A.; WANG, J.; WALL, A. Formal Safety Assessment of Fishing Vessels: Risk and Maintenance Modeling. London: Institute of Marine Engineering, Science and Technology, 2002. 21 p.

89. Comparative Formal Safety Assessment Study on Single and Double – side Skin Bulk Carriers. Glasgow (United Kingdom): University of Strathclyde, 2004. 284 p.
90. BRANDOWSKI, A. Model of Risk in Ship's Operation process. Gdansk (Poland): Technical University of Gdansk, 2001. 8 p.
91. Risk Analysis of Navigational Safety in Danish Waters. Copenhagen: Danish Maritime Authority and Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography, 2002. 25 p.
92. Nacionalinis taršos incidentų jūroje likvidavimo planas. Patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 1999 09 15 įsakymu Nr. 285/347.
93. PAPANIKOLAOU, A.; ELIOPOULOU, E.; MIKELIS N., et al. Casualty analysis of Tankers. In *Proceedings of RINA Conference – „Learning from Marine Accidents III“, held in London, 2006*. 29 – 41 p.
94. ČERVINSKAS, E. Laivų avarijos Klaipėdos uoste. *Mokslas ir gyvenimas*, Nr. 8 (488), 1998.12. 18p. ISSN 0134-3084.
95. THORSTENSEN, O. E.; SHIELD, D.A. Quality shipping: the role of the International Ship's Managers Association. *Quality shipping*. Rotterdam: Erasmus publishing, 1998. 129 –140 p.
96. Amendments to the Code for the Investigation of Marine Casualties and Incidents, Resolution A.884(21). London: International Maritime Organisation, 2000. 40 p.
97. Phase out of single hull oil tankers – Impact study on ship recycling. Brussels: European Commission, Directorate –General for Energy and Transport, 2004. 172 p.
98. The Study on the Port Development Project in the Republic of Lithuania. Nippon Koei Co., Ltd. 2004.
99. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, Consolidated edition. London: International Maritime Organisation, 2006. 488 p.
100. PAPANIKOLAOU, A.; ELIOPOULOU, E.; MIKELIS, N. Impact of Hull Design on Tanker Pollution. In *Proceedings of 9th International Marine Design Conference – IMDC06, held in Ann Arbor –Michigan on 16–19 May, 2006*. 15 p.
101. IACS recommendadion 87. Guidelines for coating maintenance and repairs for ballast tanks and combined cargo/ballast tanks on oil tankers. London: International Association of Classification Societies, 2006. 86 p.

**DISERTACIJOS AUTORIAUS PUBLIKUOTI STRAIPSNAI
PERIODINIUOSE MOKSLO LEIDINIUOSE**

- 1A. SMAILYS, V.; ČESNAUSKIS, M. Estimation of Expected Cargo Oil Outflow from Tanker Involved in Casualty. *Transport*, 2006, Vol. XXI No. 4, p. 293 – 300. ISSN 1648-4142.
- 2A. ČESNAUSKIS, M. Model of Probabilistic Assessment of Oil Outflow Event Caused by Tanker Accident. *Transport*, 2007, Vol. XXII, No. 3, p. 187 – 194. ISSN 1648-4142. (ISI Master List)
- 3A. ČESNAUSKIS, M.; TARASEVIČIUS, R. Jūrų laivų avarijų, įregistruotų 1999–2003 m. Lietuvos kompetentingose institucijose, statistikos ir tyrimų analizė. *Jūra ir aplinka*, 2004, Nr. 2, p. 33 – 40.

Kituose leidiniuose:

- 4 A. ČESNAUSKIS, M. Jūrų laivų avarijų, įregistruotų Lietuvos jūrų administracijos 1999–2003 m., analizė. Klaipėda: *Technologijos mokslo darbai vakarų Lietuvoje*, 2004, IV tomas, p. 168 – 174.