



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

AUTOMOBILIŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Mindaugas Kloviškis

**OPTIMALAUS PAIEŠKOS IR GELBĖJIMO LAIVO KONCEPTO
TYRIMAS SIEKiant VYKDYTI PRISKIRTAS UŽDUOTIS BALTIJOS
JŪROS ATSAKOMYBĖS ZONOJE**

**RESEARCH OF THE OPTIMAL CONCEPT OF SEARCH AND
RESCUE VESSEL FOR THE ASSIGNED TASKS IN THE AREA OF
RESPONSIBILITY IN BALTIC SEA**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX058

Jūrų transporto inžinerijos ir logistikos specializacija

Transporto inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2025

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

AUTOMOBILIŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Mindaugas Kloviškis

**OPTIMALAUS PAIEŠKOS IR GELBĖJIMO LAIVO KONCEPTO
TYRIMAS SIEKiant VYKDYTI PRISKIRTAS UŽDUOTIS BALTIJOS
JŪROS ATSAKOMYBĖS ZONOJE**

**RESEARCH OF THE OPTIMAL CONCEPT OF SEARCH AND
RESCUE VESSEL FOR THE ASSIGNED TASKS IN THE AREA OF
RESPONSIBILITY IN BALTIC SEA**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX058

Jūrų transporto inžinerijos ir logistikos specializacija

Transporto inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Justas Žaglinskis

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Lietuvių kalbos konsultantė

lekt. Angelika Petrėtienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vilnius, 2025

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
AUTOMOBILIŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Studijų kryptis: Transporto inžinerija

TVIRTINU

Studijų programa: Transporto inžinerija , valstybinis kodas 6211EX058 Katedros vedėjas

Specializacija: Jūrų transporto inžinerija ir logistika

Saugirdas Pukalskas

2025-04-28

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

Nr. JTfm-23–5921

Vilnius

Studentas (-ė): Mindaugas Kloviškis

Baigiamojo darbo tema: Optimalaus paieškos ir gelbėjimo laivo koncepto tyrimas, siekiant vykdyti priskirtas užduotis Baltijos jūros atsakomybės zonoje

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas pagal numatytą studijų kalendorinį grafiką.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Baigiamojo darbo užduotis:

Atlikti jūrines paieškos, gelbėjimo ir taršos likvidavimo operacijoms įtakos turinčių faktorių analizę, jos pagrindu sudaryti ir pagrįsti reikalavimus paieškos, gelbėjimo ir taršos likvidavimo laivo konceptui bei pateikti sprendimus minėtų reikalavimų užtikrinimui. Darbe turi būti atlikta:

- 1) jūrinėms paieškoms, gelbėjimo ir taršos likvidavimo operacijoms įtakos turinčių faktorių analizė;

- 2) sudaryti ir pagrįsti reikalavimai paieškos, gelbėjimo ir taršos likvidavimo laivo konceptui;

- 3) pateikti sprendimai ir pasiūlymai paieškos, gelbėjimo ir taršos likvidavimo laivo koncepto reikalavimų užtikrinimui.

Darbe turi būti panaudoti analitiniai ir statistinių duomenų apdorojimo metodai bei mat. modeliavimo priemonės. BD aiškinamąją dalį turi sudaryti esminiai skyriai (IVADAS, LITERATŪROS ANALIZĖ, METODOLOGIJA, EMPIRINIS TYRIMAS, IŠVADOS), kurių pavadinimai ir struktūra turi būti suderinti su baigiamojo darbo struktūra ir tema. Darbas turi būti atliekamas griežtai laikantis BD apiforminimo reikalavimų.

Vadovas Justas Žaglinskis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas Transporto inžinerijos fakultetas Automobilių inžinerijos katedra		ISBN Egz. sk. Data*.....*.....	ISSN
---	--	---	------

Antrosios pakopos studijų Transporto inžinerijos programos magistro baigiamasis darbas	
Pavadinimas	Optimalaus paieškos ir gelbėjimo laivo koncepto tyrimas, siekiant vykdyti priskirtas užduotis Baltijos jūros atsakomybės zonoje
Autorius	Mindaugas Kloviškis
Vadovas	Justas Žaglinskis

	Kalba: lietuvių
--	------------------------

Anotacija Baigiamajame magistro darbe siekiama nustatyti optimalias paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo technines charakteristikas ir parinkti projektą, optimaliai atitinkantį šias charakteristikas. Darbe išnagrinėta mokslinė literatūra, teisės aktai, kitos publikacijos ir nustatyti konkretūs faktoriai, turintys įtakos laivo techninėms charakteristikoms. Metodologinėje dalyje išanalizuoti matematiniai metodai ir matematinio modeliavimo programos, skirtos skirtingų tipų laivų elgsenai imituoti, sudaryta laivo konceptui įtakos turinčių faktorių analizės matrica. Tiriamojoje dalyje įvertinti konceptui įtakos turintys faktoriai, nustatytos jų reikšmės, modeliuojant gautų reikšmių hidrometeorologines sąlygas įvertinta skirtingų tipų laivų elgsena vandenyje. Siekiant pasiūlyti konkretų projektą, atitinkantį nustatytus reikalavimus, atlikta atvirų šaltinių rinkos analizė. Apibendrinant gautus rezultatus, pateikta rekomendacija dėl paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo įsigijimo projekto įgyvendinimo. Darbą sudaro 8 dalys: įvadas, literatūros analizė, metodologija, tiriamoji dalis, rinkos analizė, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas, priedai. Darbo apimtis – 74 puslapiai teksto be priedų, 18 iliustracijų, 23 lentelės, 53 bibliografiniai šaltiniai, 4 priedai.
--

Prasminiai žodžiai: paieškos ir gelbėjimo laivas, teršalų likvidavimas, Baltijos jūra, hidrometeorologinės sąlygos, laivo automatizacija, Lietuvos kariuomenės Karinės jūrų pajėgos.

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Transport Engineering Department of Automobile Engineering		ISBN Copies No. Date*.....*.....	ISSN
Master Degree Studies Transport Engineering study programme Master Graduation Thesis			
Title	Research of the optimal concept of Search and Rescue vessel for the assigned tasks in the area of responsibility in Baltic Sea		
Author	Mindaugas Kloviškis		
Academic supervisor	Justas Žaglinskis		
		Thesis language: Lithuanian	
Annotation			
The aim of the Master's thesis is to determine the optimal technical characteristics of a search and rescue and pollution response vessel and to select a design that optimally meets these characteristics. The thesis examines the scientific literature, legislation, other publications and identifies the specific factors affecting the technical characteristics of the vessel. The methodology analyses mathematical methods and mathematical modelling programs to simulate the behavior of different types of ships and develops an analysis matrix of the factors influencing the ship's concept. In the research part, the factors influencing the concept are evaluated, their values are determined, and the behavior of different types of ships in the water is evaluated by modelling the hydro meteorological conditions with the obtained values. In order to propose a specific project which, meet selected requirements, an open sources market analysis was carried out. The results were summarized and a recommendation was made for the acquisition project of a search and rescue and pollution response vessel. Thesis structure: introduction, bibliographic analyses, research methodology, research part, market analyses, conclusions and proposals, references, annexes. The work consists of - 74 pages of text, without annexes, 18 figures, 23 tables, 53 bibliographic sources, 4 annexes.			
Keywords: search and rescue vessel, pollution response, Baltic Sea, hydrometeorological conditions, vessel automation, Lithuanian Navy.			

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	8
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	9
SANTRUMPŲ AIŠKINAMASIS ŽODYNAS.....	10
ĮVADAS.....	12
1. PAIEŠKOS IR GELBĖJIMO BEI TERŠALŲ LIKVIDAVIMO OPERACIJAS RIBOJANČIŲ FAKTORIŲ ANALIZĖ	14
1.1. Hidrometeorologinių sąlygų analizė	14
1.1.1. Vėjo greičio įtakos analizė	14
1.1.2. Bangų aukščio įtakos analizė	16
1.1.3. Srovės stiprumo įtakos analizė	18
1.1.4. Vandens temperatūros įtakos analizė	19
1.1.5. Ledo storio ir apledėjimo įtakos analizė.....	21
1.1.6. Rūko įtakos analizė	22
1.2. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms keliamų reikalavimų analizė	23
1.2.1. Laivo paruoštumo PGTL operacijoms ir teisės aktų analizė	24
1.2.2. Atstumų iki incidentų vietos analizė	26
1.2.3. Lietuvos Respublikos atsakomybės rajono eismo analizė.....	27
1.2.4. Įgulos sudėties analizė	29
1.2.5. Bendradarbiavimo su kitais paieškos ir gelbėjimo vienetais analizė.....	31
1.3. Laivo įrangos įtaka paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms	31
1.3.1. Teršalų likvidavimo būdų analizė.....	31
1.3.2. Galimų incidentų jūroje analizė	32
1.3.3. Baltijos jūros šalių pagrindinių PGTL laivų analizė.....	33
1.4. Literatūros analizės apibendrinimas	34
2. METODOLOGIJA.....	36
2.1. Tiltelio simulatoriaus matematinis modelis.....	36
2.2. Taršos sklaidos vandens paviršiuje modeliavimo programa	39
2.3. Paieškos ir gelbėjimo operacijų rajonų skaičiavimo metodika.....	41
2.4. Lyginamoji paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivų analizė.....	44
2.5. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivui įtakos turinčių faktorių vertinimo metodologija	46
3. EMPIRINIS TYRIMAS	47
3.1. Hidrometeorologinių sąlygų vertinimas	47
3.2. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms keliamų reikalavimų vertinimas	49
3.3. Laivo įrangos įtakos paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms vertinimas	53
3.4. Duomenų, sugeneruotų tiltelio simulatoriuje, vertinimas	56
3.5. Paieškos ir gelbėjimo rajono dydžio nustatymas ir vertinimas.....	59
3.6. Taršos sklaidos vandens paviršiuje modeliavimo vertinimas.....	61
3.7. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo techninių charakteristikų apibendrinimas.....	63
4. RINKOS ANALIZĖ	65

IŠVADOS IR SIŪLYMAI	69
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	70
PRIEDAI	75
A PRIEDAS. JIAL ir PAL laivų techniniai duomenys.....	75
B PRIEDAS. Tiltelio simulatoriaus duomenys	76
C PRIEDAS. PGO rajono skaičiavimas jūrlapyje.....	85
D PRIEDAS. TSVPMR rezultatai	92

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Dreifo greičio ir kurso skaičiavimas	15
2 lentelė. Hidrometeorologinių sąlygų faktorius F_w	17
3 lentelė. Boforto balų priklausomybė nuo vėjo ir bangų aukščio	17
4 lentelė. Ledo klasės pagal TSFS 2011:96	21
5 lentelė. Apledėjimo stebėjimo duomenys (30 metų periodas)	22
6 lentelė. Statistinis rūko susidarymo dienų skaičius Baltijos jūros pakrantėje	23
7 lentelė. Lloyd registro automatizacijos lygiai	30
8 lentelė. Baltijos jūros šalių PGTL laivų techniniai duomenys	34
9 lentelė. X_{error} pozicijos nustatymo faktorius	43
10 lentelė. F_s patikimumo faktorius	43
11 lentelė. W_u nekoreguotas paieškos plotis	44
12 lentelė. Hidrometeorologinių faktorių vertinimo apibendrinimas	49
13 lentelė. Įgulos komplektavimo ir automatizavimo vertinimas	52
14 lentelė. PGTL kelių reikalavimų apibendrinimas	53
15 lentelė. PGTL įrangos vertinimas	56
16 lentelė. Parinktų laivų techniniai duomenys	57
17 lentelė. Tiltelio simulatoriaus duomenys	58
18 lentelė. Stabilumo matavimų rezultatai	59
19 lentelė. PGO rajono skaičiavimo rezultatai	60
20 lentelė. Taršos sklaidos modeliavimo rezultatai	62
21 lentelė. Optimalaus PGTL techninės charakteristikos	64
22 lentelė. Laivų projektų pasiūlymai	66
23 lentelė. Laivo „Turva“ techniniai ir funkciniai parametrai	68

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Vėjų rožės paviršiuje nuo 2022-07-20 iki 2023-07-19.....	15
2 pav. Vidutinės bangos krypties ir reikšmingo bangos aukščio santykių lentelė	18
3 pav. Srovės rožė paviršiuje.....	19
4 pav. Žmogaus išgyvenimo vandenyje tikimybė valandomis.....	20
5 pav. Paviršinio vandens temperatūros stebėjimo duomenys.....	20
6 pav. Lietuvos Respublikos Paieškos ir gelbėjimo darbų rajonas.....	24
7 pav. 2022 metų laivų judėjimo duomenys LR IEZ ir aplink.....	27
8 pav. 2020 metų teršalų išsiliejimo rizikos vietos LR atsakomybės rajone	28
9 pav. Potenciali atsinaujinančios energetikos plėtojimo akvatorija	28
10 pav. Laivo įgulos komplektavimo ir automatizavimo matrica	31
11 pav. Jūrinių incidentų skaičius procentais Suomijos įlankoje	33
12 pav. Laivo tiltelio simulatoriaus naudojamos koordinacių sistemos	36
13 pav. PGO rajono skaičiavimas.....	43
14 pav. „Datum point“ skaičiavimo metodas	44
15 pav. PGTLI įtakos turinčių faktorių vertinimo matrica	46
16 pav. Parinkta taršos incidento vieta	51
17 pav. Hidrometeorologinės sąlygos 2025-03-25 – 2025-04-06	62
18 pav. Suomijos daugiafunkcis laivas „Turva“	67

SANTRUMPŲ AIŠKINAMASIS ŽODYNAS

angl. – angliškai

BP – traukiamoji jėga (angl. *Bollard Pull*)

BRISK – naftos ar pavojingų medžiagų išsiliejimo Baltijos jūroje regioninė rizika (angl. *Sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea*)

DP – dinaminis pozicionavimas (angl. *Dynamic Positioning*)

DSP – pradinė dreifo pozicija (angl. *Drift start position*)

GMDSS – globali jūrinės pagalbos ir saugumo sistema (angl. *Global Maritime Distress and Safety System*)

GPS – globalinė pozicionavimo sistema (angl. *Global Positioning System*)

HELCOM – Helsinkio komisija (angl. *Helsinki Comission*)

HF – aukšto dažnio (angl. *High Frequency*)

IAMSAR – Tarptautinė oro ir jūrų paieškos ir gelbėjimo instrukcija (angl. *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual*)

IEZ – išskirtinė ekonominė zona

ITOPF – Tarptautinė tanklaivių savininkų taršos federacija (angl. *International Tanker Owners Pollution Federation*)

JGKC – Jūrų gelbėjimo ir koordinavimo centras

JIAL – jūrinės infrastruktūros aprūpinimo laivas

jm – jūrmylė

km – kilometrai

LK KJP – Lietuvos kariuomenės Karinės jūrų pajėgos

LR – Lietuvos Respublika

LW – vėjo dreifas (angl. *Leeway*)

MF – vidutinio dažnio (angl. *Medium Frequency*)

m. – metai

mzg. – mazgai

n. n. – nebuvo nurodyta

NTPRO 5000 – profesionalus navigacijos treniruoklis 5000 (angl. *Navi-Trainer Professional 5000*)

PADM – dalelių sklaidos modelis (angl. *Particle Dispersion Model*)

PAL – pakrančių apsaugos laivas

PGO – paieškos ir gelbėjimo operacija

PGTLL – paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivas

RDV – galutinis dreifo vektorius (angl. *Resulting drift vector*)

ROV – nuotoliniu būdu valdomas robotas (angl. *Remote Operated Vehicle*)

SOLAS 74 – Tarptautinė konvencija dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje (angl. *International Convention for the Safety of Life at Sea*)

STCW – Mokymo, sertifikavimo ir budėjimo standartų konvencija (angl. *Standards of Training, Certification, and Watchkeeping Convention*)

šved. – švediškai

TJO – Tarptautinė jūrų organizacija (angl. *International Maritime Organization*)

TSFS – Švedijos transporto agentūros taisyklių sąvadas (šved. *transportstyrelsens författningssamling*)

TSVPMP – taršos sklaidos vandens paviršiuje modeliavimo programa

TWC – galutinė srovės išvestinė (angl. *Total water current*)

UHF – ultraaukšto dažnio (angl. *Ultra High Frequency*)

val. – valandos

VHF – labai aukšto dažnio (angl. *Very High Frequency*)

IVADAS

Tyrimo aktualumas. Lietuva 1992 m. ratifikavo pagrindinius tarptautinius žmonių paieškos ir gelbėjimo jūroje įsipareigojimus, kurie yra įtvirtinti 1974 m. Tarptautinėje konvencijoje dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje (angl. *International Convention for the Safety of Life at Sea*, toliau – SOLAS 74), bei 1979 m. Tarptautinėje jūrų paieškos ir gelbėjimo konvencijoje (angl. *International Convention on Maritime Search and Rescue*), kurią Lietuva ratifikavo 2001 m. Pagal šias konvencijas Lietuvos valstybė turi užtikrinti pasiruošimą vykdyti paieškos ir gelbėjimo operacijas jūroje. O nuo 2000 m. sausio 17 d. Lietuva prisijungė ir prie 1992 m. Helsinkio konvencijos dėl Baltijos jūros baseino jūrinės aplinkos apsaugos, kuri įpareigoja šalis palaikyti tinkamą pasirėngimą ir laiku reaguoti į taršos avarijas jūroje, siekiant likviduoti ar sumažinti iki minimumo jų pasekmes.

Šiuo metu tarptautiniams įsipareigojimams vykdyti Lietuvos Kariuomenės Karinėse jūrų pajėgose (toliau – LK KJP) naudojamas paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivas „Šakiai“, pastatytas 1986 m. Pirminė šio laivo paskirtis – refrižeratorinis seineris, žvejybinis traleris. Laikui einant laivo eksploatacija reikalauja vis didėjančių investicijų ir dažnesnio remonto, o jis pats yra per lėtas, todėl reagavimas į paieškos ir gelbėjimo bei taršos likvidavimo incidentus jūroje, taip pat nustatytų funkcijų vykdymas yra apribotas ir neefektyvus.

Siekiant išlaikyti tinkamą pasiruošimą įvykdyti tarptautinius įsipareigojimus, LK KJP yra pavesta atlikti nacionalinės svarbos uždavinį – parengti techninius reikalavimus naujam paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivui. Šie reikalavimai turėtų būti grįsti aiškiais ir moksliškai įrodytais pasirinkimo kriterijais, kurie atitiktų Lietuvos Respublikos atsakomybės zonos specifiką.

Tyrimo problema. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo parinkimas turi būti paremtas paieškos ir gelbėjimo operacijų aplinkai įtakos turinčių faktorių analizės rezultatais. Šiuo metu LK KJP nėra sudariusi paieškos ir gelbėjimo atsakomybės zonoje vykdomų operacijoms įtakos turinčių faktorių analizės. Dėl šios priežasties, paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo parinkimas ir reikalavimai jam nėra griežtai apibrėžti, o tai kelia riziką, kad naujai ketinamas įsigyti laivas neatitiks realių poreikių operacijoms vykdyti Lietuvos Respublikos atsakomybės zonoje. Ribotos laivo galimybės gali lemti turto praradimą, didesnę aplinkos taršą ir prarastas žmonių gyvybes. Šiai problemai spręsti būtina išanalizuoti Lietuvos Respublikos atsakomybės zonoje atliekamų paieškos ir gelbėjimo operacijų specifiką, identifikuoti svarbiausius faktorius, darančius įtaką operacijų eigai, bei remiantis gautais rezultatais sudaryti pagrįstus reikalavimus naujam laivui įsigyti. Atsižvelgiant

į sudarytus reikalavimus paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivui bei atlikus rinkos analizę, darbe pateikiami pagrįsti sprendimai bei pasiūlymai dėl iškeltų reikalavimų įgyvendinimo.

Tyrimo objektas – kriterijais pagrįsto laivo, užtikrinančio paieškos, gelbėjimo ir taršos likvidavimo užduočių vykdymą Baltijos jūros atsakomybės zonoje, konceptas.

Tyrimo tikslas – atsižvelgiant į nustatytus ir pagrįstus kriterijus, pristatyti optimalų paieškos ir gelbėjimo laivo konceptą, kuris užtikrintų paieškos, gelbėjimo ir taršos likvidavimo užduotis Baltijos jūros priskirtoje atsakomybės zonoje.

Darbo mokslinis naujumas. LK KJP 2009 m. Vyriausybės sprendimu perėmė paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivą „Šakiai“ iš Klaipėdos jūrų uosto direkcijos, kuri laivą eksploatavo nuo 1994 m. Nuo to laiko LK KJP ar kitos institucijos nebuvo įsigijusios naujo laivo šioms užduotims vykdyti, kuris būtų parinktas vadovaujantis griežtai apibrėžtais kriterijais ir pritaikytas Lietuvos Respublikos atsakomybės zonai. Todėl tokių kriterijų nustatymas ir šio proceso metodika bei algoritmas sudaro mokslinio naujumo pagrindą.

Uždaviniai tikslui pasiekti:

1. Atlikti jūrinėms paieškos ir gelbėjimo operacijoms įtaką darančių faktorių analizę.
2. Remiantis paieškos ir gelbėjimo operacijoms įtakos turinčių faktorių analize, sudaryti ir pagrįsti reikalavimus paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo konceptui.
3. Pateikti sprendimus ir rekomendacijas paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo koncepto reikalavimams užtikrinti.

Tyrimo metodai. Tyrime taikomi analitiniai ir statistiniai duomenų analizės ir matematiniai metodai bei matematinio modeliavimo programos.

1. PAIEŠKOS IR GELBĖJIMO BEI TERŠALŲ LIKVIDAVIMO OPERACIJAS RIBOJANČIŲ FAKTORIŲ ANALIZĖ

1.1. Hidrometeorologinių sąlygų analizė

Hidrometeorologinės sąlygos yra vienas didžiausių faktorių, turinčių įtaką visoms operacijoms jūroje. Šie veiksniai apima įvairias oro ir vandens sąlygas, kurios daro įtaką tiek misijų jūroje veiksmingumui, saugumui ir efektyvumui iš platformos pusės, tiek nukentėjusiųjų galimybėms išgyventi bei teršalų sklidimui ar lokalizacijai. Šie faktoriai daugiausia yra vėjas, bangos, srovė, ledas, matomumas ir apledėjimas (Pleskacz, 2015). Kiekvienas iš šių faktorių apžvelgtas atskirai nustatant jų poveikį PGTL.

1.1.1. Vėjo greičio įtakos analizė

Vėjas veikia ne tik pačią platformą, bet ir daro reikšmingą poveikį paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms jūroje. Dėl stipraus vėjo gelbėjimo laivams ir orlaiviams gali būti sunku orientuotis ir išlaikyti stabilumą, todėl padidėja nelaimingų atsitikimų rizika. Dėl stipraus vėjo vandenyje esantys daiktai ir asmenys dreifuoja, todėl praėjus kažkuriam laikui yra sunku nustatyti jų tikslią buvimo vietą pagal paskutines žinomas koordinatas. Jis taip pat kelia tiesioginę grėsmę gelbėtojui, ypač dirbančių atviraime denyje, saugumui. Vėjo sukeliama purva ir bangos gali riboti matomumą, todėl vandenyje sunkiau pastebėti žmones ar nuolaužas. Jo keliamas triukšmas gali trikdyti radijo ryšį ar trukdyti koordinuoti paieškos komandų veiksmus. Maži PGTL laivai bei mažos gelbėjimo valtys yra ypač pažeidžiami, nes gali apvirsti arba būti užlieti didelių bangų, kurias sukelia stiprus vėjas. Norint tiksliai manevruoti pučiant stipriam vėjui, laivui reikia galingos propulsinės sistemos (propulsinė sistema – tai mechanizmų visuma, kuri sukuria judėjimo jėgą ir leidžia laivui judėti. Ji sudaryta iš vidaus degimo variklio, transmisijos ir kitų komponentų, kurie generuoja jėgą judėjimui), kuri galėtų atstovėti šoninio vėjo daromą įtaką. O paties laivo konstrukcija turi būti sudaryta taip, kad galėtų atlaikyti vėjo sukeltas apkrovas bei išlaikyti laivo stabilumą vadovaujantis Tarptautinės jūrų organizacijos patvirtintais kriterijais (Saydam ir Taylan, 2018).

Tarptautinė oro ir jūrų paieškos ir gelbėjimo instrukcija (angl. *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual*, toliau – IAMSAR) vėjo sukeltą objektų dreifą (angl. *leeway*, toliau – LW) apibūdina kaip paieškos objekto judėjimą vandenyje, kurį lemia vėjo veikiamas viršvandeninė objekto dalis. Objekto judėjimas dėl šio poveikio labai priklauso nuo jo formos, dydžio ir orientacijos, todėl tikslų dreifo dydį ir kryptį yra labai sunku nustatyti. Tačiau statistiškai IAMSAR naudoja toliau pateikiamą lentelę (1 lentelė), skirtą dreifo

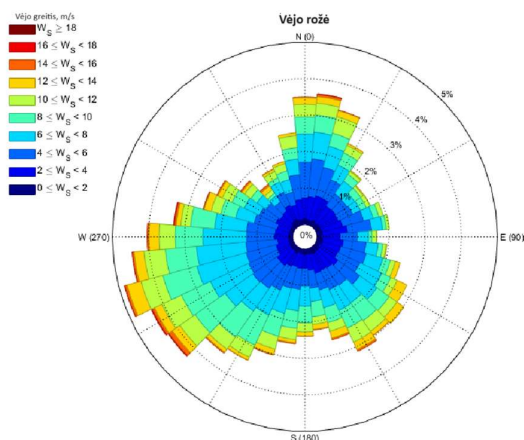
krypčiai ir greičiui apskaičiuoti, kai U vėjo greitis mazgais (naudojama esant vėjo greičiui nuo 5 iki 40 mazgų).

1 lentelė. Dreifo greičio ir kurso skaičiavimas

OBJEKTAS	LW (dreifo greitis)	LW KURSO PAKLaida**
Žmogus vandenyje	$0,011 \times U^{***} + 0,068$	30
Plaustas (4-6 asmenys)*	$0,029 \times U + 0,039$	20
Plaustas (4-6 asmenys) su inkaru	$0,018 \times U + 0,027$	16
Plaustas (4-6 asmenys) be inkaro	$0,038 \times U + 0,041$	20
Plaustas (15-25 asmenys)*	$0,036 \times U + 0,086$	14
Plaustas (15-25 asmenys) su inkaru	$0,031 \times U + 0,070$	12
Plaustas (15-25 asmenys) be inkaro	$0,039 \times U + 0,060$	12
Kanoja su asmeniu	$0,011 \times U + 0,240$	15
Banglentė su asmeniu	$0,020 \times U$	15
Burlentė su asmeniu, burė vandenyje	$0,023 \times U + 0,100$	12
Jachta	$0,030 \times U$	48
Greitaeigė valtis	$0,069 \times U - 0,080$	19
Žvejybinis laivas	$0,042 \times U$	48
Mažas prekybinis laivas	$0,028 \times U$	48
Nuolaužos	$0,020 \times U$	10
* - kai nežinoma, ar naudojamas inkaras		
** - LW kurso paklaida skaičiuojama į abi puses priklausomai nuo vėjo krypties, pvz. Vėjas 000°, LW kurso paklaida nuo 330° iki 030°		
*** - U yra vėjo greitis mazgais		

Šaltinis: International Maritime Organization, 2022.

Žvelgiant į Lietuvos Respublikos atsakomybės rajoną ir jame vyraujančius vėjus matoma, kad čia vėjo greitis ir kryptis stipriai varijuoja nepaisant metų laiko (1 paveikslas). Tačiau dėl dažnai užsilaikančio aukšto slėgio virš šiaurinės Skandinavijos pietų Baltijos jūroje, ypač žiemą ir pavasarį, bent keletui savaitių nuolat vyrauja rytų ir šiaurės rytų vėjai (UK Hydrographic Office, 2022).



1 pav. Vėjų rožės paviršiuje nuo 2022-07-20 iki 2023-07-19

Šaltinis: Bellanco, 2023.

1.1.2. Bangų aukščio įtakos analizė

Bangų aukščio poveikį laivams galima suskirstyti į kelias pagrindines sritis: stabilumą, navigaciją, konstrukcinį vientisumą, įgulos patogumą ir saugumą bei veiklos efektyvumą. Didelės bangos gali sukelti pernelyg didelį laivo svyravimą (judėjimą iš vieno šono į kitą šoną) ir supimą (judėjimą aukštyn ir žemyn). Dėl stipraus svyravimo gali pasislinkti krovinyės ar kiti nepritvirtinti įrenginiai ir įrengimai, ko pasekoje laivas gali apvirsti, o dėl supimo laivo priekiu ar laivagaliui trankantis į bangas galima pažeisti laivo konstrukciją. Didėjant bangų aukščiui, blogėja laivo gebėjimas išlaikyti stabilumą ir valdomumą audringoje jūroje, todėl nukenčia bendros laivo plūdumo charakteristikos. Prie didelių bangų laivas turi mažinti greitį, kad kuo labiau sumažintų korpuso apkrovą ir užtikrintų saugų plaukimą. Dėl to gali būti vėluojama pasiekti kelionės tikslą. Plaukiant per dideles bangas gali tekti keisti kursą, kad būtų išvengta blogiausių sąlygų, o tai gali pailginti maršrutą ir padidinti degalų sąnaudas. Taip pat didelės bangos veikia laivo korpusą didžiulėmis jėgomis, todėl gali atsirasti konstrukcinis metalo nuovargis, o kraštiniais atvejais – laivo korpuso pažeidimas ar gedimas (Paulauskas et al., 2024). Toks nuolatinis judėjimas dėl didelių bangų gali sukelti ne tik techninius iššūkius bet ir įgulos nuovargį ir jūros ligą, o tai turi įtakos įgulos narių gebėjimui veiksmingai atlikti pareigas, bei padidėja nelaimingų atsitikimų ir sužeidimų rizika (Lundh, 2010).

Siekiant minimizuotų bangų poveikį platformai ir įgulai dažniausiai naudojamos tokios strategijos kaip greičio mažinimas reaguojant į didelio bangavimo sąlygas, siekiant sumažinti laivo konstrukcijos apkrovą ir padidinti saugumą. Brangesnis technologinis būdas būtų stabilizavimo sistemų diegimas, tokių kaip papildomi sparnai ar giroskopai, naudojimas, siekiant sumažinti siūbavimą ir pagerinti stabilumą audringoje jūroje. Arba laivų su sustiprintais korpusais ir patobulintais hidrodinaminiais profiliais projektavimas, kad jie geriau atlaikytų didelių bangų jėgas (Paulauskas et al., 2024).

Išnagrinėję bangų aukščio poveikį laivams ir taikydami tinkamas jų poveikio mažinimo strategijas, jūrinių laivų inžinieriai gali padidinti laivų saugumą ir efektyvumą, užtikrindami geresnę įgulos, krovinių ir operacijų saugą. Tačiau bangų aukštis ne tik turi įtakos laivo dizainui, tačiau ir pačioms paieškos ir gelbėjimo operacijoms, nes vadovaujantis paieškos kriterijais, esant skirtingo aukščio bangoms, skiriasi tikimybė pamatyti incidento vietą ar nukentėjusįjį. Šis kriterijus vadinamas hidrometeorologinių sąlygų kriterijumi (F_w), kuris priklauso tiek nuo vėjo greičio, tiek nuo bangų aukščio ir pateikiamas 2 lentelėje (International Maritime Organization, 2022).

2 lentelė. Hidrometeorologinių sąlygų faktorius F_w

Hidrometeorologinės sąlygos: Vėjo greitis (mzg.), bangų aukštis (metrais)	Paieškos objektas	
	Žmogus vandenyje, plaustas arba laivas iki 10 metrų	Kiti paieškos objektai
Vėjas 0–15 mzg., banga iki 1 m	1,0	1,0
Vėjas 1–25 mzg., banga 1–2 m	0,5	0,9
Vėjas virš 25 mzg., banga virš 2 m	0,25	0,9

Šaltinis: International Maritime Organization, 2022.

Tam, kad bangų aukštį būtų galima susieti su vėjo greičiu ir turėti vienodą skalę, jūrinėje industrijoje ir navigacijoje, pagal Tarptautinę jūrinę organizaciją (angl. *Internation Maritime Organization*) yra taikomi Boforto balai (angl. *Beufort Wind Scale*), o jų priklausomybė nuo vėjo pateikta 3 lentelėje. Pagal šią skalę yra kuriamos gamtinės sąlygos ir įvairiuose simulatoriuose. Atsižvelgiant į tai, kad gamtinės sąlygos nėra pastovios, pateiktoje skalėje nurodomi intervalai, kuriais yra patogiau aprašyti ar modeliuoti gamtinių sąlygų variaciją.

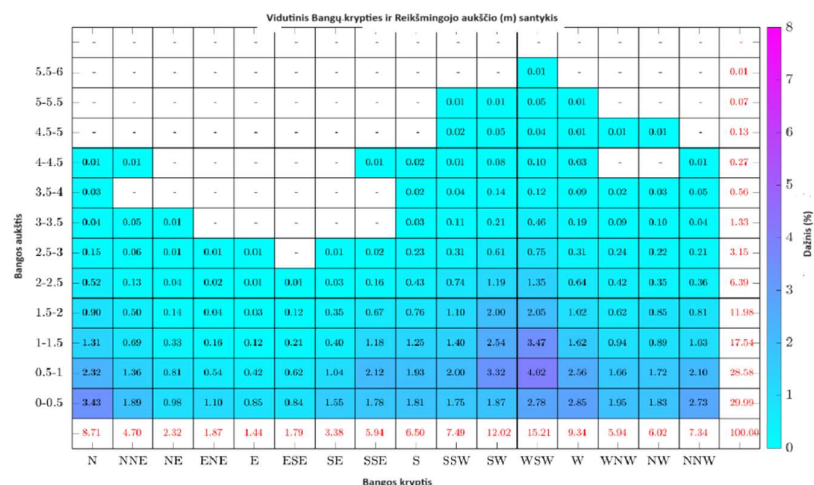
3 lentelė. Boforto balų priklausomybė nuo vėjo ir bangų aukščio

Boforto balai	Vėjo greitis (m/s)	Aprašymas	Bangų aukštis (m)	Jūrinės sąlygos
0	0,0–0,2	Tyka (štilis)	0,0	Plokščia
1	0,3–1,5	Lengvas oras	0,1	Raibuliavimas be keterų
2	1,6–3,3	Lengvas	0,2	Raibuliai su keteromis. Keteros lygios, nėra lūžimo
3	3,4–5,4	Švelnus	0,6	Dideli raibuliai. Keteros pradeda lūžti, padrikos pabalusios viršūnės
4	5,5–7,9	Vidutinis	1,0	Mažos bangos
5	8,0–10,7	Gaivus	2,0	Vidutinės (1,2 m) bangos. Susidaro putos ir pūslai
6	10,8–13,8	Stiprus	3,0	Didelės bangos su putotomis keteromis ir pūslais
7	13,9–17,1	Beveik audra	4,0	Jūros putos pradeda sliuogti nuo bangų keterų
8	17,2–20,7	Audra	5,5	Vidutiniškai didelės bangos su lūžtančiomis keteromis. Putų ruožai.
9	20,8–24,4	Stipri audra	7,0	Aukštos, gausiai putotos bangos (2,75 m). Bangų keteros pradeda ritinėti. Žymūs pūslai.
10	24,5–28,4	Štormas	9,0	Labai aukštos bangos. Jūros paviršius baltas. Sumažėjęs matomumas
11	28,5–32,6	Stiprus štormas	11,5	Ypač aukštos bangos
12	32,7–40,8	Uragano stiprumo vėjas	14+	Milžiniškos bangos. Oras pilnas pūslų ir putų. Jūra visiškai balta. Matomumas visiškai mažas

Šaltinis: UK Hydrographic Office, 2023.

Konkretūs vidutinės bangų krypties ir reikšmingojo bangų aukščio vienerių metų laikotarpio stebėjimai pateikiami 2 paveiksle. Šie stebėjimai buvo atliekami ištisus metus siekiant nustatyti tikslias hidrometeorologines sąlygas, vyraujančias Baltijos jūroje LR

išskirtinėje ekonominėje zonoje. Taip pat čia pateikiamas ir tokių bangų atsiradimo dažnis stebėjimo laikotarpiu.



2 pav. Vidutinės bangos krypties ir reikšmingo bangos aukščio santykių lentelė

Šaltinis: Bellanco, 2023.

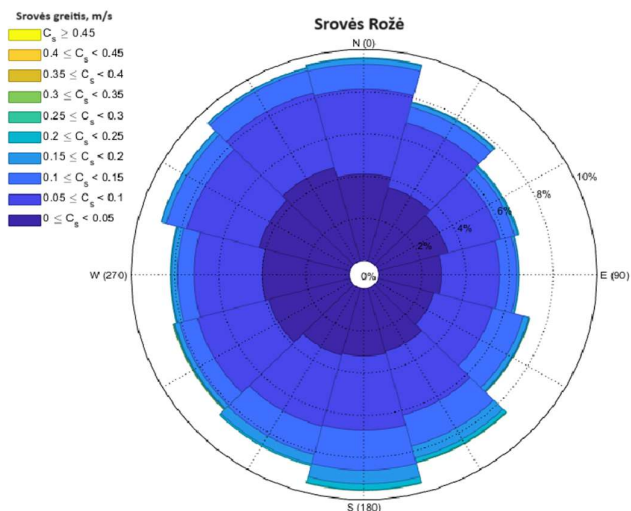
Lietuvos Respublikos atsakomybės rajone bangas generuoja lokaliai pučiantys vėjai, o jų kryptis kinta gan dažnai. Didžiausios bangos rytinėje Baltijos jūros pakrantėje būna pučiant vakarų, šiaurės vakarų vėjams. Didelis ir labai didelis bangavimas Baltijos jūroje vyksta nuo 12 % iki 14 % atvejų žiemą ir rudenį, bei nuo 1 % iki 3 % – vasarą (UK Hydrographic Office, 2022).

1.1.3. Srovės stiprumo įtakos analizė

Kaip dėl vėjo, taip ir dėl srovių vandenyje esantys daiktai ir asmenys dreifuoja, todėl praėjus tam tikram laikui yra sunku numatyti jų buvimo vietą pagal paskutines žinomas koordinates. Jūroje įvykus avarinei situacijai srovė gali išsklaidyti išsiliejusią naftą, nuolaužas ir išgyvenusius žmones didesniame plote, taip reikšmingai padidindama paieškos plotą ir apsunkindama jų buvimo vietos nustatymą. Srovei veikiant naftos surinkimo už bortinius įrenginius, jų efektyvumas mažėja, o jų valdymui reikia daugiau galios. Nepasirinkus tinkamos vietos cheminių naftos skaidymo medžiagų išbarstymui, jos gali būti srovės nuneštos nuo taršos šaltinio (Hoang et al., 2018).

Stipri srovė turi įtakos ir gelbėjimo laivų manevringumui, todėl jiems yra sunkiau veiksmingai vykdyti operacijas už laivo borto. Srovė taip pat veikia laivų kursą ir greitį, todėl norint išlaikyti numatytą maršrutą reikia nuolat juos koreguoti. Dėl plaukimo prieš stiprią srovę padidėja degalų sąnaudos, o tai turi įtakos jūrų transporto veiklos efektyvumui ir sąnaudoms (Paulauskas et al., 2024).

Siekiant sumažinti srovės poveikį paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms yra taikomi sudėtingi skaičiavimo algoritmai, kurie sudaro dreifo modelius pagal realaus laiko srovės duomenis, taip numatant tikėtiną objektų ir žmonių judėjimą vandenyje. Pasirenkant atitinkamą paieškos metodą, atsižvelgiant į srovės kryptį ir greitį, užtikrinama reikiama paieškos zonos aprėptis (Tombul et al., 2023). Lietuvos Respublikos atsakomybės rajone srovė nėra ypač stipri, tai galima matyti iš vienerių metų laikotarpio stebėjimo duomenų pateikiamų 3 paveiksle.



3 pav. Srovės rožė paviršiuje

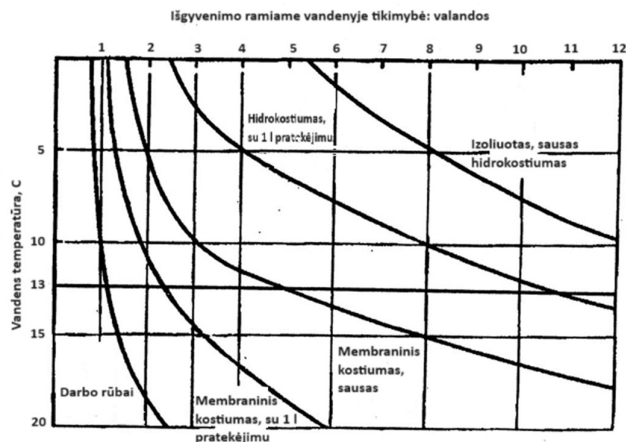
Šaltinis: Bellanco, 2023.

Srovė Baltijos jūroje dažniausiai yra generuojama dėl į ją įtekančių aplinkinių valstybių upių. Todėl srovė dažniausiai generuojama pietine kryptimi, tačiau ši srovė neviršija 0,125 m/s (0,25 mzg.). Retais atvejais vėjui pasiekus 8 balus pagal Boforto skalę, dėl vėjo nešamo vandens, srovės greitis gali sustiprėti iki 1 m/s (2 mzg.), tačiau jis nurimsta, vėjui nustojus pūsti. Potvynio ir atoslūgio srovių Baltijos jūroje nėra dėl ypač mažų vandens svyravimų. Taip pat Baltijos jūroje nėra ir pastovių jūrinių srovių (UK Hydrographic Office, 2022).

1.1.4. Vandens temperatūros įtakos analizė

Vandens temperatūra yra ypač svarbi paieškos ir gelbėjimo operacijoms. Šaltame vandenyje žmogaus hipotermija prasideda gana greitai. Kuo šaltesnis vanduo, tuo žmogaus išgyvenimo tikimybė mažėja. Taip pat staigus panardinimas į šaltą vandenį gali sukelti nevalingą dusulį ir hiperventiliaciją, dėl to žmogus gali nuskęsti. Šaltas vanduo sumažina raumenų funkcionalumą, todėl nukentėjusiesiems sunkiau būna išsilaikyti vandens paviršiuje. Analizuojant ankstesnes PGTL operacijas esant skirtingai vandens temperatūrai, galima gauti

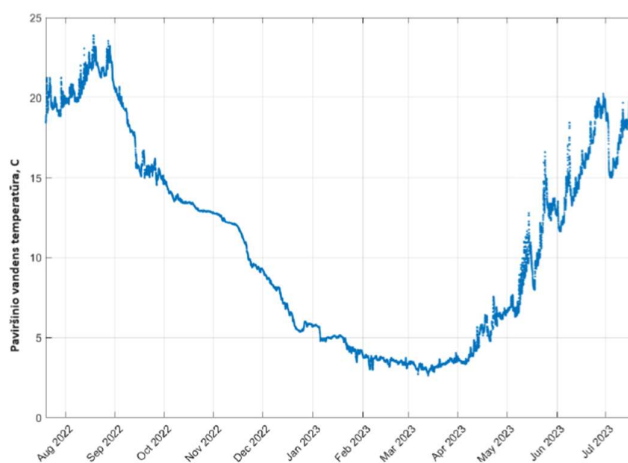
statistinius duomenis apie žmonių gebėjimą išgyventi šaltame vandenyje (Tipton et al., 2022). Vadovaujantis ilgamečiais stebėjimų duomenimis yra nustatyti 4 paveiksle pateikiami potencialūs išgyvenimo vandenyje laikai. Šie laikai priklauso nuo to kaip žmogus yra apsirengęs iškritimo atveju.



4 pav. Žmogaus išgyvenimo vandenyje tikimybė valandomis

Šaltinis: Brooks, 2001.

Lietuvos Respublikos atsakomybės rajone metiniai vandens paviršiaus temperatūros svyravimo duomenys pateikiami 5 paveiksle. Iš stebėjimo duomenų matoma, kad žiemos laikotarpiu vandens paviršiaus temperatūra nukrinta žemiau 5 °C, o didžiąją dalį metų laikotarpio nesiekia ir 15 °C. Vadinasi, žmonių išgyvenimo LR atsakomybės rajone tikimybės yra palyginti mažos.



5 pav. Paviršinio vandens temperatūros stebėjimo duomenys

Šaltinis: Bellanco, 2023.

1.1.5. Ledo storio ir apledėjimo įtakos analizė

Ledo storis bei apledėjimas taip pat turi svarią įtaką įvairioms jūrinėms operacijoms. Storas ledas gali padaryti nepraplaukiamais tradicinius jūrų maršrutus, todėl laivams tenka rinktis ilgesnius ir potencialiai pavojingesnius alternatyvius kelius. Laivams, plaukiojantiems per storą ledą, dažnai prireikia ledlaužių pagalbos, o tai padidina veiklos sudėtingumą ir sąnaudas. Toks ledas taip pat smarkiai spaudžia laivo korpusą, todėl gali būti pažeista laivo konstrukcija jei laivas nėra pritaikytas tokiems plaukiojimams. Be korpuso konstrukcijos, tokie laivai turi turėti galingesnes jėgaines ir didesnes degalų atsargas, papildomai jų aušinimo sistemos turi būti šildomos, kad neužšaltų ir neužsikimštų kingstonai (Ghosh, 2021).

Plaukiojant rajonuose kur oro temperatūra yra neigiama, tačiau vandens vis dar teigiama, susiduriama su apledėjimo problema. Atšalęs laivo korpusas nuo bangų yra aptaškomas vandeniui, todėl ant jo korpuso ir antstatų susidaro ledo sluoksnis, kuris neigiamai paveikia laivo stovumą. Nekontrliuojant šio ledo susidarymo yra rizikuojama laivo praradimu dėl susidariusio per didelio svorio centro aukščiau vandens paviršiaus ir laivo korpuso susikirtimo linijos (Ghosh, 2021).

Siekiant užtikrinti, kad laivų dizaino ir architektūriniai sprendimai būtų pritaikyti plaukiojimui ledu, laivai yra skirstomi į klases vadovaujantis klasifikacinių bendrovių nuostatomis. Ledo klasės padeda laivų savininkams, operatoriams ir draudikams nustatyti kokiomis sąlygomis laivas gali saugiai veikti. Jos taip pat yra svarbios valdžios institucijoms ir uostų operatoriams, siekiant užtikrinti laivybos saugumą ir efektyvumą esant apledėjimui. Kiekviena ledo klasė turi savo specifinius reikalavimus, kurie apima korpuso stiprumą, variklių galią, propulsinės sistemos stiprumą, kitų komponentų specialią konstrukciją (Ghosh, 2021).

Vadovaujantis TSFS (šved. *transportstyrelsens författningssamling* – Transporto agentūros taisyklių sąvadas) 2011:96 (2011) Suomijos-Švedijos ledo klasės nuostatomis (angl. *Finnish-Swedish ice class*) laivai yra skirstomi pagal 4 lentelę. Šios taisyklės skirsto laivus į penkias kategorijas priklausomai nuo to per kokio storio ledus tam tikras laivas gali plaukti. Šiose taisyklėse nurodyti konkretūs inžineriniai sprendimai, kuriuos turi atitikti laivai, plaukiodami nurodytomis sąlygomis.

4 lentelė. Ledo klasės pagal TSFS 2011:96

Ledo klasė	Navigacijos apribojimai	Ledo storis
1A Super	Klasė skirta laivams, galintiems plaukti per labai storus ledus	> 1,0 m
1A	Laivai, galintys plaukti per storus ledus savarankiškai, bet kartais gali prireikti ledlaužių pagalbos	> 0,5–1,0 m
1B	Laivai, galintys plaukti per vidutinio storio ledus esant geroms sąlygoms	0,3–0,5 m
1C	Laivai, galintys plaukti per plonus ledus arba su ledlaužio pagalba	0,15–0,3 m
II	Laivai, galintys plaukti per labai plonus ledus	0,1–0,15 m

Šaltinis: Transportstyrelsens författningssamling, 2011.

Atsižvelgiant į tai, kad Baltijos jūros viduryje esantis sūrus vanduo akumuliuoja vasaros šilumą, to užtenka kad pati jūra neužšaltų žiemos periodu. Tačiau jos pakrantės dėl ten esančio mažiau sūraus vandens ir plūstančio šalčio iš žemyninės dalies, labai dažnai užšąla. Toliau pateiktoje 5 lentelėje galima rasti duomenis apie Lietuvos Respublikos pakrantę (UK Hydrographic Office, 2022).

5 lentelė. Apledėjimo stebėjimo duomenys (30 metų periodas)

Vietovė	Žiemų skaičius		Pirmas ledas		Paskutinis ledas		Apledėjimo dienos		
	Stebėta	Be ledo	Anksčiausia diena	Vėliausia diena	Anksčiausia diena	Vėliausia diena	Min.	Vid.	Maks.
Šiaurė	29	8	11-20	03-06	02-20	04-15	0	30	87
Klaipėda	30	0	11-02	02-16	02-16	04-19	3	56	103
Pietūs	30	0	11-02	02-19	12-16	04-19	1	53	101

Šaltinis: UK Hydrographic Office, 2022.

Nepaisant to, kad Klaipėdos uostas į pietus nuo Danės upės žiočių ir Kuršių marios yra kiekvienais metais, dažniausiai trumpam laikotarpiui, padengtas plonu ledu, o šiaurinėje uosto dalyje susidaro ledų sangrūdos bei uostas pasidengia laužytu ledu, Klaipėda yra laikoma neužšalančiu uostu (UK Hydrographic Office, 2022). Šis faktorius yra svarbus Lietuvai, nes tada uoste laivyba gali vykti ištisus metus, jos nepertraukiant šaltajam metų laikotarpiui, kaip kituose šiauriniuose uostuose. Taip pat tai reiškia, kad į tokį uostą yra pigiau užėti, nes nereikia samdyti papildomų ledlaužių arba siųsti didesnę ledo klasę turinčius laivus, kurių statyba yra atitinkamai brangesnė dėl jiems taikomų papildomų reikalavimų.

1.1.6. Rūko įtakos analizė

Dėl sumažėjusio matomumo rūko sąlygomis paieškos ir gelbėjimo operacijos tampa sudėtingesnės ir pavojingesnės. Rūkas smarkiai riboja vizualinį matomumą, apsunkindamas objektų ar asmenų aptikimą tiek iš oro, tiek iš jūros lygio. Jis dar labiau apsunkina paiešką tamsiu paros metu, nes naktinio matymo įranga tampa mažiau efektyvi. Rūko sąlygomis padidėja susidūrimų rizika, nes tiek laivai, tiek orlaiviai gali turėti sunkumų nustatant savo padėtį ir išvengti kliūčių. Siekiant užtikrinti saugumą, laivai ir orlaiviai turi judėti lėčiau, o tai pailgina gelbėjimo operacijų trukmę. Papildomai rūkas gali sumažinti radarų ir kitų elektromagnetinių sensorių efektyvumą, kurie yra ypač svarbūs navigacijai ir paieškai (Du et al., 2021).

Rūkas stipriai apsunkina paieškos ir gelbėjimo operacijas dėl sumažėjusio matomumo ir navigacijos sunkumų. Vis dėlto, naudojant pažangias technologijas, specializuotą įrangą, ir taktiškai planuojant operacijas, galima padidinti jų efektyvumą. Be to, reiktų atkreipti dėmesį, kad teršalų surinkimo operacijoms reiktų specifinės įrangos, tokios kaip termokameros su 7

µm–14 µm ilgio spinduliu, nes naftos produktai ant vandens paviršiaus neišskiria šilumos ar nesudaro kieto paviršiaus radaro spinduliams atspindėti, tačiau dėl specifinio šviesos atspindėjimo šių spindulių kameros gali išskirti naftos dėmes vandens paviršiuje (Kerf et al., 2020).

6 lentelė. Statistinis rūko susidarymo dienų skaičius Baltijos jūros pakrantėje

Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Viso
Vieta													
Klaipėda	1,5	2,9	4,1	4,3	2,2	2,0	0,7	0,5	0,5	1,4	2,5	1,5	24
Liepoja	2,3	2,8	4,6	7,9	6,8	6,6	6,0	5,0	4,3	4,2	2,9	2,6	56
Kaliningradas	1,5	1,6	1,8	1,8	2,8	2,5	3,5	6,0	6,8	4,8	3,1	1,8	38

Šaltinis: UK Hydrographic Office, 2022.

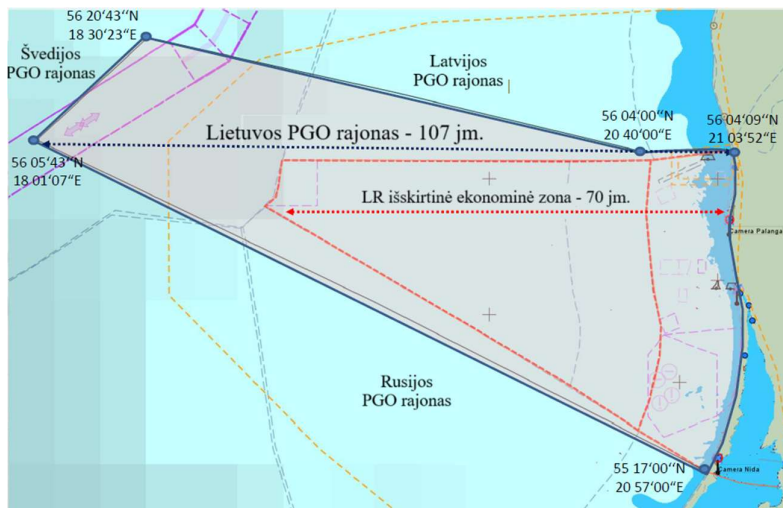
Aukščiau esančioje 6 lentelėje pateikiami daugiamečiai Klaipėdos, Kaliningrado ir Liepojos uostų statistiniai stebėjimų duomenys, kurie vidutiniškai nurodo, kiek rūko dienų dažniausiai pasitaiko vieną ar kitą mėnesį. Daugiamečiai stebėjimų duomenys rodo, kad Baltijos jūros regione rūkas dažniau formuojasi žiemos metu ties pakrantėmis. Rūkas jūros viduryje pasiekia savo piką vėlyvą balandį ir ankstyvą birželį dėl kylančios vandens temperatūros (UK Hydrographic Office, 2022).

1.2. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms keliamų reikalavimų analizė

Paieškos ir gelbėjimo operacijos (toliau – PGO) jūroje yra viena iš trijų pagrindinių LK KJP funkcijų. Karinių jūrų pajėgų Jūrų gelbėjimo koordinavimo centras (toliau – JGKC) organizuoja, koordinuoja ir vadovauja žmonių paieškos ir gelbėjimo operacijoms, vadovaudamasis Žmonių paieškos ir gelbėjimo darbų paieškos ir gelbėjimo rajone planu (Lietuvos kariuomenė, 2009). JGKC užtikrina reikiamų pajėgų 24 valandų per parą budėjimą ir pasirengimą imtis žmonių paieškos ir gelbėjimo. Priėmus nelaimės signalus ar gavus pranešimus apie paieškos ir gelbėjimo rajone (6 paveikslas) įvykusias avarijas ar kitus incidentus, dėl kurių kyla pavojus žmonių sveikatai ar gyvybei, JGKC palaiko ryšį su pavojuje atsidūrusiais asmenimis ir operacijoje dalyvaujančiomis pajėgomis.

JGKC reikalavimu, paieškos ir gelbėjimo laivai bei orlaiviai, taip pat visi Lietuvos Respublikos teritorinėje jūroje ir uostuose esantys laivai, naudodamiesi JGKC suteikta turima visapusiška informacija apie avariją, jos vietą ir panaudodami turimas technines priemones, privalo suteikti pagalbą nelaimės jūroje ištiktiems žmonėms. JGKC įvertina paieškos ir gelbėjimo rajone įvykusios avarijos pobūdį ir mastą bei priima sprendimą dėl taikytinų priemonių. Prireikus, kreipiasi pagalbos į užsienio valstybių gelbėjimo koordinavimo centrus,

koordinuoja veiksmus su užsienio valstybių gelbėjimo pajėgomis ir vadovauja joms operacijos metu. Planuose nustatyta tvarka operacijos metu koordinuoja žmonių paieškos ir gelbėjimo darbus vykdančių pajėgų veiksmus, vadovauja jiems operaciniu ir taktiniu lygmenimis. Koordinuoja būtiniosios medicinos pagalbos suteikimą avarijos metu nukentėjusiems asmenims, jų nugabenimą į saugią vietą. Priima sprendimus nutraukti ir prireikus atnaujinti žmonių paieškos ir gelbėjimo darbus (Lietuvos kariuomenė, 2023).



6 pav. Lietuvos Respublikos Paieškos ir gelbėjimo darbų rajonas.

Šaltinis: Lietuvos kariuomenė, 2023.

JGKC savo funkcijas vykdo Lietuvos Respublikos paieškos ir gelbėjimo darbų rajone, kuris sudaro 12 400 km². Nevyriausybinių organizacijų, Tarptautinės tanklaivių savininkų taršos federacijos (angl. *International Tanker Owners Pollution Federation* – ITOPF) duomenimis, Lietuva yra turėjusi vieną didžiulį naftos išsiliejimo incidentą 1981 m., kai į Baltijos jūrą išsiliejo 16 493 t naftos bei keletą incidentų su Būtingės naftos terminalu, kurių metu išsiliedavo naftos nuo 4 iki 8 t (ITOPF, 2023). Į šiuos duomenis nėra įtraukti įvairūs smulkūs incidentai uoste.

1.2.1. Laivo paruoštumo PGTL operacijoms ir teisės aktų analizė

1979 m. Tarptautinė jūrų paieškos ir gelbėjimo konvencija (Lietuvos Respublikos Seimas, 2001), LR įsigaliojo 2001 m. vasario 22 d. Šios konvencijos 2 skyriuje pažymima, kad Konvencijos Šalys individualiai ar bendradarbiaudamos su kitomis valstybėmis ir, jei reikia, su TJO turi prisidėti prie paieškos ir gelbėjimo tarnybos plėtojimo, siekdamas užtikrinti, kad kiekvienam asmeniui, patekusiam į pavojų jūroje, būtų suteikta pagalba. Konvencijos Šalies atsakingos institucijos, gavusios informaciją, kad koks nors asmuo yra arba tikėtina, jog yra, pavojuje – jūroje, turi imtis skubių veiksmų būtinai pagalbai suteikti. Jos, individualiai arba jei

reikia, bendradarbiaudamos su kitomis valstybėmis, turi sukurti šiuos pagrindinius paieškos ir gelbėjimo tarnybos elementus:

- teisinę bazę;
- paskirti atsakingą instituciją;
- organizuoti turimus išteklius;
- ryšio priemones;
- koordinavimo ir operatyvines funkcijas.

Konvencijos Šalys turi užtikrinti, kad bus suteikta pagalba kiekvienam asmeniui, patekusiam į pavojų jūroje. Jos turi tai daryti neatsižvelgdamos nei į asmens pilietybę ar statusą, nei į aplinkybes, kuriomis tas asmuo buvo rastas. Be to, jos turi nustatyti visas priemones, galinčias dalyvauti paieškos ir gelbėjimo operacijose.

1948 m. Jungtinių Tautų jūrų teisės konvencija (Lietuvos Respublikos Seimas, 2003) Lietuvos Respublikoje įsigaliojo 2003 m. gruodžio 12 d. Jungtinių tautų jūrų teisės konvencijos 98 straipsnyje pažymima, kad kiekviena valstybė įpareigoja su jos vėliava plaukiojančio laivo kapitoną, kiek tai įmanoma, nesukeliant rimto pavojaus pačiam laivui, įgulai ar keleiviams: a) suteikti pagalbą bet kokiam asmeniui jūroje, jei iškyla jo žūties pavojus; b) vykti didžiausiu galimu greičiu gelbėti nelaimėje atsidūrusių žmonių, jei buvo pranešta, kad jiems reikalinga pagalba, jei tik tokia pagalba gali būti suteikta; c) susidūrus laivams, suteikti pagalbą kitam laivui, jo įgulai ir keleiviams, bei, jei yra įmanoma, pranešti kitam laivui savo laivo pavadinimą, registracijos uostą ir artimiausią uostą, kuriame jis sustos. Kiekviena pakrantės valstybė skatina adekvačios ir veiksmingos paieškos ir gelbėjimo tarnybos, atsakingos už saugumą jūroje ir virš jos, kūrimą, veiklą ir aprūpinimą, bei, jei to reikalauja aplinkybės, dvišaliais regioniniais susitarimais šiuo tikslu bendradarbiauja su kaimyninėmis valstybėmis.

1974 m. Tarptautinė konvencija dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje (SOLAS 74) Lietuvos Respublikoje įsigaliojo 1992 m. kovo 4 d. Šios konvencijos V skyriaus 7 taisyklė nustato, jog „kiekviena susitarianti Vyriausybė įsipareigoja imtis visų būtinų priemonių organizuojant ryšį nelaimės atveju žmonių išgelbėjimui, patyrusių nelaimę jūroje ir koordinuoti veiksmus žmonių gelbėjimo paieškos zonoje, netoli jos krantų“ bei „kiekviena susitarianti Vyriausybė įsipareigoja teikti informaciją apie savo gelbėjimo tarnybos turimas priemones, pakeitimų projektus, jeigu tokie numatomi“ (Tarptautinė jūrų organizacija, 2006).

1990 m. Tarptautinė konvencija dėl parengties, veiksmų ir bendradarbiavimo įvykus taršos nafta incidentams Lietuvos Respublikoje įsigaliojo 2003 m. kovo 23 d. Šios Konvencijos 1 straipsnyje pažymima, kad Šalys pavieniui ar kartu įsipareigoja imtis visų tinkamų priemonių pagal šios Konvencijos ir jos priedo nuostatas, kad pasirengtų ir imtųsi veiksmų įvykus taršos nafta incidentui. 6 straipsnyje pažymima, kad „*Kiekviena šios Konvencijos Šalis sukuria*

nacionalinę sistemą, kad galėtų imtis neatidėliotinų ir veiksmingų priemonių įvykus taršos nafta incidentams“ (Lietuvos Respublikos Seimas, 2002).

1992 m. Helsinkio konvencija dėl Baltijos jūros baseino jūrinės aplinkos apsaugos (Lietuvos Respublikos Seimas, 1997) Lietuvoje įsigaliojo 2000 m. sausio 17 d. Pagal šią konvenciją buvo įkurta tarptautinė organizacija HELCOM (angl. *Helsinki Commission* – Helsinkio komisija), kuri prižiūri ir kontroliuoja taršos prevenciją Baltijos jūroje. Šios konvencijos 1 taisyklė nustato:

- konvencijos Šalys įsipareigoja būti pasiruošusios imtis atsakomųjų veiksmų į taršą avarijos atveju, keliančią grėsmę Baltijos jūros baseino jūrinei aplinkai. Į šį pasiruošimą turi įeiti atitinkama įranga, laivai ir žmonių pajėgos, parengtos dirbti pakrantės vandenyse, taip pat ir atviroje jūroje;

- konvencijos Šalys susitaria, kad jos pagal savo galimybes ir turimas atitinkamas pajėgas bendradarbiauja, imdamosi atsakomųjų veiksmų į taršą avarijos atveju, kai avarija tokio masto, kad šitokia reakcija pateisinama.

Vadovaujantis nacionalinės rizikos analizės duomenimis taršos incidentams likviduoti yra numatyti konkretūs terminai. Šie terminai turi atitikti tarptautinių konvencijų reikalavimus bei užtikrinti tinkamą reakciją į incidentus jūroje. Konkrečiai PGTL numatyti tokie terminai:

- PGTL laivas į incidento vietą turi išvykti ne ilgiau kaip per 2 valandas;
- PGTL laivas per 6 valandas nuo išvykimo turi pasiekti bet kurią teršimo incidento vietą jūros rajone;
- nacionalinės teršimo incidentų likvidavimo pajėgos išsiliejusius teršalus mechaninėmis priemonėmis surinktų ne vėliau kaip per 2 paras.

Tame pačiame dokumente numatyta, kad paieškos ir gelbėjimo operacijoms jūroje, pasirengimo gresiančiam pavojui laikas būtų 15 min. – Karinių oro pajėgų budinčiam sraigtasparniui ir 1 val. – Karinių jūrų pajėgų budinčiam laivui (Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamentas prie Vidaus reikalų ministerijos, 2021).

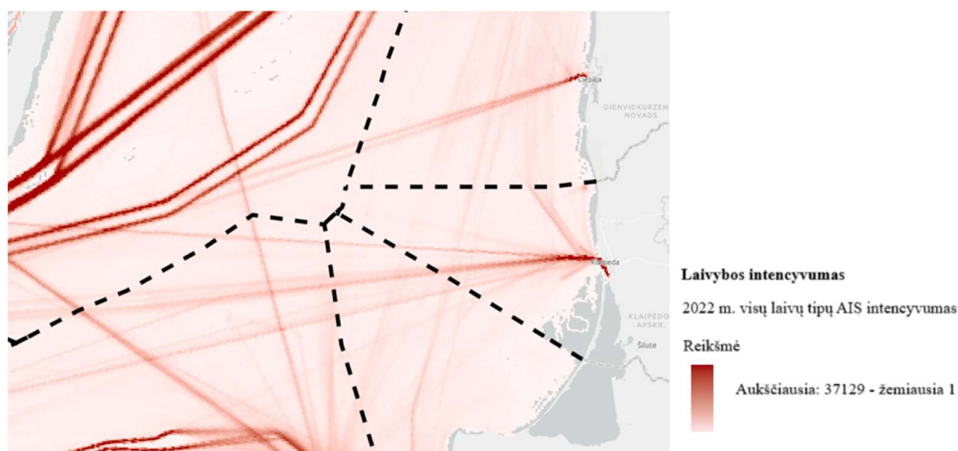
1.2.2. Atstumų iki incidentų vietos analizė

Vadovaujantis 1.2.1. skyrelyje aprašytais teisės aktais, Lietuvos Respublikos Vyriausybė yra atsakinga už taršos likvidavimo darbus savo teritoriniuose ir išskirtinės ekonominės zonos (toliau – IEZ) vandenyse (6 paveikslas). Šių rajonų bendras plotas sudaro 6 378 km², o tolimiausias taškas nuo Klaipėdos uosto vartų yra nutolęs 70 jūrmylių. Tačiau šio atsakomybės rajono nereikėtų painioti su pagal 1979 metų Tarptautinės jūrų paieškos ir gelbėjimo konvencijos Lietuvos atsakomybei priskirtu paieškos ir gelbėjimo rajonu

(6 paveikslas). Šio rajono dydis yra 12 400 km² ir jo tolimiausias taškas nuo Klaipėdos uosto vartų yra nutolęs 107 jūrmyles (Lietuvos kariuomenė, 2023).

1.2.3. Lietuvos Respublikos atsakomybės rajono eismo analizė

Vadovaujantis IMO organizacijos duomenimis, laivų eismas Baltijos jūroje yra vienas intensyviausiu pasaulyje. Todėl siekiant užtikrinti tiek laivų saugumą, tiek mažinti užterštumą jūroje, visas eismas yra akylai stebimas ir kontroliuojamas. Siekiant efektyvaus reagavimo į teršalų išsiliejimo ar laivų susidūrimo atvejus Baltijos jūros regione veikia bent keletas saugumo organizacijų, kurios nuolatos renka, apdoroja ir vertina šio regiono situaciją. Viena iš tokių stebėjimo sistemų yra platforma „SafeSeaNet“, kuri užtikrina duomenų apsikeitimą tarp valstybių realiuoju laiku, taip užtikrindama, kad reakcija į incidentus bus neatidėliotina (Aps et al., 2017). Kita organizacija renkanti istorinius duomenis ir padedanti juos apdoroti yra HELCOM, vadovaujantis šios organizacijos stebėjimo duomenimis yra stebimi ir nustatomi pagrindiniai Baltijos jūros maršrutai. 7 paveiksle pateikiami pagrindiniai LR atsakomybės rajone esantys laivybos keliai pagal 2022 metų laivų judėjimo istorinius duomenis (Hassler et al., 2010).

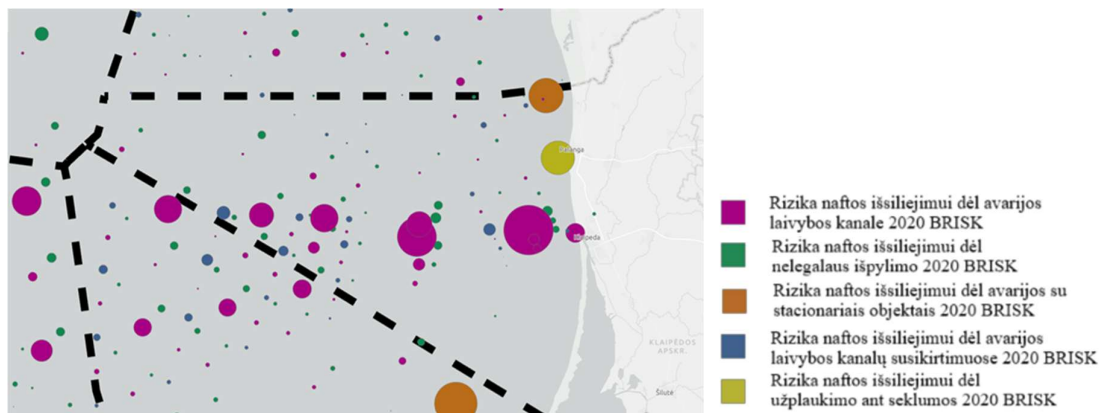


7 pav. 2022 metų laivų judėjimo duomenys LR IEZ ir aplink

Šaltinis: HELCOM: Map and data service, n.d.

Ši organizacija nuolatos stebėdama, rinkdama ir raportuodama visų Baltijos jūroje įvykusių incidentų duomenis, yra sudariusi ir didžiausios rizikos vietovių jūrlapį, kuris pagal 2020 metų duomenis pateikiamas 8 paveiksle. Šiame jūrlapyje pateikiamos rizikingiausios vietos, kuriose pasak rizikos vertinimo metodikos yra didžiausia tikimybė susidaryti taršai. Skirtingos spalvos nurodo taršą pagal jos tikėtiną šaltinį. Ši rizikos analizė HELCOM organizacijos buvo vykdoma kaip projektas ir vadinamas BRISK (angl. *Sub-regional risk of*

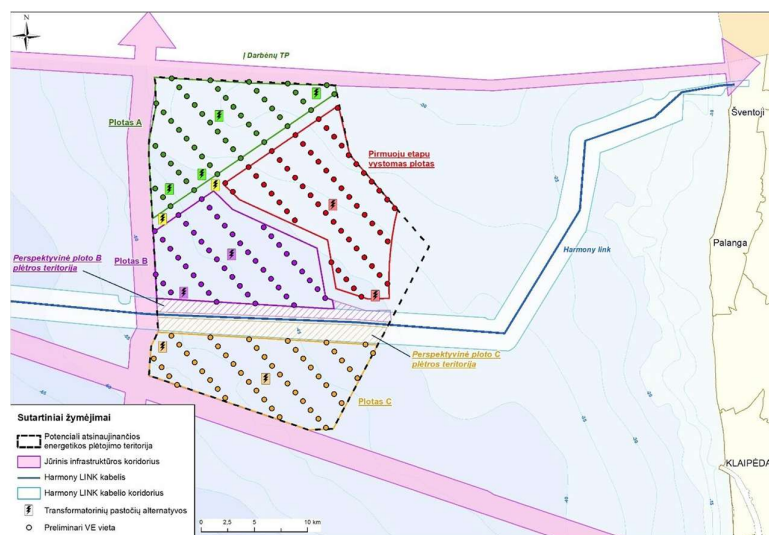
spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea – regioninė rizika naftos ar pavojingų medžiagų išsiliejimui Baltijos jūroje).



8 pav. 2020 metų teršalų išsiliejimo rizikos vietos LR atsakomybės rajone

Šaltinis: HELCOM: Map and data service, n.d.

Vertinant LR atsakomybės rajono geografiją, reiktų atkreipti dėmesį, kad LR Vyriausybės iniciatyva iki 2028 m. LR išskirtinėje ekonominėje zonoje yra planuojama įrengti maždaug 1,4 GW galios vėjo jėgainių parkai. Šių parkų potenciali teritorija parodyta 9 paveiksle (Lietuvos Respublikos Vyriausybė, 2020). Jie bus plėtojami etapais ir pilnas pajėgumas turėtų būti pasiektas 2030 m.



9 pav. Potenciali atsinaujinančios energetikos plėtojimo akvatorija

Šaltinis: Jūrinio vėjo parkai: Teritorijos planavimas, n.d.

Tokių vėjo elektrinių parkai potencialiai gali turėti įtakos tiek susiformavusiems tradiciniams navigacijos keliams, tiek paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms. Laivai dėl vienokių ar kitokių priežasčių patekę į tokį parką kels grėsmę ne tik

sau, bet ir pačioms elektrinėms. Taip atsiranda papildomos navigacinės grėsmės (Tsai ir Lin, 2021).

1.2.4. Įgulos sudėties analizė

Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo įgulai keliama reikalavimai yra skirti užtikrinti, kad laivas galėtų veiksmingai vykdyti visas priskirtas operacijas optimaliai greitai ir efektyviai. Tiksliai įgulos sudėtis gali skirtis dėl laivo dydžio ir tipo, jo operacijų rajono, įrangos tipo ir nacionalinių bei tarptautinių reikalavimų. Vis dėlto tipinę PGTL laivo įgulą sudaro įvairių specialiųjų įgūdžių turintys jūrininkai, kurių skaičius ir kvalifikacija nustatoma vadovaujantis šiais teisės aktais: Minimalaus saugaus komplektavimo sertifikato (angl. *Minimum Safe Manning Certificate*), Mokymo, sertifikavimo ir budėjimo standartų konvencijos (angl. *Standards of Training, Certification, and Watchkeeping Convention*, toliau – STCW), STCW kodekso (angl. *STCW Code*), SOLAS ir kitų (Hannaford ir Hassel, 2021). Preliminariai (nenustačius konkrečios operuojamos įrangos laive) pagrindinės pareigos paieškos ir gelbėjimo laive galėtų būti tokios:

- kapitonas – bendrai vadovauja laivui ir operacijoms, yra vienvaldiškai atsakingas už navigaciją ir sprendimų priėmimą;
- vyriausiasis kapitano padėjėjas (vyriausiasis karininkas) – padeda kapitonui ir jam nesant vadovauja. Atsakingas už denio operacijas ir gelbėjimo darbų koordinavimą;
- antrasis kapitano padėjėjas (antrasis karininkas) – atsakingas už navigaciją ir ryšius. Prižiūri navigacinę įrangą ir žurnalus;
- vyriausiasis mechanikas – atsakingas už mašinų skyrių ir visas mechanines sistemas. Užtikrina, kad laivo varomosios ir pagalbinės sistemos veiktų ir būtų tinkamai prižiūrimos;
- antrasis mechanikas – padeda vyriausiajam mechanikui prižiūrėti ir eksploatuoti mechanizmus;
- medikas (arba paramedikas) – teikia medicininę pagalbą išgelbėtiems asmenims. Atsakingas už pirmosios pagalbos ir neatidėliotinių medicinos procedūrų vykdymą;
- gelbėtojas plaukikas (arba naras) – apmokytas atlikti gelbėjimo darbus vandenyje. Pasirengęs atlikti įvairius gelbėjimo darbus;
- ryšininkas – užtikrina nuolatinį ir saugų ryšį su gelbėjimo koordinavimo centru, kitais laivais ir orlaiviais. Užtikrina tinkamą radijo stočių ir palydovinio ryšio naudojimą;

- denio jūreiviai – atlieka denio operacijas, įskaitant gelbėjimo valčių bei teršalų surinkimo įrangos nuleidimą į vandenį ir iškėlimą. Padeda vykdyti gelbėjimo operacijas;
- gelbėjimo valties įgula – valdo mažesnius gelbėjimo laivus, nuleistus nuo pagrindinio laivo;
- virėjas – atsakingas už maisto užsakymą, gaminimą ir tiekimą.

Priklausomai nuo to, kokio automatizacijos lygio sistemos bus įdiegtos laive, bus galima nustatyti konkrečią įgulos sudėtį. Laivo automatizacijos lygį nustato klasifikacinės bendrovės, kaip pavyzdys pagal Lloyd registrą išskiriami automatizavimo lygiai yra pateikti 7 lentelėje. Didesnis automatizacijos lygis leidžia turėti mažiau įgulos narių, nes jų funkcijos būna atliekamos automatiškai (Lyridis et al., 2005). Kaip pavyzdys galėtų būti autopilotas, valdantis laivą pagal suplanuotą maršrutą elektroniniame jūrlapyje, nesant jo, tektų skirti žmogų, kuris nuolat vairuotų laivą, bei papildomai dar vieną žmogų, kuris sektų einamą maršrutą ir užtikrintų, kad laivas yra reikiamoje pozicijoje.

7 lentelė. Lloyd registro automatizacijos lygiai

Lygis	Apibūdinimas
PUMS	Reiškia, kad visos iš anksto numatytos priemonės yra tokios, kad laivas gali būti eksploatuojamas, kai jo mašinų skyrius periodiškai neprižiūrimas; periodiškai reiškia, kad turėtų būti atliekami reguliarūs patikrinimai ir įprastiniai bandymai (kas 4–6 val.), siekiant užtikrinti įrangos nepertraukiamą ir patikimą veikimą (angl. <i>Periodically Unattended Machinery Space</i>).
UMS	Reiškia, kad visos iš anksto numatytos priemonės yra tokios, kad laivo mašinų skyrius galima eksploatuoti be priežiūros (angl. <i>Unattended Machinery Space</i>).
CCS	Reiškia, kad visos iš anksto numatytos priemonės yra tokios, kad laivo mechanizmus būtų galima valdyti nuolat prižiūrint iš centralizuoto valdymo punkto (angl. <i>Centralized Control Station</i>).
ICC	Reiškia, kad visos iš anksto numatytos priemonės yra tokios, kad laivo eksploatavimas ir priežiūra būtų tinkamai kompiuterizuotas. Reikėtų pažymėti, kad norint priskirti ICC lygį, laivui taip pat turi būti priskirtas bent vienas iš šių lygių: UMS, CCS, NAV ir NAV1 (angl. <i>Integrated Computer Control</i>).
IP	Reiškia, kad visos iš anksto numatytos priemonės yra tokios, kad esama propulsinė įranga ir visi svarbiausi pagalbiniai mechanizmai būtų integruoti su elektros jėgaine ir galėtų veikti visais manevriniais režimais. Taip pat reikia pažymėti, kad visos sistemos turi būti valdomos iš tiltelio; propulsinėje sistemoje turi būti numatytas avarinis valdymas esant pagrindinio variklio gedimo atvejui (angl. <i>Integrated Power</i>).
NAV	Reiškia, kad tiltelio išplanavimas ir navigacinė įranga yra geresnio automatizavimo lygio.
NAV I	Reiškia, kad tiltelio išdėstymas ir įrangos automatizavimo lygis yra toks, kad laivo tiltelyje periodiškai gali likti tik vienas budintis karininkas (angl. <i>Periodically One-Man-Bridge</i>).
IBS	Reiškia, kad įrengta integruota tiltelio sistema, su elektroninio jūrlapio sistema, navigacinio kelio planavimu ir automatinio šio kelio sekimu, taip pat centralizuotu navigacinės informacijos apdorojimu ir pavojaus signalų valdymu (angl. <i>Integrated Bridge System</i>).

Šaltinis: Lloyd's, 2020.

Nustačius sistemų automatizavimo lygį ir žinant laivui priskirtas užduotis galima sudaryti įgulos poreikį vadovaujantis žingsniais pateiktais 10 paveiksle. Čia reiktų paminėti, kad laivas turėtų operacijas vykdyti 24 valandas per parą, todėl kiekviena funkcija turėtų turėti

bent du žmones, kad jie galėtų keistis paros laikotarpiu. Šiam tikslui įgyvendinti laivuose dažniausiai yra sudaroma dviejų pamainų sistema, kurios kaita leidžia užtikrinti žmonių poilsį ir funkcijų vykdymą.



10 pav. Laivo įgulos komplektavimo ir automatizavimo matrica
Šaltinis: Lyridis et al., 2005.

Vadovaujantis prieš tai pateikta matrica ir žinant laivo klasifikaciją bei nustačius konkrečios įrangos reikalingos PGTL laive kiekį, bus galima tiksliai nustatyti, kiek įgulos narių reiktų efektyviai ir optimaliai valdyti laivą ir užtikrinti PGTL funkcijas (Lyridis et al., 2005).

1.2.5. Bendradarbiavimo su kitais paieškos ir gelbėjimo vienetais analizė

Ne tik laivai, bet ir sraigtasparniai dėl savo unikalių galimybių ir universalumo atlieka labai svarbų vaidmenį paieškos ir gelbėjimo operacijose. Sraigtasparniai gali greitai pasiekti nelaimės vietą, todėl sutrumpėja pagalbos teikimo laikas. Galimybė kyboti vienoje vietoje – ore, sraigtasparnio įgulą įgalina atklikti tikslias operacijas, pavyzdžiui, pakelti asmenis iš vandens ar į nelaimę patekusio laivo. Todėl jie ypač naudingi esant poreikiui suteikti neatidėliotiną medicininę pagalbą. Šiuolaikiniai sraigtasparniai turi GPS (angl. *Global Positioning System* – globalinė pozicionavimo sistema), infraraudonųjų spindulių kameras ir naktinio matymo įrangą, todėl jie gali lengviau nustatyti asmenų buvimo vietą ir juos gelbėti įvairiomis sąlygomis. Taip pat iš didelio aukščio jie gali įvertinti teršalų išsiliejimo mastus ir padėti žvalgybiniais duomenimis iš oro. Tinkamai koordinuojant veiksmus tarp PGTL laivų bei sraigtasparnių, visų rūšių operacijos tampa efektyvesnės (Liu et al., 2021).

1.3. Laivo įrangos įtaka paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms

1.3.1. Teršalų likvidavimo būdų analizė

Naftos išsiliejimo padarinių šalinimo būdus galima suskirstyti į mechaninius, cheminius, biologinius ir fizinius metodus. Kiekvieno metodo taikymas ir veiksmingumas priklauso nuo išsiliejusios naftos vietos, dydžio ir aplinkos sąlygų. Iš mechaninių metodų galima išskirti šiuos:

- bonos – tai plūduriuojančios užtvartos, kurios sulaiko arba nukreipia naftą, kad ji neišplistų. Jūroje joms statyti reikia bent dviejų pajėgių laivų. Panaudojant bonas teršalų surinkime galima vienu metu padengti didesnę plotą, tačiau šis būdas reikalauja susidirbimo ir kruopštaus koordinavimo tarp dviejų laivų;
- surinkimo rankos. Panaudojant surinkimo rankas, specializuoti laivai gali rinkti teršalus ir pavieniui. Šis būdas padengia mažesnę plotą, reikalauja specialios laivo konstrukcijos, bet yra nepakeičiamas kai nėra pagalbinių laivų ar esant mažam surinkimo plotui;
- skimeriai – tai įrenginiai, kurie pašalina naftą nuo vandens paviršiaus. Tai gali būti šepetiniai arba diskiniai įrenginiai, skirti naftai nuo vandens atskirti;
- sorbentai – tai medžiagos, sugeriančios arba absorbuojančios naftos produktus.

Cheminiai metodai būtų šie:

- dispergentai tai cheminės medžiagos, kurios suskaido naftą į mažesnius lašelius, taip skatindamos jos sklaidą vandens terpėje ir gerindamos biologinį skaidymąsi.

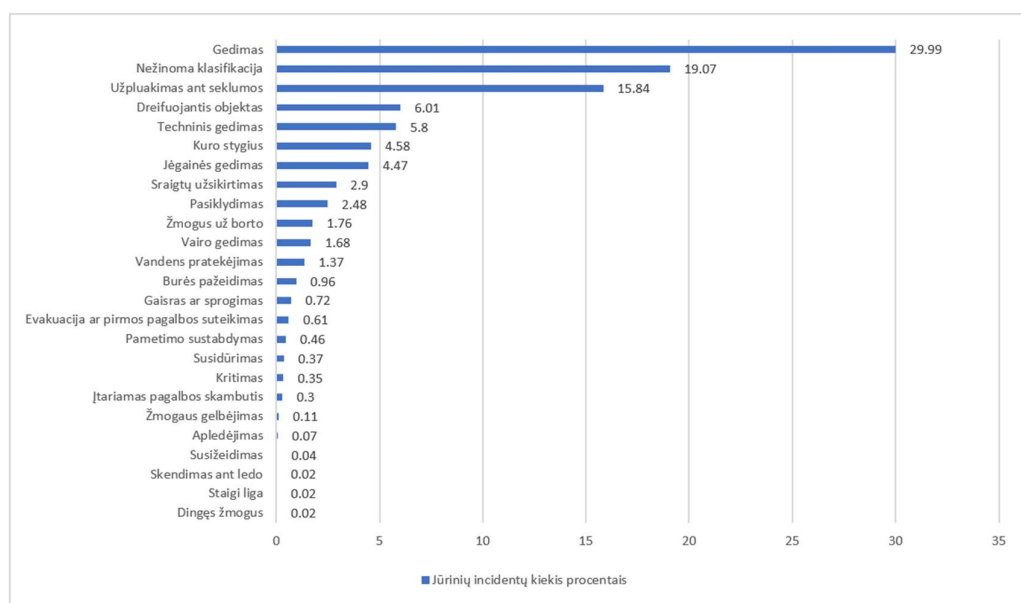
Fiziniai metodai būtų tokie kaip:

- kontroliuojamas deginimas vietoje. Tai naftos uždegimas vandens paviršiuje, siekiant sumažinti jos kiekį vandenyje. Šis metodas reikalauja kruopščios kontrolės, kad būtų išvengta antrinės taršos;
- magnetinis atskyrimas. Tai būdas, kai sorbentai, kurie yra sugėrę naftą turi magnetinių savybių, todėl gali būti lengvai pašalinami magnetais.

Norint veiksmingai pašalinti išsiliesusią naftą, dažnai reikia derinti šiuos metodus, pritaikytus prie konkrečių išsiliesimo aplinkybių (Cumo et al., 2007). Šių metodų pasirinkimas priklauso tiek nuo turimų pajėgumų, tiek nuo naftos kiekio ar kitų kylančių rizikų. Koks metodas bus pasirinktas sprendžia JGKC įvertinęs visas reikšmingas aplinkybes.

1.3.2. Galimų incidentų jūroje analizė

Atsižvelgiant į tai, kad JGKC viešai neskelbia ir nerenka tikslių incidentų duomenų ir juos pateikia tik apibendrintus siekiant nustatyti kokios įrangos reiktų galimoms paieškos ir gelbėjimo operacijoms jūroje, kaip pavyzdžiu, pasinaudokime Suomijos paieškos ir gelbėjimo tarnybos surinkta informacija, kuri apibendrina 2007-2012 metų incidentus Suomijos įlankoje. Šie duomenys pateikiami 11 paveiksle. Darbe numatytam tyrimui atlikti nėra svarbus incidentų skaičius ar jų pasiskirstymas, svarbiausia informacija yra kokie incidentai gali nutikti laivams, žmonėms ar orlaiviams jūroje.



11 pav. Jūrinių incidentų skaičius procentais Suomijos įlankoje

Šaltinis: Sonninen, 2014.

Išanalizavus šiuos duomenis matoma, kad galimų incidentų skaičius yra platus, todėl PGTL laivui reikia turėti tinkamą įrangą ir personalą norint gebėti suteikti tinkamą pagalbą. Tyrime bus nagrinėjami šie atvejai ir bus nustatomi konkretūs pajėgumai, kurių laivui gali prireikti reaguojant į šiuos incidentus.

1.3.3. Baltijos jūros šalių pagrindinių PGTL laivų analizė

Siekiant nustatyti, kokia įranga galėtų būti reikalinga, naujai statomam PGTL laivui, analizuojami didžiausi Baltijos jūros valstybių PGTL laivai bei jų turimos techninės priemonės. 8 lentelėje pateikta pagrindinė, viešai skelbiama informacija apie kaimyninių šalių laivus ir jų pajėgumus. Šie duomenys renkami ir viešai skelbiami HELCOM organizacijos, tam kad visos Baltijos jūros valstybės žinotų, kokius pajėgumus turi šalia esančios valstybės ir esant krizinei situacijai galėtų numanyti, kokia pagalba galėtų būti suteikta. Arba esant specifinėms situacijoms, žinotų, į kurią valstybę reikia kreiptis, jeigu prireiktų kažkokio specifinio pajėgumo incidentui neutralizuoti.

Apibendrinant šios lentelės duomenis matoma, kad visų šalių laivai skiriasi savo techniniais duomenimis bei pajėgumais. Aiškiai galima išskirti, kad kuo didesnis laivas, tuo jis turi didesnes naftos surinkimo saugyklas. Taip pat matoma, kad Švedija ir Suomija turi laivus, pritaikytus didesniai operacijų spektrui. Labiausiai matoma, kad visi PGTL laivai yra aprūpinti bent keliomis skirtingomis techninėmis priemonėmis naftai surinkti.

8 lentelė. Baltijos jūros šalių PGTL laivų techniniai duomenys

	Ilgis/ plotis/ grimzlė	Greitis, mzg.	Kranas	Ledo klasė	Gaisrų gesinimo įrangos klasė	Surinkimo talpa, m³	Surinkimo rankos	Diskinis surinktuvas , m³/h	Šepetinis surinktuvas , m³/h	Boninės užtvaros, m	Vilkimas	Kita
Latvija	59,5/ 11,1/ 3,7	10,0	4 t	Ne	Ne	170	2 vnt.	100	80	800	Ne	
Estija	63,9/ 10,2/ 3,6	15,0	10 t	Taip	1 klasė	100	Ne	160	100	600	40 t	
Lietuva	59,4/ 10,5/ 4,7	9,5	3 t	Ne	Taip	228	Ne	100	40	400	15 t	
Suomija	95,9/ 17,4/ 5,5	18,0	15 t	Taip	1 klasė	1200	2 vnt.	Taip	Taip	Taip	100 t	Dekompresinė kamera, sraigtasparnio priėmimas, dinaminis pozicionavimas
Švedija	81,2/ 16,2/ 6,5	16,0	24 t	Taip	1 klasė	1050	2 vnt.	100	100	500	100 t	Dekompresinė kamera, dinaminis pozicionavimas
Danija	56,0/ 12,3/ 4,6	12,0	28 t	Taip	-	310	1 vnt.	90	Taip	600	20 t	
Vokietija	68,2/ 15,4/ 4,5	13,1	12,5 t	Taip	1 klasė	430	2 vnt.	Taip	Taip	400	40 t	
Lenkija	53,4/ 13,6/ 4,6	10,0	12 t	Taip	1 klasė	512	2 vnt.	100	140	690	73 t	ROV

Šaltinis: HELCOM: Response equipment, n.d.

1.4. Literatūros analizės apibendrinimas

Apibendrinant literatūros apžvalgą, matoma, kad PGTL laivo pasirinkimui didžiausią įtaką turi šie veiksniai:

1. Vėjas: veikia platformos stabilumą, žmonių ir objektų dreifą, matomumą, radijo ryšį bei laivo konstrukcijos apkrovas.
2. Bangų aukštis: daro poveikį laivo stabilumui, navigacijai, konstrukciniam vientisumui, įgulos saugumui bei operacijų efektyvumui.
3. Srovės: srovei veikiant dreifuoja objektai ir asmenys, padidėja paieškos plotas, sumažėja naftos surinkimo efektyvumas.
4. Vandens temperatūra: paveikia žmonių išgyvenimą vandenyje, ypač šaltame vandenyje.
5. Ledo storis ir apledėjimas: sumažina laivo manevringumą, gali pažeisti konstrukciją, atsiranda ledo klasės ar ledlaužių poreikis.
6. Rūkas: sumažina matomumą, padidina susidūrimų riziką, apsunkina objektų aptikimą.
7. Tarptautinės konvencijos: paieškos ir gelbėjimo operacijos turi būti vykdomos pagal tarptautinius standartus (SOLAS, IAMSAR, Helsinkio konvencija ir kt.).

8. Nacionaliniai reglamentai: laivas turi būti pastovioje parengtyje ir privalo turėti tinkamą įrangą ir apmokytą įgulą pagal nacionalinius ir tarptautinius reikalavimus.
9. Ryšių priemonės: laivas turi turėti technines priemones, kad galėtų užtikrinti nuolatinį ir saugų ryšį operacijų metu.
10. Atsakomybės rajonas: nuo atsakomybės rajono dydžio bei kitų to rajono niuansų priklausys reikalavimai laivo greičiui ir manevringumui.
11. Įgulos sudėtis: įgula turi būti tinkamai apmokyta ir sudaryta pagal laivo dydį, operacijų rajoną ir turimos įrangos tipą.
12. Bendradarbiavimas su kitais vienetais: sraigtasparniai ir kitos jūrinės bei oro priemonės padeda greitai ir efektyviai vykdyti paieškos ir gelbėjimo operacijas.
13. Naftos surinkimo įranga: laivas privalo būti aprūpintas bonomis, skimeriais, sorbentais ir kitomis priemonėmis efektyviam naftos surinkimui.
14. Incidentų analizė: įvertinus praeityje kilusius incidentus, bus galima nustatyti kokiais dar gebėjimais turi būti aprūpintas PGTL, kad galėtų optimaliai vykdyti priskirtas funkcijas.
15. Kitų šalių patirtis: reikėtų įvertinti ir kitų šalių PGTL funkcionalumus, nes šioje srityje jų patirtis didesnė.

Šių veiksmų ir sąlygų įvertinimas yra būtinas norint užtikrinti PGTL laivo efektyvumą ir saugumą vykdant paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijas. Iš surinktų duomenų nustačius vyraujančius veiksnius Baltijos jūros atsakomybės rajone ir juos suvedus į pasirinktas matematinio modeliavimo programas bus galima nustatyti optimalias PGTL charakteristikas.

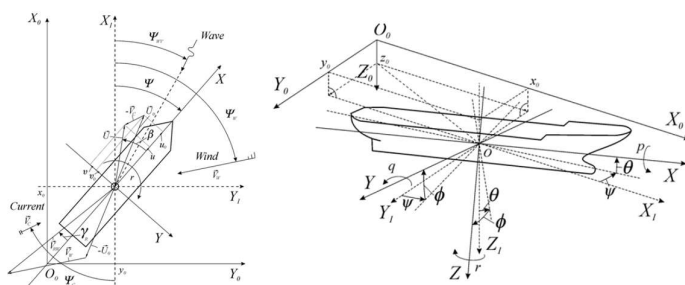
2. METODOLOGIJA

Siekiant nustatyti optimalius reikalavimus PGTL, atsižvelgiant į literatūros analizėje įvertintus faktorius ir pasitelkiant matematinio modeliavimo programas, bus nustatyta, kokie reikalavimai greičiui, laivo dydžiui ir kitoms techninėms charakteristikoms turėtų būti keliami įsigyjant naują PGTL. Šiam tikslui pasiekti, toliau aprašyti matematiniai modeliai, kurie yra taikomi: tiltelio simulatoriuje (jis bus panaudotas hidrometeorologinių sąlygų poveikiui laivui įvertinti), taršos sklaidos vandens paviršiuje modeliavimo programoje (toliau – TSVPM) (ji bus panaudota nustatyti, kokio dydžio rajone laivas turėtų gebėti rinkti teršalus) ir PGO rajono skaičiavimo metodikoje (bus panaudota greičio ir oro sąlygų įtakai įvertinti). Taip pat bus atliktas su Baltijos jūra besiribojančių šalių PGTL palyginimas, siekiant įvertinti, kokios papildomos įrangos reikėtų naujam PGTL ir sudaryta įtaką turinčių faktorių vertinimo matrica.

2.1. Tiltelio simulatoriaus matematinis modelis

Transas tiltelio simulatoriaus matematiniam modelyje (Transas Ltd, 2011) laivo judėjimas simuliuojamas atsižvelgiant į įvairias laivą veikiančias jėgas ir momentus. Šie matematiniai modeliai apima laivo dinamikos lygtis, hidrodinamines ir aerodinamines jėgas, vairo, sraigto ir povairo jėgas, variklio dinamiką, vėjo ir bangų modelius. Laivo judėjimas modeliuojamas naudojant tris Dekarto koordinačių sistemas:

- žemės pasaulio šalyse fiksuota atskaitos sistema ($X_0Y_0Z_0$) – X_0 nukreiptas į šiaurę, Y_0 – į rytus, o Z_0 – žemyn;
- prie judančio kūno fiksuota sistema (XYZ) – šios sistemos pradžia yra laivo svorio centre (angl. *centre of gravity* – CG), X – nuo laivo galo į priekį, Y – į dešiniąją bortą, o Z – nuo viršaus į apačią;
- lokalus rėmas ($X_1Y_1Z_1$) – koordinačių sistema lygiagreti Žemės pasaulio šalyse fiksuotai koordinačių sistemai bei fiksuota į laivo svorio centrą.



12 pav. Laivo tiltelio simulatoriaus naudojamos koordinačių sistemos

Šaltinis: Transas Ltd., 2011.

Tam, kad būtų galima susieti laivo greičius ir jų veikimo kampus su jo apibendrintu judėjimu, naudojamos šios kinematinės lygtys:

- Eulerio kinematinės lygtys – naudojamos posvyrio, polinkio ir posvyrio greičiams nustatyti:

$$p = \dot{\phi} - \sin \theta \times \dot{\psi} \quad (1)$$

$$q = \cos \phi \times \dot{\theta} + \sin \phi \times \cos \theta \times \dot{\psi} \quad (2)$$

$$r = \sin \phi \times \dot{\theta} - \cos \phi \times \cos \theta \times \dot{\psi} \quad (3)$$

- linijinių greičių kinematinės lygtys – nustatomos pagal svorio centro koordinatas ir greičio projekcijas:

$$\dot{x}_0 = U_0 \cos \theta \cos \psi + V_0(\cos \theta \sin \psi \sin \phi - \sin \theta \cos \phi) + W_0(\cos \theta \sin \psi \cos \phi + \sin \theta \sin \phi) \quad (4)$$

$$\dot{y}_0 = U_0 \cos \theta \sin \psi + V_0(\cos \theta \cos \psi \sin \phi + \sin \theta \cos \phi) + W_0(\cos \theta \cos \psi \cos \phi - \sin \theta \sin \phi) \quad (5)$$

$$\dot{z}_0 = U_0 \sin \theta - V_0 \cos \theta \sin \phi - W_0 \cos \theta \cos \phi \quad (6)$$

- skaičiuojamasis greitis skysčio atžvilgiu – atsižvelgiama į srovės poveikį, apskaičiuojant dreifo dydžio ir jo poveikio kampus, reikalingus jėgai apskaičiuoti:

$$\overrightarrow{U_{rel}} = \vec{U} - \vec{V}_C \quad (7)$$

čia: $\overrightarrow{U_{rel}}$ – laivo greitis, reliatyvus skysčiui; $\vec{U}$ – absoliutus laivo greitis; $\vec{V}_C$ – srovės greitis;

- reliatyvaus vėjo poveikis – aerodinaminės jėgos apskaičiuojamos pagal reliatyvaus vėjo greitį ir kampą:

$$\overrightarrow{V_{RW}} = \vec{V}_W - \vec{U} \quad (8)$$

čia: $\overrightarrow{V_{RW}}$ – reliatyvus vėjo greitis; $\vec{U}$ – laivo greitis; $\vec{V}_W$ – vėjo greitis.

Tam kad pavaizduoti laivo judėjimą naudojama tokia lygtis kuri aprašo erdvinį laivo judėjimą šešiais laisvės laipsniais:

$$X = X_I + X_H + X_P + X_R + X_T + X_C + X_A + X_W + X_{EXT} \quad (9)$$

čia: kiekvienas narys reiškia skirtingas jėgas ir momentus, pavyzdžiui, inercinę (I), hidrodinaminę (H), aerodinaminę (A), vairo (R), sraigto (P), povairo (T), srovės (C), bangų (W) ir išorinę (EXT). Greitaeigioms ir ypač didelio svorio laivams, kuriuos tam tikros jėgos veikia nedaug, laisvės laipsnių skaičius yra mažinamas, kad lygtys būtų paprastesnės.

Modeliuojant laivo judėjimą simulatoriuje įvertinamos ir hidrodinaminės jėgos, pvz.:

- korpuso jėgos – apskaičiuojamos naudojant koeficientus, kurių reikšmė priklauso nuo korpuso formos ir vandens sąveikos:

$$X_H = \frac{1}{2} \rho A C_{XH} U^2 \quad (10)$$

čia: C_{XH} – hidrodinaminis koeficientas; ρ – vandens tankis; A – veikiamas plotas; U – greitis.

- propulsinės sistemos jėgos – skirtingų tipų sraigtai (FP, CP, *Voith Schneider*, vandens purkštukai) turi skirtingus jėgų modelius:

$$T = \rho n^2 D^4 C_T \quad (11)$$

čia: T – sraigto trauka; n – sukimosi greitis; D – sraigto diametras; C_T – traukos koeficientas.

- vairo jėgos – skirtingi vairo tipai (subalansuotas, šoninis, didelio keliamojo momento) turi įtakos vairavimui ir manevringumui:

$$F_R = \frac{1}{2} \rho A_R C_R U^2 \quad (12)$$

čia: C_R – vairo koeficientas; A_R – vairo plotas.

Vėjo poveikis laivui pasireiškia aerodinaminėmis jėgomis, kurios atsiranda dėl laivą veikiančio vėjo, jos simulatoriuje modeliuojamo naudojant:

- reliatyvaus vėjo greitį – šis vėjo greičio ir krypties vektorius skaičiuojamas atsižvelgiant į laivo greitį ir vėjo kryptį:

$$F_A = \frac{1}{2} \rho_A A_A C_A V_{RW}^2 \quad (13)$$

čia: ρ_A – oro tankis; A_A – veikiamas plotas; C_A – aerodinaminis koeficientas; V_{RW} – reliatyvus vėjo greitis.

- vėjo gūšiai ir škvalai – modeliuojami pagal spektrines charakteristikas, darančias įtaką laivo stabilumui ir valdymui.

Vėjo sukeltos bangos atvaizduojamas kaip kelių bangų komponentų suma atsižvelgiant į vyraujančių bangų spektrą, o paviršinių bangų aukštis modeliuojamas naudojant šias sudedamąsias dalis:

$$\zeta(x, y, t) = \sum_{i=1}^N A_i \cos(k_i x + \theta_i) \quad (14)$$

čia: ζ – bangos aukštis; A_i – amplitudė; k_i – bangų skaičius; θ_i – fazė.

Į bangų sukeltas jėgas įtraukiamos pirmos ir antros eilės bangų jėgos ir momentai, darantys įtaką laivo dinamikai. Jūros vandens paviršiui vaizduoti taikomi įvairūs standartiniai bangų spektrai (pvz., Pierson-Moskowitz, JONSWAP), kurie atsižvelgia į bangos aukštį, ilgį ir periodą. Simulatorius taip pat atsižvelgia į platų spektrą propulsinių sistemų, kurios kiekviena turi savo matematinį modelį, kuris imituoja norimo laivo charakteristikas. Šis modeliavimas

priklauso nuo variklio tipo, varytuvų modelio, sraigto sūkių dažnių ar net telegrafo tipo. Esant poreikiui simulatorius modeliuoja ir navigaciją sekliuose vandenyse, kuri yra veikiamą padidėjusio pasipriešinimo.

Matoma, kad Transas matematinis modelis visapusiškai apima laivo judėjimą, integruodamas hidrodinaminius, aerodinaminius, bangų ir valdymo sistemos efektus. Šie skaičiavimai papildomai yra patvirtinti atliekant bandymus jūroje, tai leidžia užtikrinti praktinį simulatoriaus patikimumą, todėl jis yra patikima priemonė laivo dinamikai, veikiant įvairioms hidrometeorologinėms sąlygoms, modeliuoti. Literatūros analizėje surinkti duomenys leis pakankamai tiksliai sumodeliuoti LR atsakomybės rajone esančias hidrometeorologines sąlygas, tokiu būdu bus galima nustatyti reikalingas PGTL charakteristikas.

2.2. Taršos sklaidos vandens paviršiuje modeliavimo programa

HELCOM „Seatrack Web“ sistema aprašyta Liungman ir Mattsson (n.d.) yra skirta medžiagų, ypač naftos, dreifui Baltijos jūroje ir aplinkinėse teritorijose modeliuoti naudojant dalelių sklaidos modelį (angl. *Particle Dispersion Model*, toliau – PADM). Šios sistemos matematinio modeliavimo metodas integruoja įvairius fizikinius ir cheminius procesus, kad būtų galima imituoti medžiagų dreifą ir išsiskyrimą jūrinėje aplinkoje, ypač daug dėmesio skiriama naftos išsiliejimams. Sistemą sudaro trys pagrindiniai komponentai: taršą veikiančių jėgų laukų modeliavimas (prognozuojami srovės ir vėjo laukai), naftos dalelių dreifo modelis ir grafinė vartotojo sąsaja. Sistema apima Baltijos jūrą, Švedijos ir Danijos sąsiaurius, Kategato ir Skagerako sąsiaurius bei Šiaurės jūrą iki maždaug 3° rytų ilgumos. Taršą veikiančių jėgų laukus modeliuoja HIRLAM orų modelis ir HIROMB vandenyno modelis.

Naftos dreifo modelis, PADM, praktiškai yra Lagranžo dalelių plitimo matematinis modelis, kuriame medžiagos vaizduojamos kaip dalelių debesis. Šias daleles veikia srovių laukai ir fizinės ribos, pavyzdžiui, pakrantės linija, dugnas ar paviršius. Modelis apima algoritmus įvairioms medžiagoms, pavyzdžiui, alyvai, dervos kamuoliams, plūduriuojantiems objektams ar dumbliams ir pasyviesiems žymekliams. Modelyje realiam pasauliui atvaizduoti naudojamas diskretus struktūrizuotas tinklelis, kuriame srauto laukai apibrėžiami diskrečiais laikais. Dalelių padėtys ir judėjimas apskaičiuojami remiantis šiais diskretiniais laukais, o transformacijos tarp realaus pasaulio koordinačių ir vidinio tinklelio valdomos specialiomis funkcijomis.

PADM sklaidimo modeliavimas apima tokius procesus kaip hidrodinaminės srovės, Stokso dreifas, gravitacijos sukeltas radialinis plitimas, bangų sukelta sklaida, turbulencinis maišymasis, plūdumo poveikis. Pirminiame dalelių sekimo algoritme daroma prielaida, kad dalelės neturi apimtys, inercijos ir nesąveikauja tarpusavyje. Dalelės greitis yra hidrodinaminio

srovės lauko ir papildomų taškinių greičių, kuriems įtakos turi neišspręsti procesai arba dalelės savybės, kurių suma aprašoma tokia formule:

$$\frac{dx_p}{dt} = u(x_p(t)) \quad (15)$$

čia: $x_p(t)$ – dalelės pozicija; $u(x_p(t))$ – greičio vektorius, kurį veikia srovės laukas.

Stokso dreifo greitis modeliuojant yra svarbus plitimo veiksnys, kuris apskaičiuojamas kiekvienai dalelei pagal bangų energijos spektrą ir modifikuojamas dėl ledo poveikio. Stokso dreifo greitis (u_s, v_s) yra apibūdinamas taip:

$$u_s = r_{ice} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \Delta a_{i,j}^2 \times k_i \times \omega_i e^{2k_i z} \cos(\theta_j) \quad (16)$$

$$v_s = r_{ice} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \Delta a_{i,j}^2 \times k_i \times \omega_i e^{2k_i z} \sin(\theta_j) \quad (17)$$

čia: ω_i – kampinis dažnis; k_i – bangų skaičius; θ_j – bangų kryptis

Horizontalusis objektų plitimas prie paviršiaus, ypač naftos, modeliuojamas taikant gravitacinio plitimo formules, pavyzdžiui, Fay'aus formulę, kurioje atsižvelgiama į klampijų ir gravitacinių jėgų pusiausvyrą:

$$A_{oil}(t) = 2.1\pi \left(\frac{V^2 g'_{oil}}{\sqrt{\mu/\rho}} \right)^{1/3} \sqrt{t} \quad (18)$$

čia: V – išsiliejusios naftos kiekis; μ – vandens klampumas; ρ – vandens tankis; $g'_{oil} = g \frac{\rho - \rho_{oil}}{\rho}$ – plūdumo pagreitis.

Dispersija apima dalelių plitimą nuo paviršiaus į vandens gylį (vertikalusis sklidimas) ir yra skaičiuojama tokia formule:

$$Q_d = r_{ice} \Delta t c_v E_b^{0.57} F_b d^{0.7} \Delta d A_{oil} \quad (19)$$

čia: r_{ice} – korekcija ledui; c_v – empirinis koeficientas; E_b – išsklaidanti lūžtančios bangos energija; F_b – paviršiaus padengto lūžtančių bangų dalis.

Kalbant apie naftą, šiame procese daroma prielaida, kad bangų lūžis išsklaido naftos lašelius į vandens gylį. Dėl to, atsiranda turbulencinis maišymasis, kuris modeliuojamas taikant Markovo grandinės metodą, atsižvelgiant į mažos skalės izotropinę skysčio turbulenciją, darančią įtaką vertikaliam dalelių judėjimui. Šis efektas (u') skaičiuojamas taip:

$$u'(t) = Au'(t - \Delta t) + BPU' + C \quad (20)$$

$$A = e^{-\Delta t/T'} \quad (21)$$

$$B = \sqrt{1 - A^2} \quad (22)$$

$$C = 0.3T'(1 - A) \frac{\partial k}{\partial x} \quad (23)$$

čia: P – normaliojo pasiskirstymo atsitiktinis skaitmuo; $U' = \sqrt{0.3k}$ – turbulencinio greičio skalė; $T' = 0,3 \frac{k}{\epsilon}$ – turbulencijos integralinė laiko skalė.

Dalelių, kurios gali nuskęsti arba pakilti, plūdrumo greitis (ω_s) apskaičiuojamas remiantis dalelių savybėmis ir supančio skysčio tankiu. Skaičiavimas priklauso ir nuo to, kokio diametro dalelės yra, todėl dažniausiai naudojamos dvi formulės, didelio diametro dalelėms, kai $d > d_{crit}$ naudojama formulė ω_{s1} ir kai dalelės yra mažo diametro $d \leq d_{crit}$, naudojame ω_{s2} :

$$\omega_{s1} = \frac{g'}{|g'|} \sqrt{\beta d g'} \quad (24)$$

$$\omega_{s2} = \frac{g'}{|g'|} \left(\frac{d^2 |g'|}{18} \right) \quad (25)$$

Priklausomai nuo išsiskyrusios naftos konkretaus produkto PADM skaičiuoja jos fizikinių savybių kitimą laikui einant, pasitelkdama du modelius. Pirmas būtų SINTEF (norv. *Stiftelsen for industriell og teknisk forskning*) modelis, jis naudoja empirinius duomenis, kad apskaičiuotų naftos savybių pokyčius laikui einant, įskaitant garavimą, emulgavimą, tankį ir klampą. Antras būtų originalus „Seatrack Web“ modelis. Šiame paprastesniame modelyje alyvos pateikiamos kaip lakiųjų ir nelakiųjų komponentų mišinys, o garavimo ir emulgavimo procesams modeliuoti naudojamos empirinės formulės.

„Seatrack Web“ modelis turi ir papildomą funkciją, kuri vadinama kaip neapibrėžties sklaida. Naudojant šią funkciją, į dalelių sklaidimo modelį įvedami atsitiktiniai vėjo greičio komponentai, siekiant imituoti vėjo prognozių neapibrėžtumą, taip programa gali pateikti šiek tiek skirtingų modeliavimų visumą, šie atvaizdavimai leidžia įvertinti galimų sklaidimų rezultatų diapazoną:

$$u'' = \sigma P \cos(2\pi Q) \quad (26)$$

$$v'' = \sigma P \sin(2\pi Q) \quad (27)$$

$$\omega'' = 0 \quad (28)$$

čia: P – normaliai išskaidytas atsitiktinis dydis; Q – vienodai išskaidytas atsitiktinis dydis; $\sigma = 0,02\sigma_w$, kai σ_w – standartinis korekcinis nuokrypis nuo prognozuoto vėjo greičio.

2.3. Paieškos ir gelbėjimo operacijų rajonų skaičiavimo metodika

Vadovaujantis Karinių jūrų pajėgų vado patvirtintomis Karo laivo taktinės veiklos procedūromis (2014) pradedant PGO, svarbiausia nustatyti pradinį atskaitos tašką (toliau – Datum). Dažniausiai tai būna paskutinė žinoma dingusio objekto pozicija, jei paieška bus vykdoma orlaiviu, ir iš dalies koreguota pozicija (atsižvelgiant į vėją ir srovę), jei paieška bus

vykdoma laivu. Datum gali gerokai skirtis nuo paskutinės žinomos objekto pozicijos (angl. *Last known position* – LKP), todėl skaičiuojant jį, privaloma įtraukti visus įmanomus poveikius, įvertinant ir pačią geografinę vietovę, bei nuolat atnaujinti šią poziciją einant laikui. Kas kiek laiko reikalingas perskaičiavimas labai priklauso nuo esamos situacijos ir dreifo jėgų poveikio, kurių visuma susideda iš šių komponentų:

- dreifas dėl vėjo poveikio (angl. *Leeway* – LW);
- paviršinė vandens srovė, atsirandanti dėl vėjo poveikio (angl. *Wind Driven Current* – WC);
- jūrinė srovė (angl. *Sea Current* – SC);
- potvynio / atoslūgio srovė (angl. *Tidal Current* – TC).

Dreifas dėl vėjo poveikio (LW) yra paieškos objekto judėjimas vandenyje, kuriam daro įtaką vėjo veikiamas viršvandeninė objekto dalis. Objekto judėjimas dėl šio poveikio labai priklauso nuo jo formos, dydžio ir orientacijos, todėl tikslią LW kryptį yra labai sunku nustatyti. Šiam dydžiui skaičiuoti naudojama 1 lentelė, pateikiama 1.1.1. skyrelyje. Paviršinė vėjo sukelta srovė (WC) neturi reikšmės ežeruose, priekrantėse, uoste, nes tokia srovė atsiranda tik tada, kai vėjas vandens paviršių veikia 24–48 valandas viena kryptimi nepertraukiamai. Atviroje jūroje ši srovė aktuali, kai atstumas nuo kranto yra daugiau nei 20 jūrmylių, o vandens gylis virš 30 metrų. Paviršinė vėjo sukelta srovė nėra skaičiuojama ir jos greitį galima nustatyti tik fiziškai matuojant paviršinės srovės greitį paieškos rajone. Baltijos jūroje paviršinė srovė (WC) visada juda vėjo kryptimi, išskyrus vietas šalia uostų, kur įtakos turi srovė einanti iš uosto. Jūrinė srovė (SC) yra pastovi jūrinė srovė, pvz., Golfo srovė Atlanto vandenyne, kuri nepriklauso nuo vėjo ar potvynio / atoslūgio poveikio. SC paprastai aktuali tik vandenynuose, ir dažniausiai nėra skaičiuojama, kai gylis mažesnis nei 100 metrų. Potvynio / atoslūgio srovė (TC) priklauso nuo vietovės ir dažniausiai būna aprašytos su hidrometeorologija susijusiose publikacijose. Taigi galutinė srovės išvestinė (angl. *Total water current* – TWC) yra vektorinė visų WC, SC ir TC vektorių suma. Šis vektorius kartu su LW vektoriumi vadinamas galutiniu dreifo vektoriumi (angl. *Resulting drift vector* – RDV) yra atidedamas nuo pradinės dreifo pozicijos (angl. *Drift start position* – DSP), taip gauname pradinį atskaitos tašką, kuris braižomas jūrlapyje atsižvelgiant į numatomą paieškos pradžios laiką. Jeigu PGO prasidėjo 1–2 valandų intervale, paieškos rajonas nuo taško Datum atidedamas vadovaujantis formule:

$$R = (X_{error} + (30 \% RDV \text{ ilgio})) \times F_s \quad (29)$$

čia: X_{error} – pasirenkama iš lentelės 9; F_s – iš lentelės 10. Šie korekciniai faktoriai reikalingi gautos pozicijos netikslumams koreguoti.

9 lentelė. X_{error} pozicijos nustatymo faktorius

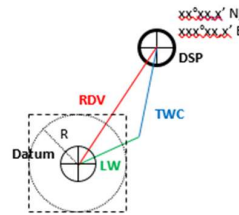
Navigacinė vietos nustatymo priemonė	Paklaida (jūrmylėmis)
GPS	0,1 jūm
Radaras	1,0 jūm
Vizualinis nustatymas (3 linijos)	1,0 jūm
Astrologinė pozicija (3 linijos)	2,0 jūm
Jūriniai radijo plūdurai	4,0 jūm (3 plūdūrų reikšmės)
LORAN C	1,0 jūm

Šaltinis: Karinės jūrų pajėgos, 2014.

10 lentelė. F_s patikimumo faktorius

Paieškos kartas	Saugumo faktorius
Pirmas	1,1
Antras	1,6
Trečias	2,0
Ketvirtas	2,3
Penktas	2,5
Visi kiti	2,5

Šis PGO rajono skaičiavimo metodas vadinamas greito atsako metodu (angl. *Rapid Respons*) kuris atliekamas ant jūrlapio ir pavaizduotas 13 paveiksle.



13 pav. PGO rajono skaičiavimas

Šaltinis: Karinės jūrų pajėgos, 2014.

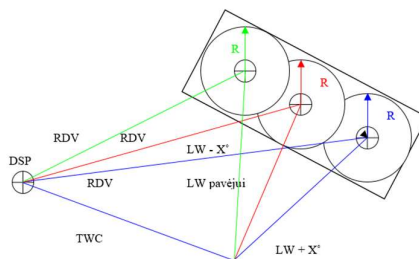
Jeigu į nelaimės rajoną PGTL atvyksta vėliau, paieškos rajonas skaičiuojamas „Datum Point“ metodu. Šiuo atveju reikalinga apskaičiuoti ne vieno, bet trijų Datum taškų pozicijas. Pirmas taškas yra pavėjui (atliekamas skaičiavimas, kaip nurodyta 13 paveiksle), o papildomi du taškai skaičiuojami pridedant ir atimant LW paklaidą X° nurodytą 1 lentelėje, panaudojant šias formules:

$$R = (X_{error} + (30 \% RDV \text{ ilgio})) \times F_s \quad (30)$$

$$R(+X^\circ) = (X_{error} + (30 \% RDV(+X^\circ) \text{ ilgio})) \times F_s \quad (31)$$

$$R(-X^\circ) = (X_{error} + (30 \% RDV(-X^\circ) \text{ ilgio})) \times F_s \quad (32)$$

Iš gautų trijų Datum taškų, kaip ir 13 paveiksle, skaičiuojami paieškos spinduliai R bei gaunami trys nauji apskritimai. Visi trys apskritimai apibrėžiami bendru stačiakampiu, kuris yra naujas paieškos rajonas, kaip parodyta 14 paveiksle.



14 pav. „Datum point“ skaičiavimo metodas

Šaltinis: Karinės jūrų pajėgos, 2014.

Apskaičiavus PGO rajono plotą ir jį nubraižius ant jūrlapio, būtina nustatyti koreguotą paieškos plotį (angl. *Sweep Width* – W_c) ir atstumą tarp paieškos rajono kelių (angl. *Track Spacing* – S). Koreguotas paieškos plotis skaičiuojamas pagal formulę:

$$W_c = W_u \times F_f \times F_v \times F_w \quad (33)$$

čia: W_u – nekoreguotas paieškos plotis, pasirenkamas iš 11 lentelės; F_f – nuovargio paklaida (tai dydis, kuriuo turi būti mažinamas paieškos plotis (W_u), jeigu įgula yra pavargusi, vadovaujantis metodine medžiaga, kai įgula pavargusi šis dydis yra 10 %); F_v – paieškos greičio faktorius, kuris taikomas tik orlaiviams, o laivų F_v visada lygus 1; F_w – hidrometeorologinių sąlygų faktorius, pasirenkamas iš 1.1.2. skyrelyje pateiktos 2 lentelės.

11 lentelė. W_u nekoreguotas paieškos plotis

Paieškos objektas	Standartinio laivo paieškos pločio lentelė, meteorologinis matomumas (km (jūm))				
	6 (3)	9 (5)	19 (10)	28 (15)	37 (20)
Žmogus vandenyje	0,7 (0,4)	0,9 (0,5)	1,1 (0,6)	1,3 (0,7)	1,3 (0,7)
4 vietų plaustas	4,2 (2,3)	5,9 (3,2)	7,8 (4,2)	9,1 (4,9)	10,2 (5,5)
6 vietų plaustas	4,6 (2,5)	6,7 (3,6)	9,3 (5,0)	11,5 (6,2)	12,8 (6,9)
15 vietų plaustas	4,8 (2,6)	7,4 (4,0)	9,4 (5,1)	11,9 (6,4)	13,5 (7,3)
25 vietų plaustas	5,0 (2,7)	7,8 (4,2)	9,6 (5,2)	12,0 (6,5)	13,9 (7,5)
Laivas <5 m	2,0 (1,1)	2,6 (1,4)	3,5 (1,9)	3,9 (2,1)	4,3 (2,3)
Laivas 7 m	3,7 (2,0)	5,4 (2,9)	8,0 (4,3)	9,6 (5,2)	10,7 (5,8)
Laivas 12 m	5,2 (2,8)	8,3 (4,5)	14,1 (7,6)	17,4 (9,4)	21,5 (11,6)
Laivas 24 m	5,9 (3,2)	10,4 (5,6)	19,8 (10,7)	27,2 (14,7)	33,5 (18,1)

Šaltinis: International Maritime Organization, 2022.

Atstumas tarp paieškos rajono kelių (S) skaičiuojamas pasitelkiant norimą rajono uždengimo faktorių (angl. *Coverage factor* – C), kuris visuomet yra 1, kai norima padengti 100 % PGO rajono. Tokiu atveju S visuomet lygus W_c .

2.4. Lyginamoji paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivų analizė

Remiantis 8 lentelėje pateiktais duomenimis, lyginami Baltijos jūros valstybių pagrindinių paieškos ir gelbėjimo laivų techniniai duomenys ir pajėgumai. Šie laivai yra skirti

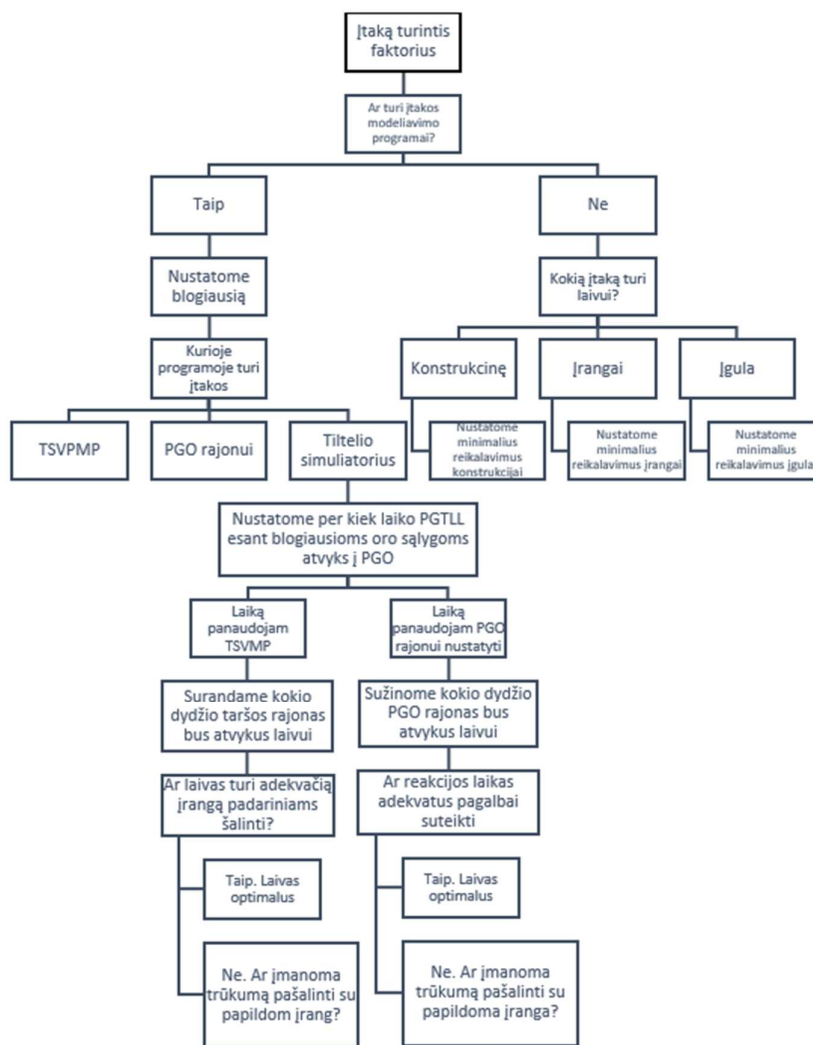
vykdyti paieškos ir gelbėjimo operacijas, taip pat naftos ir kitų teršalų likvidavimą jūroje ar kitas su pagalbos suteikimu jūroje susijusias operacijas. Pagal viešai prieinamus duomenis galima juos vertinti taip:

- dydis ir pajėgumai: Suomija ir Švedija turi didžiausius PGTL, kurie yra pritaikyti platesniam operacijų spektrui. Jie turi didesnes saugyklas naftos surinkimui ir yra aprūpinti papildoma įranga, kaip dekompresinės kameros ir dinaminis pozicionavimas. Atkreiptinas dėmesys yra į Lenkijos PGTL nišinį pajėgumą, kurio neturi kitos valstybės, tai povandeninis robotas (angl. *Remote Operated Vehicle* – ROV), jis skirtas operacijoms jūros dugne vykdyti, o tai leidžia šiam laivui vykdyti paiešką ir gelbėjimą trijose dimensijose: ore, vandens paviršiuje bei dugne;
- greitis ir manevringumas: Estija ir Švedija turi greičiausius PGTL laivus (15 ir 16 mazgų atitinkamai), ir tai yra didelis pranašumas greito reagavimo atvejais. Palyginus su dabartiniu Lietuvos PGTL, tai beveik dvigubai didesnis greitis;
- teršalų surinkimo pajėgumai: Suomijos ir Švedijos laivai turi didžiausius surinkimo talpos pajėgumus (1200 ir 1050 m³). Tai leidžia jiems be išorinės pagalbos vykdyti ilgesnes teršalų surinkimo operacijas. Jie taip pat yra aprūpinti įvairaus spektro teršalų surinkimo technologijomis (diskiniai ir šepetiniai surinkėjai);
- ledo klasė: daugelis PGTL laivų turi ledo klasę, tai yra svarbu Baltijos jūros regione, ypač žiemą;
- specializuota įranga: Suomijos ir Švedijos laivai yra geriausiai aprūpinti specializuota įranga, įskaitant dekompresines kameras ir dinaminį pozicionavimą, o tai padidina jų efektyvumą sudėtingose operacijose. Taip pat Suomijos PGTL laivas turi galimybę priimti ir papildyti degalais sraigtasparnį, ir tai reikšmingai pagerina bendradarbiavimą tarp jūrinių ir oro paieškos vienetų;
- vilkimo galia: Švedijos ir Suomijos laivai turi didžiausią vilkimo pajėgumą (100 t), kas be galo svarbu gelbėjimo operacijose;
- gaisrų gesinimo įranga: beveik visi Baltijos jūros valstybių laivai turi pirmos klasės gaisrų gesinimo įrangą, vadinasi šie laivai gali būti panaudoti gaisrų gesinimui, o tai yra ypač aktualu atviroje jūroje siekiant suteikti pagalbą laivams gaisro atveju.

Ši analizė rodo, kad nors visi Baltijos jūros valstybių PGTL laivai yra gerai aprūpinti savo pagrindinėms funkcijoms, tačiau Suomija ir Švedija išsiskiria plačiausiais pajėgumais ir gausiausia technine įranga, ir tai leidžia jiems atlikti efektyvesnes, sudėtingesnes ir įvairiapuses operacijas.

2.5. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivui įtakos turinčių faktorių vertinimo metodologija

Optimalių reikalavimų PGTLT nustatymui bus vertinami literatūros apžvalgoje 1.4. poskyryje identifikuoti faktoriai, vadovaujantis PGTLT įtakos turinčių faktorių matrica, pateikta 15 paveiksle.



15 pav. PGTLT įtakos turinčių faktorių vertinimo matrica

Vadovaujantis šia matrica, įvertinti kriterijai bei literatūros analizėje išnagrinėti techniniai sprendimai įtakos turintiems faktoriams įveikti bus pagrindas PGTLT optimalių reikalavimų sudarymui. Juos palyginus su 2.4. poskyryje analizuotais Baltijos jūros valstybių pagrindinių paieškos ir gelbėjimo laivų techniniais duomenimis ir pajėgumais, bus įvertinta kitų šalių patirtis šioje srityje. Taip bus galima nustatyti papildomus techninius sprendimus galinčius optimizuoti PGTLT konceptą gelbėjimo užduotims Lietuvos Respublikos atsakomybės rajone vykdyti.

3. EMPIRINIS TYRIMAS

Vadovaujantis 15 paveiksle pateikta vertinimo metodika, vertinami literatūros analizėje identifikuoti faktoriai, turintys įtakos PGTL konceptui. Vertinime bus identifikuota, kokiomis kritinėmis sąlygomis PGTL laivui teks vykdyti operacijas, kokio tipo operacijos galėtų jam pasitaikyti bei kokiomis priemonėmis reikėtų aprūpinti PGTL, kad šis galėtų sėkmingai atlikti paskirtas užduotis Lietuvos Respublikos atsakomybės rajone.

3.1. Hidrometeorologinių sąlygų vertinimas

Apžvelgus visas tris šiame darbe naudojamas modeliavimo programas, stebima, kad vėjo greitis ir kryptis yra įtaką darantis faktorius tiek modeliuojant laivo vykimą į paieškos ir gelbėjimo rajoną, tiek skaičiuojant naftos išsiliejimo rajono dydį ir jo plitimą, tiek nustatant paieškos ir gelbėjimo rajoną. Vadovaujantis vėjų rože, pateikta 1 paveiksle, matyti, kad Lietuvos Respublikos IEZ daugiausiai vyrauja vakarų, pietvakarių vėjai, kurių greitis siekia iki 19 m/s (38 mzg.), o vidutinis vėjo greitis susidaro 7 m/s (14 mzg.). Todėl siekiant nustatyti kriterijus PGTL esant sudėtingiausioms oro sąlygoms modeliavimo programose ir atliekant skaičiavimus naudojamas vėjas, pučiantis iš krypties 240°, 19 m/s greičiu. Taip pat čia gaunamas ir reikalavimas PGTL – gebėti operuoti esant pastoviam 19 m/s vėjo greičiui, o pagal Boforto skalę (3 lentelė) tai atitiktų 8 balų audringas sąlygas.

Antras įtakos turintis faktorius, kuris taip pat yra svarbus tiek modeliuojant laivo vykimą į paieškos ir gelbėjimo rajoną, tiek skaičiuojant naftos išsiliejimo rajono dydį ir jo plitimą, tiek nustatant paieškos ir gelbėjimo rajoną, yra bangų aukštis. Išnagrinėjus 1.1.2. skyrelyje pateiktus duomenis, galima daryti išvadą, kad net 99 % laiko Lietuvos Respublikos IEZ teritorijoje bangos vyrauja iki 3,5 m, tačiau esant itin nepalankioms oro sąlygoms bangų aukštis gali kilti iki 5,5–6,0 m ir dažniausiai tai bus iš vakarų, pietvakarių krypties, o tai atitinka vyraujančių vėjų kryptį 240°. Vadinasi, modeliavimo programose simuliuojant sudėtingiausias meteorologines sąlygas bus naudojamas 6 m bangų aukštis, koreliuojant su vėjo kryptimi iš 240°, o pagal Boforto skalę, tai taip pat atitiktų 8 balų audringas sąlygas.

Metodologinėje medžiagoje nurodoma, kad atliekant skaičiavimus reikia atsižvelgti ir į srovę, kuri būna trijų rūšių: paviršinė, jūrinė bei potvynių ir atoslūgių. Iš 1.1.3. skyrelyje pateiktos analizės galima daryti išvadą, kad Baltijos jūroje LR IEZ jūrinės bei potvynių ir atoslūgių srovių nebūna, o dažniausiai srovė yra generuojama į Baltijos jūrą įtekančių upių, kurios sudaro pietines arba šiaurines sroves iki 0,13 m/s (0,25 mzg.) greičio. Tačiau pučiant 8 balų pagal Boforto skalę vėjui Baltijos jūroje gali būti generuojama ir 1 m/s (2 mzg.) srovė. Iš

čia gaunamas trečias įtakos turintis faktorius modeliavimo programoms 1 m/s (2 mzg.) srovė iš krypties 240°.

Ketvirtas faktorius turintis įtakos gelbėjimo operacijoms yra vandens temperatūra. Kaip matoma iš metodologijos šis faktorius neturi įtakos modeliavimo programoms ir skaičiavimams, tačiau iš grafiko, pateikto 4 paveiksle galima daryti išvadą, kad esant poreikiui gelbėti skęstanti žmogų tolimesniam LR IEZ atsakomybės rajone, kur vandens temperatūra didžiąją metų laiko dalį nesiekia ir 15 °C, viskas priklausys nuo to kaip tas žmogus bus apsirengęs. Jeigu žmogus įkritęs į vandenį bus apsirengęs tik paprastais rūbais, vadinasi šio žmogaus gelbėjimui turės būti pasitelktas sraigtasparnis, nes laivas kuris yra 1 valandos parengtyje, net teoriškai per 1,5 valandos negalėtų atsidurti nelaimės vietoje. O esant ekstremalioms oro sąlygoms ir vandens temperatūrai nesiekiant ir 5 °C, teorinis išgyvenamumas nesiekia ir 1 valandos. Atsižvelgiant į aukščiau išdėstytą medžiagą, matoma, kad vienintelis būdas išgelbėti iškritusį už borto žmogų yra pasitelkiant sraigtasparnį, iš čia gauname vieną iš pagrindinių reikalavimų PGTL, tai gebėjimą dirbti su sraigtasparniu, esant poreikiui papildyti jį degalais ir gebėti suteikti pirmąją pagalbą nukentėjusiems asmenims. Taip pat iš čia gaunama, kad mažiausias objektas kuris galėtų išgyventi lediniame vandenyje, audros sąlygomis, kurį PGTL teks ieškoti atvykus į tolimiausią paieškos tašką būtų gelbėjimosi plaustas, todėl skaičiuojant PGO rajoną jis ir bus naudojamas skaičiavimams atlikti.

Penktas įtakos turintis faktorius būtų ledo storis ir apledėjimas. Iš literatūros analizės matoma, kad Baltijos jūra yra laikoma neužšalanti jūra, o ledai žiemos laikotarpiu dažnai susidaro tik pakrantėse, kur laivams yra per seklu plaukioti arba plonu ledu užšąla Klaipėdos uostas. Atsižvelgdami į tai, kad PGTL numatytas uostas yra Klaipėdos valstybinis jūrų uostas, galima daryti išvadą, kad PGTL turėtų turėti vadovaujantis TSFS 2011:96 Suomijos–Švedijos ledo klasės nuostatomis pagal 1C ledo klasę, tai yra laivas turėtų gebėti plaukti per plonus ledus, kurių storis yra nuo 0,15 iki 0,30 m.

Paskutinis hidrometeorologinis reiškinys, turintis įtakos PGTL, yra rūkas. Šis faktorius neturi tiesioginės įtakos matematinio modeliavimo programoms, tačiau turės įtakos laikui, kurį laivas užtruks atlikdamas paiešką nustatytame rajone. Priklausomai nuo rūko tirštumo, gali tekti paieškos plotį mažinti iki matomumo ribų. Nors rūkas nėra dažnas reiškinys ties Klaipėda (24 dienos per metus), visgi PGTL turi gebėti atlikti pavestas užduotis ir esant šiam reiškiniui. Konkrečiai jokios konstrukcinės laivo savybės nepadės sumažinti šio reiškinio įtakos, tačiau laive turima specifinė įranga gali padėti sėkmingai vykdyti operacijas. Tiek rūko, tiek nakties metu, kai matomumas yra stipriai apribotas, paieškos ir gelbėjimo operacijoms praverčia infraraudonųjų spindulių kamera, kuri yra jautri temperatūrų skirtumui, todėl net ir nesant šviesos šaltiniui, ji puikiai matytų šilumą skleidžiantį objektą vandens paviršiuje. Taip pat iš

literatūros analizės matoma, kad naftos dėmių paieškai reiktų ir specifinės termokameros su 7 μm –14 μm ilgio spinduliu, nes naftos produktai ant vandens paviršiaus neišskiria šilumos. Taip pat čia galima paminėti, kad vadovaujantis SOLAS reikalavimais laivas turėtų būti aprūpintas modernia ir tikslia navigacine įranga, kad sudėtingomis hidrometeorologinėmis sąlygomis turėtų visapusišką situacijos suvokimą.

Apibendrinant hidrometeorologinių faktorių įtaką PGTLI konceptui pagal 2.5. poskyryje pateiktą metodologiją, sudaryta toliau pateikta hidrometeorologinių faktorių vertinimo apibendrinimo lentelė.

12 lentelė. Hidrometeorologinių faktorių vertinimo apibendrinimas

Faktorius	Ar faktorius reikalingas modeliavimo programai?	Faktoriaus maksimali ir vidutinė reikšmė	Nustatytas reikalavimas laivo konceptui
Vėjas	Taip, visoms	38 mzg. iš 240°; 14 mzg.	Gebėjimas operuoti jūroje esant 8 balų vėjui.
Bangų aukštis	Taip, visoms	6 m iš 240°; 3,5 m	Gebėjimas operuoti jūroje esant 8 balų bangoms.
Srovė	Taip, visoms	2 mzg. iš 240°; 0,25 mzg.	Gebėjimas operuoti jūroje esant 2 mzg. srovės greičiui.
Vandens temperatūra	Taip, PGO rajonui nustatyti	Paieškos objektas gelbėjimosi plauštas	Gebėjimas dirbti su sraigtasparniu, esant poreikiui papildyti jį degalais ir gebėti suteikti pirmąją pagalbą nukentėjusiems asmenims.
Ledo storis ir apledėjimas	Ne	-	Atitikti IC ledo klasės reikalavimus.
Rūkas	Ne	-	Turi turėti termokamerą žmonių paieškai ir termokamerą su 7 μm –14 μm ilgio spinduliu naftos dėmių paieškai.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus.

Šie duomenys, suvesti į modeliavimo programas, leis simuliuoti gamtines sąlygas LR paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo atsakomybės rajone. Siektinas rezultatas yra, kad PGTLI gebėtų atlikti pavestas užduotis esant blogiausioms oro sąlygoms, o jeigu simuliacija parodys, kad tai nėra įmanoma, bus nustatyta, kokie reikalavimai būtų arčiausiai blogiausioms oro sąlygoms.

3.2. Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms keliamų reikalavimų vertinimas

Iš tarptautinių konvencijų ir nacionalinių teisės aktų analizės matoma, kad PGTLI turės užtikrinti 24 valandų per parą budėjimą, atitinkamai laive turės būti gyvenamosios patalpos įgulai, užtikrintas maitinimas ir laisvalaikio patalpos. Kaip pagrindinis paieškos ir gelbėjimo pajėgumas vadovaujantis teisės aktais šis laivas turės gebėti palaikyti ryšį su Jūrų gelbėjimo

koordinavimo centru krante bei tuo pačiu metu gebėti koordinuoti paieškai ir gelbėjimui priskirtus laivus ir orlaivius. Šiai užduočiai vykdyti PGTLT turi būti aprūpintas ne tik pagal GMDSS (angl. *Global Maritime Distress and Safety System* – globali jūrinės pagalbos ir saugumo sistema) A3 rajono reikalavimus bet ir turėti papildomas ryšių linijas, kad tinkamai galėtų vykdyti gelbėjimo operacijos koordinatoriaus pareigas. Apibendrinus galima teigti, kad laive turės būti papildomos ilgojo ir vidutinio nuotolio (HF ir MF) radijo stotys, ryšiui su JGKC palaikyti, bent dvi papildomos trumpojo nuotolio (VHF) radijo stotys kitiems laivams koordinuoti ir bent viena radijo stotis skirta ryšiui su orlaiviais. Šios papildomos stotys turėtų būti prieinamos gelbėjimo operacijos koordinatoriams, kurie turėtų būti atskirti nuo patalpų skirtų laivo valdymui.

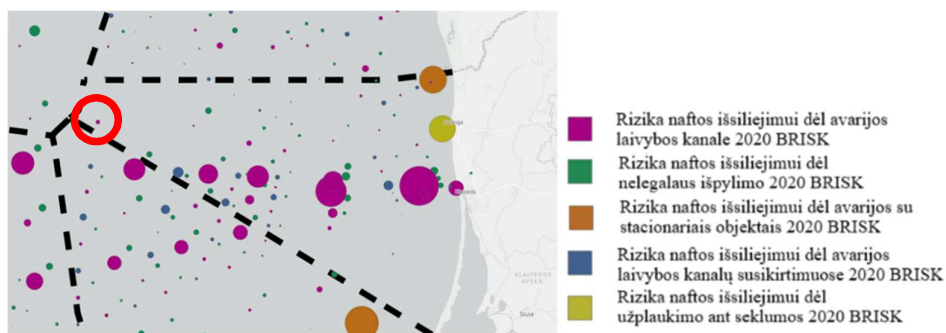
Iš konvencijos taršos incidentams likviduoti matoma, kad laivui turi būti keliamas reikalavimas išvykti į incidento vietą ne ilgiau kaip per 2 valandas, vadinasi, iš to kyla reikalavimas laivo įrangai, kad ją būtų galima paruošti darbui per trumpesnę nei dviejų valandų laikotarpį. Ypač tai svarbu tokiai įrangai, kaip varikliai, kurie turi būti nuolat laikomi tinkamoje darbinėje temperatūroje. Papildomai yra numatyta, kad laivas turi atvykti į incidento vietą jūros rajone per 6 valandas, o teršalus surinkti per 2 paras. Šie du konkretūs reikalavimai šiuo metu laivo techniniams reikalavimams įtakos neturi, tačiau nustačius labiausiai tikėtiną tolimiausią avarijos vietą, bus galima nustatyti, kokį minimalų greitį turi turėti PGTLT bei kiek ir kokios įrangos jam reiks teršalus surinkti per dvi paras.

Toliau vertinant reikalavimus greičiui bei nuvykimo laiką į incidento vietą, reikės atskirti dvi skirtingas operacijų rūšis, nes vadovaujantis tarptautinėmis sutartimis LR yra atsakinga už teršalų surinkimą tik savo IEZ, o gelbėjimo darbus privalo organizuoti daug didesnėje teritorijoje, kuri pavaizduota 6 paveiksle. Taigi modeliavimo programose, siekiant nustatyti atvykimo į incidento vietos laiką, bus naudojami du skirtingi scenarijai, vienas paieškos ir gelbėjimo bei antras teršalų likvidavimo scenarijus.

Analizuojant darbe pateiktus HELCOM duomenis ir palyginus 7 ir 8 paveikslus matoma, kad vadovaujantis BRISK vertinimu didžiausia teršalų išsiliejimo tikimybė yra ant pagrindinių laivybos kanalų arba arčiau kranto ar Būtingės naftos terminalo. Vertinant tai, kad ieškoma blogiausio scenarijaus, tai yra galimos incidento vietos, kuri būtų toliausiai nuo uosto vartų, parenkama mažiau tikėtina, tačiau tolimiausią galimą incidento vietą koordinatėse 55° 56,0' N 019° 02,0' E ir kuri parodyta 16 paveiksle.

Palyginus 7 ir 6 paveikslus matoma, jog LR paieškos ir gelbėjimo rajonas užsibaigia ties labai intensyviu jūros keliu. Todėl galima nustatyti, kad paieškos ir gelbėjimo darbai blogiausiu atveju turės būti vykdomi nuo vietos, kurios koordinatės sutinka su tolimiausiu paieškos ir gelbėjimo rajono kampu koordinatėje 56° 05,72' N 018° 01,12' E. Šis taškas bus

laikomas paieškos ir gelbėjimo operacijos paskutine žinoma dingusio objekto vieta, nuo kurios prasidės rajono skaičiavimo algoritmas. Taip pat vertinant paieškos ir gelbėjimo rajoną, reiktų atsižvelgti į faktą, kad šiame rajone bus plėtojamas ir vėjo jėgainių parkas, o tai vėlgi turi įtakos PGTL. Esant poreikiui atlikti gelbėjimo operacijas tarp vėjo jėgainių (objektų paieška, gaisro gesinimas, teršalų likvidavimas ir pan.), kurios yra pastatytos viena šalia kitos, kelia reikalavimą laivui būti itin manevringam ir gebėti išsilaikyti vienoje vietoje. Šis poreikis reiškia dar vieną reikalavimą PGTL, tai turėti dinaminio pozicionavimo sistemą, o tai reiškia, jog laivas turi būti ne tik greitas, bet ir itin manevringas.



16 pav. Parinkta taršos incidento vieta

Šaltinis: HELCOM: Map and data service, n.d.

Siekiant įvertinti įgulos narių skaičių laive, reiktų visų pirma siekti, kad laivo navigacija, valdymas ir sistemų priežiūra būtų kuo daugiau automatizuota, tam kad laivo įgula jūroje galėtų koncentruotis į gelbėjimo operacijas, skiriant laivo valdymui kiek įmanoma mažiau dėmesio. Šiam tikslui optimizuojant laivo įgulą pagal 7 lentelę turėtų būti nustatyti reikalavimai, kad laivo automatizacijos lygį atitiktų IP (visos iš anksto numatytos priemonės yra tokios, kad esama propulsinė įranga ir visi svarbiausi pagalbiniai mechanizmai būtų integruoti su elektros jėgaine ir galėtų veikti visais manevriniais režimais. Taip pat reikia pažymėti, kad visos sistemos turi būti valdomos iš tiltelio; propulsinėje sistemoje turi būti numatytas avarinis valdymas esant pagrindinio variklio gedimo atvejui (angl. *Integrated Power*)) ir IBS (įrengta integruota tiltelio sistema, su elektroninio jūrlapio sistema, navigacinio kelio planavimu ir automatinu šio kelio sekimu, taip pat centralizuotu navigacinės informacijos apdorojimu ir pavojaus signalų valdymu (angl. *Integrated Bridge System*)) lygius.

Nustačius sisteminius reikalavimus ir vadovaujantis 10 paveiksle pateikta matrica, galima sudaryti toliau pateikiamą įgulos užduočių lentelę (13 lentelė) su žmogaus–kompiuterio kompromiso matrica. Organizaciniai apribojimai taip pat atsispindi šioje lentelėje, nes padengtos visos pareigybės paminėtos, kaip minimalios įgulos pavyzdys 1.2.4. skyrelyje. Taip pat šiuo atveju techninės įrangos ir programinės įrangos analizė nereikalinga, nes jų tinkamumą

turės užtikrinti klasifikacinę bendrovę, nurodžius automatizavimo lygius IP ir IBS. Suskaičiavus minimalų įgulos poreikį, gaunamas dar vienas reikalavimas PGTL, turėti gyvenamųjų patalpų 18-kai įgulos narių, papildomai 2 vietas medikams. Iš viso reikalinga 20 miegamųjų vietų.

13 lentelė. Įgulos komplektavimo ir automatizavimo vertinimas

Užduotis	Atliekama žmogaus ar kompiuterizuota	Reikalingas žmonių skaičius vienai pamainai	Reikalingas pamainų skaičius	Ar gali atlikti kitas funkcijas
Vadovavimas	Žmogus	1	1	Ne
Laivo manevravimas	Žmogus	1	2	Ne
Navigacija	Žmogus	1	2	Ne
Laivo valdymas	Kompiuterizuota	0	-	-
Ryšio palaikymas	Žmogus	1	2	Ne
Gelbėjimo operacijos koordinavimas	Žmogus	1	2	Ne
Gyvybingumo sistemų monitoringas	Kompiuterizuota	0	-	-
Eigos sistemų monitoringas	Kompiuterizuota	0	-	-
Gedimų remontas	Žmogus	1	2	Ne
Maisto gaminimas	Žmogus	1	1	Ne
Gaisro gesinimo įrangos operatorius	Žmogus	2	1	Taip, kai nevyksta gesinimas
Valties nuleidimas	Žmogus	3	1	Taip, kai nevyksta valties nuleidimas
Valties valdymas	Žmogus	2	1	Taip, kai nereikia valties
Gelbėtojas plaukikas	Žmogus	1	1	Taip, kai nevykdo plaukimo
Teršalų surinkimas	Žmogus	3	1	Taip, kai nevyksta teršalų surinkimas
Medicininis gydymas	Žmogus	1–2	1	Ne, reikalingas specialus medicininis, ne jūrinis išsilavinimas

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus.

Apibendrinant faktorius, turinčius įtakos PGTL konceptui, dėl jam keliamų nacionalinių ir tarptautinių reikalavimų, vadovaujantis 2.5. poskyryje pateikta metodologija, galima sudaryti laivui keliamų reikalavimų apibendrinimo lentelę (14 lentelė). Čia gaunami du pagrindiniai duomenys, kurie reikalingi modeliavimo programoms ir penki papildomi techniniai reikalavimai laivo konceptui aprašyti. Panaudojant gautas pozicijas jūrlapyje, visų pirma bus nustatyti atstumai iki tų rajonų, o paskui panaudojant modeliavimo programų algoritmus nustatyti laivų greičiai esant sudėtingoms oro sąlygoms. Taip pat bus įvertinta, per kiek laiko parinkti laivai pasieks operacijų rajonus. Gautas laikas iki nurodytų pozicijų leis nustatyti, iki kokio dydžio išsiplės avariniai rajonai bei koks optimalus greitis būtų reikalingas, kad šie rajonai netaptų per dideli. Galutinai išsiaiškinus paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo rajonų dydžius, bus galima nustatyti laivo autonomiškumo poreikį, o tai turės įtakos degalų, vandens ir maisto atsargų kiekiui.

14 lentelė. PGTL kelių reikalavimų apibendrinimas

Faktorius	Ar faktorius reikalingas modeliavimo programai?	Faktoriaus maksimali ir vidutinė reikšmė	Nustatytas reikalavimas laivo konceptui
Tarptautinės konvencijos	Taip, TSVPM ir tiltelio simulatorius	Taršos rajono pozicija	
Tarptautinės konvencijos	Taip, PGO rajonui ir tiltelio simulatorius	PGO rajono pozicija	
Nacionaliniai reglamentai	Ne	-	Paruošimas eigai iki 2 val., įgulos darbingumui užtikinti laive turi būti įrengtos maitinimo ir laisvalaikio zonos.
Ryšių priemonės	Ne	-	GMDSS įranga, papildomai 1xHF, 1xMF, 2xVHF radijo stotys, AirVHF.
Atsakomybės rajonas	Ne	-	Laivas turi turėti dinaminio pozicionavimo sistemą.
Įgulos sudėtis	Ne	-	Laive turi būti užtikrintos sanitarinės ir gyvenamosios sąlygos 20 įgulos narių. Laivo automatizacijos lygis turi atitikti IP ir IBS lygius pagal Lloyd registro reikalavimus.
Bendradarbiavimas su kitais vienetais	Ne	-	Ryšių įranga pagal faktorių ryšių priemonės, bei gebėjimas bendradarbiauti su orlaiviu pagal faktorių vandens temperatūra.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus.

3.3. Laivo įrangos įtakos paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijoms vertinimas

Vadovaujantis ITOPF techninėmis gairėmis ir rekomendacijomis dėl pasirengimo ir reagavimo į naftos išsiliejimą, dėmesys turėtų būti sutelktas į avarijos poveikio aplinkai ir ekonomikai mažinimą, taikant veiksmingą reagavimo į taršą strategiją (O'Brien, 2002). Visų pirma turėtų būti parengti Valstybiniai nenumatytų naftos išsiliejimo atvejų planai (angl. *Oil Spill Contingency Plans* – OSCP), kuriuose turėtų būti nurodytos reagavimo strategijos, vaidmenys ir atsakomybė bei ryšių palaikymo procedūros. Strategija turėtų būti grindžiama daugiapakopiu reagavimo metodu, tai yra reagavimas trimis lygmenimis:

- 1 pakopa (išsiliejimas iki 7 tonų): lokalus reagavimas į nedidelius išsiliejimus (laivo arba šalimais esančiais pajėgumais);
- 2 pakopa (išsiliejimas tarp 7 ir 700 tonų): regioninių išteklių pasitelkimas vidutinio dydžio išsiliejimas;
- 3 pakopa (virš 700 tonų): tarptautinė parama didelių arba katastrofinių išsiliejimų atveju.

Vis dėlto reikėtų prisiminti, kad Lietuva turi tik vieną uostą, tai PGTL turėtų gebėti padengti tiek pirmą, tiek antrą pakopas. Be to reikėtų atkreipti dėmesį, kad vadovaujantis ITOPF gairėmis nėra reikalaujama, kad vienas konkretus laivas turėtų galimybę surinkti visus 700 tonų išsiliejusių teršalų. Dokumente labiau pabrėžiama, kad Valstybė turėtų užtikrinti, jog

strateginėse vietose būtų papildomas svarbiausios įrangos rezervas, pavyzdžiui, užtvėrimo bonų, skimerių, dispersantų purkštuvų ir laikino saugojimo talpyklų. O specializuoti laivai turi turėti galimybę panaudoti kuo didesnę spektrą teršalų surinkimo metodų, juos prioretizuojant taip:

- pirmenybė teikiama mechaniniams surinkimo metodams (bonos ir skimeriai), kad poveikis aplinkai būtų kuo mažesnis;
- antroje vietoje naudojant dispersantus tik tais atvejais, kai tai tinkama aplinkosauginiu požiūriu;
- paskutinėje vietoje pasitelkiant deginimą, tačiau kontroliuojamo naftos deginimo galimybę pasitelkiant tik kaip kraštutinę priemonę konkrečiomis sąlygomis ir gavus atitinkamą leidimą.

Tiek ITOPF (ITOPF LIMITED, 2024), tiek HELCOM (Alcaro et al., 2021) savo publikacijose nenurodo konkrečių reikalaujamos įrangos techninių parametrų, tačiau trumpai išdėsto poziciją, kad specializuoto laivo įranga turėtų būti adekvati. Atsižvelgiant į tai ir 1.3.1. skyrelio analizę, galima daryti išvadą, kad PGTL, kaip regioninis pajėgumas, turės turėti visus teršalų surinkimo būdus su 700 t teršalų surinkimo rezervuaru. Tai reiškia, kad laive turės būti kranas, bonos, surinkimo rankos, skimeriai (šepetinis ir diskinis). Optimalūs šių priemonių kiekiai nustatomi paėmus vidutinę Baltijos jūros šalių PGTL laivų reikšmę. Apibendrinant galima teigti, kad kranas turėtų būti 12 t keliamosios galios, laive turėtų būti 600 metrų jūrinių bonų, 2 surinkimo rankos (šių rankų aprėpties plotis bus apskaičiuotas vėliau, nustatčius bendrą teršalų pasklidimo plotą), skimeriai turėtų būti 100 m³/h (šepetinis) ir 110 m³/h (diskinis) galingumo.

Pateikiant 1.3.2. skyrelio vertinimą reikėtų apžvelgti ne tik teršalų surinkimą ar žmonių paiešką jūroje, bet ir kitus galimus incidentus jūroje. Nors PGTL pagrindinė funkcija yra gelbėti žmones, tačiau esant tam tikriems atvejams reiktų nepamiršti, kad jūroje paliktas nevaldomas laivas ar kitas įrenginys vėliau gali pridaryti papildomos žalos kitiems žmonėms ar infrastruktūrai. Išnagrinėjus 11 paveikslą, galima teigti, kad incidentų, susijusių su konkrečiai skęstančiu žmogumi jūroje buvo tik 1,78 %, o tuo tarpu incidentų, susijusių su laivo nevaldymu buvo žymiai daugiau, net 72,60 %. Įvykus tokiems incidentams pagrindinė pagalba, kurią gali suteikti PGTL, būtų laivo buksyravimas į saugią vietovę. Šiam tikslui prie PGTL reikalavimų reikėtų pridėti ir buksyravimo funkciją. Vadovaujantis Valstybės duomenų agentūra (2024), į Klaipėdos uostą atplaukusių ir iš jo išplaukusių tarptautinių laivų duomenimis per 2024 metus Klaipėdos uoste apsilankė 1410 skirtingų laivų, kurių talpa buvo virš 500 GT. Šių laivų vidutinė matematinė talpa yra 18646 GT, tam kad PGTL galėtų užtikrinti tokio laivo buksyravimą esant sudėtingoms hidrometeorologinėms sąlygoms (pagal

prieš tai analizuotus duomenis 8 balų pagal Boforto skalę arba esant 19 m/s vėjui), skaičiuojant pagal Hensen (2003) pateiktą formulę, reikėtų, kad PGTLT turėtų tokią traukiamąją galią:

Laivo talpa (GT): 18646 GT.

Apskaičiuojamas preliminarus laivo tonažas:

$$1,5 \times GT = 1,5 \times 18646 = 27696 \text{ t} \quad (34)$$

Preliminarus tokio laivo plotas virš vandens: 3100 m².

Vėjas (V_w): 19 m/s.

Oro tankis (ρ_w): 1,225 kg/m³.

Aerodinaminis koeficientas (C_d): 1,3.

Propulsinės sistemos naudingumo faktorius (η): 0,85.

Skaičiuojama vėjo įtaka pagal formulę:

$$F_w = 0,5 \times C_d \times A_w \times \rho \times V_w^2 \quad (35)$$

$$F_w = 0,5 \times 1,3 \times 3100 \times 1,225 \times 19^2 = 960989 \text{ N (961 kN)}$$

Skaičiuojama vilkimo galia BP:

$$BP = \frac{F}{\eta} = \frac{961}{0,85} = 1131 \text{ kN arba } 113 \text{ t} \quad (36)$$

Susumavus galima teigti, kad PGTLT vilkimo galia turėtų būti 113 tonų.

Tęsiant incidentų analizę praleidžiami įvykiai, susiję su žmogaus sveikata, nes pagal įgulos sudėtį laive yra numatytas vienas arba du medikai, kurie turėtų būti kvalifikuoti suteikti pagalbą esant įvairioms situacijoms jūroje. Be to, praleidžiamas skendimas ant ledo, nes anksčiau jau išaiškinta, kad LR atsakomybės rajone jūra neužšąla, o už gelbėjimo darbus uoste atsako Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija (Valstybės žinios, 1998). Tai dar vienas atvejis į kurį turėtų būti atsižvelgta, jei kiltų gaisras arba sprogimas. Tuomet galima daryti išvadą, kad PGTLT turėtų turėti įrangą pritaikytą kitų laivų gesinimui. Remiantis HELCOM komisijos rekomendacija 28E/12 (HELCOM, 2007) avarinio gesinimo pajėgumui užtikrinti specialieji laivai privalo turėti 1 klasės kovos su gaisru įrangą, pagal Norvegijos klasifikacinės bendrovės taisyklės (angl. *Fire Fighters class 1 iaw DNV*). Šios taisyklės nurodo, kad FF 1 klasės laivai yra skirti profesionalioms priešgaisrinėms operacijoms – gaisrų gesinimui, konstrukcijų aušinimui ir žmonių gelbėjimui pramoninėje ar jūrinėje aplinkoje. Kad atitiktų šią klasę, laivas privalo turėti bent 2400 m³/val. galingumo priešgaisrinį vandens siurbį, kuris tiekėtų vandens bent 1000 m³/val. vienam stacionariam švirkštui ir tokių švirkštų turėtų būti bent du. Šie švirkštai turi gebėti gesinti ugnį 120 m atstumu ir 45 metrus į aukštį. Laivas taip pat turi būti aprūpintas putokšlio sistema, skirta gesinti naftos ir chemijos produktams.

Vertinant incidentus, kai žmonės dingo be žinios, vertėtų paanalizuoti 2015 metais LR atsakomybės rajone įvykusią tragediją, kada iš Švedijos į Lietuvą skridęs AN-2 lėktuvas dingo virš Baltijos jūros ir buvo rastas tik po maždaug keturių dienų, nors preliminari pozicija buvo

žinoma jau po dviejų dienų. Šis įvykis yra geras pavyzdys, kad paieška kartais turi būti vykdoma ir po vandenių (Lietuvos Respublikos Seimas, 2015). Iš avarijos tyrimo išvados matoma, kad gelbėjimo operacijoje dalyvavę laivai ir orlaiviai negalėjo nustatyti kur ir kokiomis aplinkybėmis yra dingęs ieškomas lėktuvas tol, kol į pagalbą nebuvo pasitelktas Karinių jūrų pajėgų priešmininis laivas M54 „Kuršis“, nutraukiant tuo metu vykusią tarptautinę išminavimo operaciją. M54 laivas yra aprūpintas povandeninių objektų paieškai skirtu sonaru, kuris yra įmontuotas į laivo korpusą, o povandeninių objektų identifikavimui laive yra vaizdo kameromis aprūpinti povandeniniai robotai. Taigi, ieškant optimalaus dizaino PGTLL, kuris galėtų vykdyti plataus spektro užduotis jūroje, reikėtų laivą aprūpinti tempiamu šoninio matymo sonaru (toks tempiamas sonaras yra geresnė ir greitesnė alternatyva korpuse įmontuotam sonarui), bei nuotoliu valdomu povandeniniu robotu – ROV (Grzadziel, 2022). PGTLL aprūpintas tokia technika ne tik sutrumpintų laiką vykdant paieškas, bet ir padidintų galimybę išsaugoti žmonių gyvybes esant įvairiems povandeniniams incidentams.

Įvertinus naftos surinkimo, incidentų analizės ir kitų šalių patirties faktorius galima daryti išvadas, kiek ir kokio tipo papildomos įrangos turėtų turėti PGTLL bei kokie reikalavimai turėtų būti jiems keliami. Pasitelkiant šią informaciją sudaryta įrangos vertinimo lentelė (15 lentelė).

15 lentelė. PGTLL įrangos vertinimas

Faktorius	Ar faktorius reikalingas modeliavimo programai?	Faktoriaus maksimali ir vidutinė reikšmė	Nustatytas reikalavimas laivo konceptui
Naftos surinkimo įranga	Taip, TSVPM	Išsiliojusio teršalų kiekis 700 t	12 t kranas, 2 surinkimo rankos, 600 m bonų, šepetinis skimeris 100 m ³ /h, diskinis skimeris 110 m ³ /h.
Incidentų analizė	Ne	-	Buksyravimo pajėgumas su BP 113 t, gaisro gesinimo FF 1 klasės įranga, tempiamas šoninio matymo sonaras (SSS), nuotolinio valdymo povandeninis robotas (ROV).
Kitų šalių patirtis	Ne	-	-

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus.

Šiame poskyryje, įvertinus laivo įrangos įtaką operacijoms, gaunamas visas įrangos ir pajėgumų sąrašas, kuriuo reikės aprūpinti PGTLL siekiant optimalaus dizaino. Taip pat surinkti visi reikiami duomenys simuliacijos programoms tam, kad galėtų būti nustatytos likusios laivo charakteristikos ir sudarytas optimalaus dizaino aprašas.

3.4. Duomenų, sugeneruotų tiltelio simulatoriuje, vertinimas

Atsižvelgiant į tai, kad simulatoriuje pateikiamų laivų modelių skaičius yra ribotas, buvo pasirinkti du laivai pagal savo dydį, greitį ir funkcijas labiausiai panašūs į kaimyninių

Baltijos jūros valstybių laivus. Šių dviejų laivų korpusų ir propulsinės sistemos skirtingi konceptai leido gauti platesnį spektrą duomenų, kuriuos bus galima analizuoti ir vertinti. Pakrančių apsaugos laivo (toliau – PAL) konceptas skirtas pasiekti didesnę greitį, tačiau turintis mažesnę vandentalpą, o jūrinės infrastruktūros aprūpinimo laivo (toliau – JIAL) konceptas skirtas lėtesniam, bet tiksliam manevravimui ir krovos darbams jūroje atlikti, jo vandentalpa yra daug didesnė, tai leidžia tokio tipo laivui gabenti daugiau krovinių. Šių laivų pagrindiniai techniniai duomenys pateikiami 16 lentelėje, o visa manevrinė informacija A priede.

16 lentelė. Parinktų laivų techniniai duomenys

Nuotrauka	Techniniai duomenys
	JIAL: Ilgis 93,5 m Plotis 22 m Vandentalpa 8800 t Greitis 14,4 mzg. Variklių galia 2×2200 kW Propulsija: azimutiniai elektros varikliai
	PAL: Ilgis 65,9 m Plotis 10,7 m Vandentalpa 835 t Greitis 21,5 mzg. Variklio galia 1×5500 kW Propulsija: fiksuoto žingsnio sraigtas

Šaltinis: A priedas.

Siekiant nustatyti šių laivų galimybes, tiltelio simulatoriuje modeliavimas buvo atliekamas keturis kartus. Tai reiškia, kad buvo modeliuotas tranzitas į PGO rajoną esant blogiausiomis oro sąlygoms ir vidutinėmis oro sąlygoms suvedant hidrometeorologines reikšmes iš 12 lentelės. Taipogi buvo modeliuotas ir tranzitas į teršalų likvidavimo vietą. Tolesnei analizei reikalingi duomenys pateikiami 17 lentelėje, o gauti duomenys iš simulatoriaus pateikti B priede.

Trumpai apibendrinus galima teigti, kad PAL laivas dėl savo mažesnio dydžio, greičiui pritaikyto laivo korpuso ir propulsijos dizaino yra greitesnis ir numatytus rajonus pasieks per trumpesnę laiką. Tačiau būtina atkreipti dėmesį į 4 paveikslą, kur matyti, kad žmogus vandenyje, esant nepalankiausiomis hidrometeorologinėms sąlygoms, gali išbūti tik iki 4 valandų, tai čia gaunamas dar vienas pagrindimas, kad esant poreikiui gelbėti žmogų, tektų pasitelkti tik sraigtasparnį, kuris gebėtų atvykti į PGO rajoną per priimtina laiką, o laivas galėtų būti pasitelktas tik paieškai, esančiai arčiau uosto, arba esant poreikiui ieškoti gelbėjimosi plausto ar kitų dreifuojančių priemonių, kurių negalėtų pakelti sraigtasparnis ir kuriose žmogui negrėstų hipotermija. Jeigu paieškai ir gelbėjimui nėra nustatytas konkretus atvykimo laikas,

tai teršalų likvidavimo operacijai keliamas konkretus reikalavimas – atvykti į operacijos rajoną per 6 valandas nuo išvykimo (2 valandų pasiruošimo laikas nėra skaičiuojamas į šį laiką). Iš simuliacijos rezultatų galima daryti išvadą, kad JIAL nespėtų atvykti į teršalų rajoną per 6 valandas, o PAL galėtų įveikti šį atstumą per nustatytą periodą. Interpoliacijos būdu galima nustatyti, kad JIAL norėdamas atvykti į teršalų likvidavimo vietą, turėtų gebėti užtikrinti 10,6 mzg. greitį grunto atžvilgiu, esant 8 Boforto balų vėjui ir bangoms.

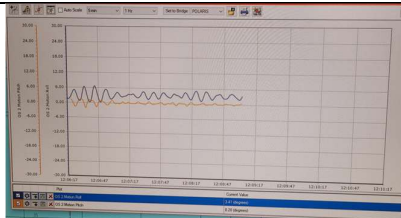
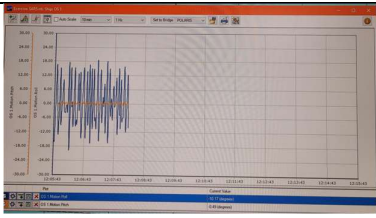
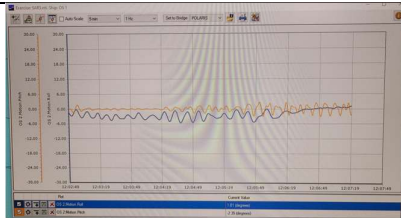
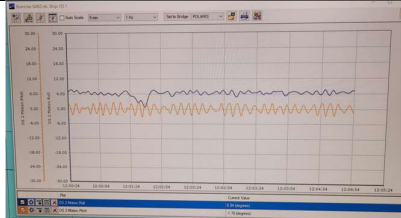
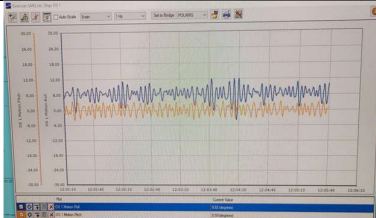
17 lentelė. Tiltelio simulatoriaus duomenys

Laivo tipas	Greitis virš grunto	Greitis vandenyje	Tranzito laikas	Pasiruošimo laikas
Tranzitas į PGO, blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis				2 val.
JIAL	7,9 mzg.	8,6 mzg.	11 val. 45 min.	
PAL	13,9 mzg.	15,4 mzg.	7 val. 20 min.	
Tranzitas į PGO, vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis				
JIAL	10,4 mzg.	10,7 mzg.	10 val.	
PAL	17,5 mzg.	17,4 mzg.	6 val.	
Tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną, blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis				
JIAL	8,5 mzg.	8,1 mzg.	8 val.	
PAL	12,7 mzg.	15,8 mzg.	5 val.	
Tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną, vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis				
JIAL	9,9 mzg.	10,1 mzg.	6 val. 45 min.	
PAL	17,3 mzg.	16,8 mzg.	4 val.	

Šaltinis: B priedas.

Nustačius laivų atvykimo laikus į paskirtus rajonus, papildomai buvo atlikti laivų manevringumo bandymai bei stabilumo matavimai. Manevringumas laivui reikalingas norint išlaikyti laivą vienoje vietoje, kol denio įgula vykdo darbus už borto arba esant poreikiui apžiūrėti jūrinę infrastruktūrą ar vykdant teršalų surinkimo darbus. Stabilumas yra reikšmingas vykdant kėlimo darbus, nes kuo didesnis laivo išilginis ar šoninis siūbavimas, tuo darbai yra pavojingesni ar netgi neįmanomi. Simulatoriuje NTPRO 5000 laivo vietos palaikymo (angl. *Dinamic Positioning*) funkcija nėra įdiegta, todėl bandymas buvo atliekamas patyrusio operatoriaus, laivą valdant rankiniu būdu. Rezultatai parodė, kad JIAL konceptas su azimutiniais elektros varikliais esant blogiausiomis hidrometeorologinėms sąlygoms gebėjo išsilaikyti vienoje vietoje, turėdamas minimalų 0,7 mzg. judėjimą pirmyn ar atgal (paveikslas B25). PAL turėdamas tik fiksuoto žingsnio sraigta nesugebėjo išstovėti vietoje ir pirmyn ar atgal turėjo virš 7,3 mzg. greitį (paveikslas B26). Laivų stabilumo matavimai buvo atliekami trimis skirtingais būdais: laivui dreifuojant (neturint eigos), laivui atliekant dinaminį pozicionavimą bei atliekant tranzitą pilnu greičiu į priskirtą rajoną. Šių matavimų rezultatai pateikiami 18 lentelėje.

18 lentelė. Stabilumo matavimų rezultatai

Bandymo būdas	JIAL	PAL
Be eigos		
Dinaminis pozicionavimas		
Pilna eiga		

● - šoninis siūbavimas

● - išilginis siūbavimas

Šaltinis: B priedas.

Palyginus gautus matavimus, galima aiškiai pastebėti, kad PAL yra palyginti stipriau veikiamas bangų, ypač kai laivas yra be eigos ar atliekant dinaminį pozicionavimą, jo šoninis siūbavimas svyruoja nuo 18° iki -18° , o JIAL išsilaiko gana stabilus su iki $4,5^\circ$ siūbavimu. Čia taip pat yra svarbus ir siūbos dažnumas, nes retesnė siūba užtikrina stabilumą kranui, esant poreikiui atlikti kėlimo / gelbėjimo darbus. Apibendrinant šį poskyrį galima teigti, kad JIAL dizainas, dėl jo pločio, ilgio ir propulsinės sistemos, yra labiau pritaikytas darbams esant nepalankioms hidrometeorologinėms sąlygoms. Taip pat tokio tipo laivas, turėdamas 10,6 mzg. greitį grunto atžvilgiu, galėtų pasiekti teršalų surinkimo vietą per reikiamą laiko tarpą. O PAL esant poreikiui gali pasiekti reikiamus rajonus daug greičiau, bet jo gebėjimas vykdyti gelbėjimo ir krovos darbus esant tokioms sąlygoms yra gerokai apribotas, o tai esant nepalankioms hidrometeorologinėms sąlygoms ribotų jo gebėjimą atlikti savo funkcijas.

3.5. Paieškos ir gelbėjimo rajono dydžio nustatymas ir vertinimas

Gavus rezultatus iš simulatoriaus, visi reikalingi duomenys, gelbėjimo darbų rajonams paskaičiuoti, yra žinomi. Kaip minėta anksčiau, skaičiavimams naudojami duomenys iš 12 lentelės, paieškos ir gelbėjimo objektu laikomas 4–6 asmenų plaustas, o paskutinė žinoma vieta laikomas tolimiausias paieškos ir gelbėjimo rajono kampas koordinatėje $56^\circ 05,72' N 018^\circ$

01,12' E. Vadovaujantis 2.3. poskyryje pateikta metodika apskaičiuojami gelbėjimo rajonai, abiem laivams, esant blogiausioms ir vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms. Surinkus ir surašius visus duomenis, skaičiavimas pradamas nuo paskutinės žinomos pozicijos atidėjimo, iš ten brėžiamas srovės vektorius. Nuo srovės vektoriaus pabaigos skaičiuojamas ir atidedamas vėjo jėgos poveikio vektorius, kuris pirmame skaičiavime sutampa su srovės, nes Baltijos jūroje pučiant stipriam vėjui srovė susidaro vėjo pūtimo kryptimi, vadinasi šie du dydžiai sudedami ir taip gaunamas galutinis dreifo vektorius. Pasinaudojus šio vektoriaus ilgiu nustatomas pirmasis, PGO rajono tikėtinas spindulys. Kiti du spinduliai gaunami prie vėjo dreifo kurso atitinkamai pridėjus ir atėmus kurso paklaidas. Nuo šių galutinių dreifo vektorių taip pat paskaičiuojami PGO spinduliai. Ant jūrlapio nubrėžus visus rajonus, jie apjungiami kvadratu ir išmatuojamas šio rajono dydis. Toliau, pasinaudojant koreguoto paieškos pločio formule, nustatomas paieškos plotis, kuris visiems keturiems scenarijams bus vienodas, nes priklauso nuo matomumo bei hidrometeorologinių sąlygų. Rajono plotį padalinus iš paieškos pločio gaunamas skaičius, kuris pasako kiek kartų per rajoną laivui teks praeiti, kad padengtų visą plotą ir reikiamu tikslumu išžvalgytų avarijos vietą. Kelių skaičių padauginus iš rajono ilgio gaunamas visas atstumas, kurį turės gebėti įveikti PGTL. Turint simuliuotą laivo greitį bus paskaičiuota, kiek laiko tokia PGO galėtų užtrukti. Visų scenarijų skaičiavimai ir jūrlapių atvaizdavimai pateikti C priede, o gauti rezultatai apibendrinti ir surašyti į 19 lentelę.

19 lentelė. PGO rajono skaičiavimo rezultatai

Laivo tipas	Rajono dydis (jm)	Laivo greitis (mzg.)	Kelių skaičius (vnt.)	Atstumas rajone (jm)	Atvykimo laikas (val.)	Operacijos laikas (val.)
PGO rajonas esant blogiausioms hidrometeorologinėms sąlygoms						
JIAL	30 × 40	7,9	27	1080	13,75	137
PAL	21 × 26	13,9	19	494	9,33	36
PGO rajonas esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms						
JIAL	9 × 10	10,4	8	80	12,00	8
PAL	5 × 7	17,5	5	35	8,00	2

Šaltinis: C priedas.

Iš apskaičiuotų duomenų galima daryti išvadą, kad PGO rajonui labai didelę reikšmę turi srovė, kuri išplečia paieškos plotą. Palyginus rajonus esant blogiausioms ir vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms gaunamas labai ženklus skirtumas, nors atvykimo laikai į rajoną ir nėra reikšmingai skirtingi. Esant tokioms nepalankioms sąlygoms, visuomet reikėtų vertinti galimybę paieškai ir gelbėjimui panaudoti sraigtasparnį, nes kaip matoma, tiek atvykimo, tiek paieškos laikai yra ganėtinai ilgi. Tokiu atveju, kaip jau minėta, PGTL turi turėti galimybę dirbti su sraigtasparniu, o jo pagrindinė užduotis būtų atvykti į paieškos rajoną ir vykdyti darbus nesusijusius su žmogaus gyvybės gelbėjimu arba būti masinės evakuacijos platforma. Kaip jau išsiaiškinta incidentų analizėje šie darbai gali būti susiję su gaisrų gesinimu,

buksyravimu, potencialių pavojingų daiktų iškėlimu ir panašiai. Todėl tokiam laivui ypač svarbu stabilumas ir gebėjimas vykdyti krovos darbus.

Reikėtų atkreipti dėmesį, kad esant ypač nepalankioms sąlygoms (ne tik oro, bet tarkime sraigtasparnio gedimui ar apriboto greičio) paieškos rajonas gali patapti ypač didelis, o jo apžiūra gali užtrukti ir beveik šešias paras. Todėl siekiant pasiruošti blogiausiam scenarijui reikėtų PGTL kelti autonomiškumo reikalavimą, kuris leistų laivui operuoti jūroje be papildomo aprūpinimo 6 paras ir įveikti 1200 jmi (1080 jmi PGO rajone ir 102 jmi iki PGO rajono). Paprastai tokie reikalavimai turi įtakos ne tik degalų atsargoms, bet ir atitinkamoms maisto atsargoms ir jų laikymo sąlygoms, geriamo vandens atsargoms ir panašiai.

Apibendrinant šį poskyrį, galima teigti, kad PGO atliekant pasitelkiant laivą, esant sudėtingoms hidrometeorologinėms sąlygoms, reiktų suvokti, kad tokia operacija užtruks ilgai. Todėl esant neatidėliotinam pavojui žmogaus gyvybei, privaloma naudoti sraigtasparnį, o laivą pasitelkti kaip aprūpinimo platformą. Tai pagrindinės laivui keliamos užduotys bus susijusios su kėlimo, gesinimo ir tempimo darbais. Tokio laivo autonomiškumas turėtų būti 6 paros ir 1200 jmi.

3.6. Taršos sklaidos vandens paviršiuje modeliavimo vertinimas

Išsipylusių naftos produktų sklaidai nustatyti bus naudojama HELCOM organizacijos sukurta TSVPMP. Ši specializuota programinė įranga leidžia analizuoti išsiliejusių naftos produktų elgseną jūroje, atsižvelgiant į įvairius fizinius ir cheminius parametrus bei esamas aplinkos sąlygas. Pagal 2 skyriuje aprašytą metodologiją matoma, kad sklaidai nustatyti programoje būtina įvesti teršalų išsiliejimo geografinę poziciją, tikslų išsiliejusių teršalų kiekį bei vidutinį vandens gylį toje vietoje, kur įvyko incidentas. Šie duomenys, yra būtini, kad programa galėtų generuoti patikimą ir moksliniais principais pagrįstą sklaidos prognozę.

Atsižvelgiant į tai, kad programa naudoja tik realias hidrometeorologines sąlygas, būdingas konkrečiai vietai ir laikotarpiui, nebus galimybės simuliuoti teorinių šiame darbe nustatytų sąlygų. Taip pat užduotis bus pasunkinta ir tuo, kad programa turi prieinamą tik paskutinių 14 dienų hidrometeorologinių sąlygų duomenų bazę. Šiam tikslui nustatomos, paskutinių 14 dienų, hidrometeorologinės sąlygos Lietuvos Respublikos atsakomybės rajone Baltijos jūroje. Duomenys pateikiami 17 paveiksle, kur galima matyti, kaip oro sąlygos keitėsi per analizuojamą laikotarpį.

Data.	Vėjo greitis (mzg.)												Vėjo kryptis												Temperatūra (°C)											
	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
25.03.2025	5	5	6	8	9	11	12	13	11	11	12	10	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	
26.03.2025	12	15	14	14	10	8	7	6	5	6	6	8	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
27.03.2025	8	6	3	3	4	5	5	8	10	10	10	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
28.03.2025	13	14	13	13	12	13	12	10	7	5	6	9	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	5	4	4	4	5	4	5	5	5	6	6	
29.03.2025	10	10	10	9	11	11	10	9	7	6	7	9	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	6	6	5	5	5	7	8	8	8	9	9	8
30.03.2025	10	11	10	8	8	6	3	6	5	3	4	2	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	7	6	6	5	6	5	6	5	5	5	5	5
31.03.2025	3	2	3	6	7	6	6	9	11	12	14	11	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	5	5	5	5	5	6	7	7	6	5	5	5
01.04.2025	11	11	9	9	9	8	10	9	11	13	14	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5	5	5	5	5	6	8	9	9	9	8	7
02.04.2025	10	11	9	10	9	9	9	9	11	13	14	11	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6	6	5	4	4	6	8	9	9	9	8	7
03.04.2025	10	8	7	6	6	5	7	8	8	7	6	7	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↘	↘	7	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6
04.04.2025	10	13	12	9	9	12	11	17	15	19	16	14	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	6	7	6	6	5	7	7	7	6	5	4	4
05.04.2025	13	15	21	20	23	26	26	27	27	24	24	22	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	1
06.04.2025	19	18	18	17	15	17	14	15	20	22	18	14	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0	-0	-1	-1	-1	1	2	3	3	3	3	1

17 pav. Hidrometeorologinės sąlygos 2025-03-25 – 2025-04-06

Šaltinis: Windguru: Archive, 2025.

Iš duomenų, pateiktų 17 paveiksle, galima nustatyti, kad artimiausios sąlygos, darbe nustatytoms vidutinėms oro sąlygoms, buvo 2025-03-28, kai pūtė pietvakarių vėjas tarp 12–14 mzg. greičio. Tai periodas tarp 04 ir 12 val. bus naudojamas naftos sklidimui modeliuoti esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms. Kadangi šiuo periodu nebuvo hidrometeorologinių sąlygų, atitinkančių blogiausias nustatytas sąlygas, palyginimui bus panaudoti 2025-04-05 dienos duomenys, kai vėjas tarp 10 ir 18 val. pūtė 24–27 mzg. greičiu. Nors tuo metu pūtusio vėjo kryptis nėra reikiama ir išsiliejusios naftos sklaida vyks kita kryptimi, tačiau čia yra svarbiau nustatyti sklaidos dydį, o ne kryptį į kurią naftos dėmė dreifuos ir sklis.

20 lentelė. Taršos sklaidos modeliavimo rezultatai

Laivo tipas	Rajono ilgis, jkm (m)	Rajono plotis, jkm (m)	Rajono plotas, m ²	Teršalų surinkimo rankų aprėptis, m
Teršalų rajonas esant blogiausiomis hidrometeorologinėms sąlygoms				
JIAL	3,7 (6 900)	0,8 (1 500)	10 400 000	40
PAL	2,5 (4 600)	0,7 (1 300)	5 980 000	23
Teršalų rajonas esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms				
JIAL	2,5 (4 600)	0,2 (400)	1 800 000	7
PAL	1,5 (2 800)	0,2 (400)	1 100 000	4

Šaltinis: D priedas.

Modeliavimui atlikti programoje suvedamos incidento koordinatės, kurios buvo nustatytos anksčiau, 3.2. poskyryje ir kurios yra 55° 56,0' N 019° 02,0' E. Vadovaujantis elektroniniu jūrlapiu nustatomas apytikslis gylis šioje vietoje, kuris yra 80 metrų. Sistemoje nustatoma, kad incidento pradžios laikas yra 2025-03-28 04:00 val. (vidutinės hidrometeorologinės sąlygos) ir 2025-04-05 10:00 val. (blogiausios hidrometeorologinės sąlygos). Incidento laiko pabaiga bus laikomas laivo atvykimo į vietą laikas, kuris kiekvienam atvejui gaunamas iš 17 lentelės, taip pat šie atvykimo laikai, dėl sistemos dizaino, apvalinami iki pilnų valandų. Kaip nustatyta 3.3. poskyryje, matoma, kad išsiliejusios naftos kiekis yra

700 tonų. Gauti skirtingų modeliavimų rezultatai pateikti D priede, o apibendrinimas pateikiamas 20 lentelėje.

Pagal Saugumo ir aplinkosaugos užtikrinimo biurą (Bureau of safety and environmental enforcement, 2015) norint įvertinti kaip greitai bus galima išvalyti tam tikrą užterštą plotą, naudojamos užteršto ploto aprėpties, operacinio periodo (angl. *Area Coverage Operational Period* – AOP) formulės, kurios padeda apskaičiuoti kiek laiko užtruktų užteršto ploto valymo darbai:

$$AOP = PA \div ACR \quad (37)$$

$$ACR = swath \times speed \quad (38)$$

čia: *PA* – bendras užterštas plotas, m²; *swath* – taršos incidento likvidavimo įrangos mostas, m; *speed* – taršos incidentų likvidavimo įrangos maksimalus vilkimo greitis m/s; *ACR* – ploto aprėpties rodiklis (angl. *Area Coverage Rate*).

Remiantis 1.2.1. skyreliu, matomas reikalavimas surinkti išsiliejusius teršalus per 2 paras, tai yra 48 valandas, o Saugumo ir aplinkosaugos užtikrinimo biuro (2015) teigimu naujausios surinkimo sistemos gali užtikrinti 3 mzg. (1,5 m/s) surinkimo greitį. Tai įstačius visus žinomus duomenis į (37) ir (38) formules, gaunamas PGTLT surinkimo rankų aprėpties plotas, kuris užtikrins 700 t naftos produktų surinkimo laiką, per konvencijos reikalaujamą laiko tarpą. Skaičiavimai pateikiami D priede, o gauti duomenys pateikti 20 lentelėje. Išanalizavus galima teigti, kad PGTLT esant blogiausiam scenarijui turi būti aprūpintas teršalų surinkimo įranga, kurios mostas būtų 40 m pločio. PGTLT turėdamas tokio pločio įrangą ir atvykęs į teršalų likvidavimo rajoną greičiau ar esant palankesnėms hidrometeorologinėms sąlygoms, gebės užtikrinti greitesnį teršalų surinkimą. Kaip matoma 20 lentelėje sklaidos plotas stipriai skiriasi esant palankesnėms hidrometeorologinėms sąlygoms, todėl teršalai būtų surinkti greičiau ir efektyviau.

3.7 Paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo techninių charakteristikų apibendrinimas

Siekiant užtikrinti naujojo LK KJP paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo optimalų dizainą, šiame darbe buvo modeliuotos situacijos ir analizuoti rezultatai, pasitelkiant dviejų laivų JIAL (jūrinės infrastruktūros aprūpinimo laivas) ir PAL (pakrančių apsaugos laivas) simuliacijas. Apibendrinant šių laivų techninius duomenis, Baltijos jūros šalių praktiką ir gautus matematinių skaičiavimų bei simuliacijų rezultatus sudaroma optimalaus PGTLT techninių charakteristikų lentelė (21 lentelė), kuri galėtų būti naujai įsigyjamo laivo, operacinių reikalavimų dokumento pagrindu.

21 lentelė. Optimalaus PGTL techninės charakteristikos

Ilgis	apie 90 m	Laivo ilgis reikalingas, kad būtų galima sutalpinti reikiama įranga, gyvenamąsias patalpas ir užtikrinti stabilumą.
Plotis	≥ 20 m	Svarbu stabilumas esant didelėms bangoms.
Vandentalpa	≥ 8000 t	Užtikrina plūdrumą, stabilumą ir reikiamą vietą teršalų surinkimui.
Greitis	≥ 15 mzg. (arba 10,6 esant 8 balų vėjui ir bangoms)	Užtikrins laivo atvykimą į incidento vietą per priimtina laiką.
Autonomija	≥ 6 parų ir ≥ 1200 jmi	
Paruošimas eigai	iki 2 val.	Užtikrins teisės aktų reikalavimų vykdymą.
Ledo klasė	Ne mažesnė kaip 1C	Dėl poreikio operuoti Klaipėdos uoste.
Variklio galia	$\sim 2 \times 2500\text{--}3000$ kW	Turi užtikrinti laivo greitį $\geq 10,6$ mzg. esant 8 balų vėjui ir bangoms.
Propulsija	Azimutiniai elektros varikliai ir povairis	Turi užtikrinti laivo dinaminį pozicionavimą esant 8 balų oro sąlygoms ir 2 mzg. srovei.
Buksyravimo galia (BP)	≥ 113 t	
Šepetinis skimeris	≥ 100 m ³ /h	
Diskinis skimeris	≥ 110 m ³ /h	
Teršalų surinkimo rankos	2 vnt., mostas ≥ 40 m	
Jūrinės bonos	≥ 600 m	
Kranas	≥ 12 t	
Naftos surinkimo talpa	≥ 700 t	
SSS (Side Scan Sonar)	Tempiamas, didelės raiškos sonaras	
ROV	Nuotoliniu būdu valdomas robotas	
Gelbėjimo valtis	2, su galimybe iškelti žmones iš vandens	
Naktinio matymo įranga	IR kamera su 7–14 μ m bangos ilgiu	
Gaisrų gesinimo įranga	FF 1 klasė	
GMDSS rajonas	A3	
Papildoma radijo ryšio įranga	HF, MF, 2×VHF, AirVHF	
GPS + AIS + radarai	2 nepriklausomos viena nuo kitos sistemos	
Navigacinės sistemos	Autopilotas + ECDIS	Privalomi navigacijai ir koordinavimui
Igula	18 narių + 2 medikai	
Patalpos	Kajutės, virtuvė, poilsio zonos, med. punktas	
Automatizacija	IP ir IBS lygiai	Pagal Lloyd klasifikacinę bendrovę
Bendradarbiavimas	Sraigtasparnio nusileidimo aikštelė, degalų papildymo sistema	

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus.

Atsižvelgiant į tai, kad vienas laivas turi atlikti iš principo dvi skirtingas funkcijas iš analizuotų duomenų matoma, kad PGO operacijoms reikia greičio, o teršalų likvidavimo operacijoms – stabilumo ir manevringumo. Nors šie faktoriai vienaip ar kitaip svarbūs abiejoms funkcijoms, bet jų prioritetai skiriasi. Taigi siekiant užtikrinti abiejų funkcijų optimalų vykdymą, tenka aukoti greitį, vietoje stabilumo. Tačiau iš pateiktos analizės taip pat matoma, kad trūkstamą greitį LK KJP gali kompensuoti pasitelkdamos Karinių oro pajėgų sraigtasparnį, taip užtikrinant optimalų pavestų funkcijų vykdymą.

4. RINKOS ANALIZĖ

Tam, kad būtų galima įvertinti, koks projektas optimaliai atitiktų nustatytus reikalavimus, buvo atliktas standartinių (angl. *off-the-shelf project*) laivų projektų rinkos tyrimas. Šis tyrimas buvo būtinas siekiant nustatyti galimus pasirinkimus, nes kiekvienas laivo projektas turi savitų techninių savybių, skirtingą laivo dydį, talpą, degalų sąnaudas, propulsijos tipą, navigacijos įrangą ir t. t. Rinkos tyrimas padėjo įvertinti, kurie standartiniai projektai labiausiai atitinka keliamus reikalavimus. Tyrimas taip pat padėjo įvertinti ar darbe išanalizuoti ir parinkti techniniai parametrai atitinka standartinę praktiką projektuojant laivus. Buvo nustatyta, kokius laivus siūlo laivų statyklos, kokios technologijos ar sprendimai dominuoja rinkoje, ir kokios yra naujausios tendencijos. Atliekant šį tyrimą įmonėms nebuvo pateikta šio darbo medžiaga, bet buvo prašyta pateikti pasiūlymą paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo projekto, kuris įmonės manymu gebėtų vykdyti šias funkcijas LR Baltijos jūros atsakomybės rajone. Siekiant nuasmeninti duomenis ir nepažeisti komercinės paslapties reikalavimų, konkretūs įmonių pasiūlymai nėra pridedami prie darbo ir įmonių pavadinimai pakeisti į raides, tačiau pagrindiniai pasiūlymų parametrai pateikiami 22 lentelėje.

Iš surinktų duomenų galima daryti išvadą, kad atsakiusios įmonės teikia siūlymus standartinių projektų WSD 4312 SAR, P19-007, M977, MPV 6214, Patrol 65 MPV, UT 512 S, kurie neatitinka vandentalpos, buksyravimo galios ir naftos surinkimo talpos reikalavimų. Nė vienas jų neturi SSS, ROV ar sraigasparnio aikštelės, o kai kurie turi mažesnius kranus ar mažesnę reikalingų sistemų apimtį. Visų projektų galia, plotis ar kranas neatitinka parinktų optimalių reikalavimų. Taigi matoma, kad standartiniai projektai negalėtų užtikrinti PGTLT funkcijų vykdymą esant ekstremaliausioms sąlygoms.

Jei tektų rinktis iš standartinių pasiūlymų, labiausiai reikalavimus atitiktų M977 projektas, nes šio laivo matmenys ir talpa yra artimiausi reikalavimams: ilgis 70 m (priimtinas), plotis 15 m (žemiau 20 m ribos, bet priimtinas, nes tai yra dažnai rinkoje pasitaikantis standartas), vandentalpa 2600 t (gerokai mažesnė nei analizuota ≥ 8000 t, bet didesnė nei daugumos kitų alternatyvų), greitis 15,2 mzg. atitinka 15 mazgų reikalavimą, o autonomija – 12 parų / 3500 jm – viršija reikalavimą (≥ 6 paros ir ≥ 1200 jm). Buksyravimo galia: 60 t – reikšmingai mažesnė nei reikalaujama (≥ 113 t), bet didesnė nei daugumos kitų. Naftos surinkimo pajėgumai, kaip ir visų siūlomų variantų atitinka reikalavimus, tačiau surinkimo rankų mostas 37 m – tik beveik atitinka (reikalaujama ≥ 40 m). Naftos surinkimo talpa 216 t – geriausias pasiūlymas tarp alternatyvų. Kita įranga: gaisrų gesinimo, navigacija ir ryšys, gelbėjimo valtytis, naktinio matymo, automatizacija, patalpos taip pat atitinka reikalavimus.

22 lentelė. Laivų projektų pasiūlymai

-	Nustatyti optimalūs reikalavimai	Įmonė „A“	Įmonė „B“	Įmonė „C“	Įmonė „D“	Įmonė „E“	Įmonė „F“
Projekto pavadinimas	PGTLL	WSD 4312 SAR	P19-007	M977	MPV 6214	Patrol 65 MPV	UT 512 S
Ilgis	apie 90 m	67,2 m	70,0 m	70,0 m	62,1 m	65,0 m	68,3 m
Plotis	≥ 20 m	15,0 m	10,2 m	15,0 m	13,6 m	10,8 m	15,0 m
Vandentalpa	≥ 8000 t	n. n.	n. n.	2600 t	1600 t	n. n.	1100 t
Greitis	15 mzg.	13 mzg.	17,2 mzg.	15,2 mzg.	14,4 mzg.	16 mzg.	15 mzg.
Autonomija	≥ 6 parų ir ≥ 1200 jhm	10 parų; 2500 jhm	10 parų; 2500 jhm	12 parų; 3500 jhm	10 parų; 2500 jhm	10 parų; 2500 jhm	10 parų; 2500 jhm
Paruošimas eigai	iki 2 val.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Ledo klasė	Ne mažesnė kaip 1C	1C	1C	1C	1 C	1 C	1C
Variklio galia	~2 × 2500–3000 kW	2 × 1500 kW	2 x 1750 kW	2 x 1950 kW	2 x 1750 kW	2 x 2200 kW	2 x 1750 kW
Propulsija	Azimutiniai elektros varikliai ir povairis, DP	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Buksyravimo galia (BP)	≥ 113 t	45 t	40 t	60 t	40 t	40 t	60 t
Šepetinis skimeris	≥ 100 m³/h	115 m³/h	115 m³/h	115 m³/h	115 m³/h	115 m³/h	115 m³/h
Diskinis skimeris	≥ 110 m³/h	260 m³/h	260 m³/h	260 m³/h	260 m³/h	260 m³/h	260 m³/h
Teršalų surinkimo rankos	2 vnt., mostas ≥ 40 m	2 vnt., 37 m	2 vnt., 32 m	2 vnt., 37 m	2 vnt., 36 m	2 vnt., 36 m	2 vnt., 37 m
Bonos	≥ 600 m	3 x 200 m	3 x 200 m	3 x 200 m	3 x 100 m	3 x 200 m	3 x 200 m
Kranas	≥ 12 t	11,1 t	4,5 t	n. n.	4,5 t	4,5 t	4,5 t
Naftos surinkimo talpa	≥ 700 t	121 t	86 t	216 t	86 t	86 t	207 t
SSS	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
ROV	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Gelbėjimo valtis	2, su galimybe iškelti žmones iš vandens	Taip, 2 vnt.	Taip, 2 vnt.	Taip, 2 vnt.	Taip, 2 vnt.	Taip, 2 vnt.	Taip, 2 vnt.
Naktinio matymo įranga	IR kamera su 7–14 μm bangos ilgiu	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Gaisrų gesinimo įranga	FF 1 klasė	FF1	FF1	FF1	FF1	FF1	FF1
GMDSS rajonas	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Papildoma radijo ryšio įranga	HF, MF, 2 × VHF, AirVHF	Ne, SATCOM	Ne, SATCOM	Ne, SATCOM	2 x VHF	Ne, SATCOM	Ne, SATCOM
GPS + AIS + radarai	Taip, 2	Taip, 2	Taip, 2	Taip, 2	Taip, 2	Taip, 2	Taip, 2
Navigacinės sistemos	Autopilotas + ECDIS	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Įgula	18 narių + 2 medikai	30	30	30	30	30	27
Patalpos	Kajutės, virtuvė, poilsio zonos, med. punktas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Automatizacija	IP ir IBS lygiai	IP ir IBS	IP ir IBS	IP ir IBS	IP ir IBS	IP ir IBS	IP ir IBS
Bendradarbiavimas	Sraigasparnio nusileidimo aikštelė, degalų papildymo sistema	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne

Šaltinis: rinkos analizės duomenys.

Tačiau kaip ir visuose kituose pasiūlymuose čia trūksta specifinės įrangos, kuri buvo identifikuota šiame darbe, kaip reikalinga ir kurią galima vadinti nestandartine. Tai būtų SSS, ROV, sraigtasparnio aikštelė. O buksyravimo galia ir išsiliejusios naftos surinkimo talpa gerokai mažesnės už nustatytus reikalavimus. Apibendrinant galima teigti, kad šis projektas siūlo balansą tarp autonomijos, naftos surinkimo, techninės įrangos, universalumo ir laivo kainos.

Nors įmonių pasiūlyti standartiniai projektai ir neatitinka visų darbe nustatytų reikalavimų optimaliam PGTL, tačiau siekiant pagrįsti ir įrodyti, kad darbe iškelti reikalavimai yra realūs ir esant tinkamam finansavimui yra įgyvendinami, galima kaip pavyzdį pateikti Suomijos pakrančių apsaugos vykdytą projektą. Tai būtų daugiafunkcis „Turva“ klasės laivas (18 paveikslas).



18 pav. Suomijos daugiafunkcis laivas „Turva“

Šaltinis: Raja Finish Border Guard, 2023.

Šis daugiafunkcis laivas buvo projektuojamas ir gaminamas pagal specialius Suomijos pakrančių apsaugos tarnybos specifinius techninius reikalavimus, todėl laivo visos techninės charakteristikos nėra viešai prieinamos. Tačiau pasak Wartsila (n.d.), laivo „Turva“, pastatyto 2014 m. „STX Rauma“ laivų statykloje (Suomija) pagrindiniai techniniai ir funkciniai parametrai yra pateikiami 23 lentelėje. „Turva“ klasės laivai išsiskiria dideliu manevringumu, ekonomišku degalų naudojimu bei galimybe naudoti tiek dyzelinį, tiek suskystintas gamtines dujas (SGD), o tai ypač svarbu aplinkosaugos požiūriu.

Šio tipo laivai Suomijoje tiek pasiteisino, kad 2023 m. Suomijos pakrančių apsaugos tarnyba užsakė du papildomus „Turva“ klasės daugiafunkcius laivus. Siekiama, kad 2025 m. bus pagamintas pirmas iš užsakytų laivų ir 2026 m. antras. Šių laivų eksploatavimo laikas

numatomas iki 2050 m., o bendra projekto vertė turėtų siekti iki 448 milijonų EUR (Raja Finish border guard, 2023).

23 lentelė. Laivo „Turva“ techniniai ir funkciniai parametrai

Ilgis	95,9 m	Naftos surinkimo talpa	1200 m ³
Plotis	17,4 m	Gelbėjimo valtis	2 vnt.
Greitis	18 mzg.	Naktinio matymo įranga	2 vnt.
Ledo klasė	1A	Gaisrų gesinimo įranga	FF1
Variklio galia	2 x 3000 kW + 1 x 6400 kW	Patalpos	Kajutės, virtuvė, poilsio zonos, med. punktas
Propulsija	Azimutiniai elektros varikliai ir povairis, DP	Kranas	15 t
Buksyravimo galia (BP)	100 t	GPS + AIS + radarai	Taip
Šepetinis skimeris	Taip	Navigacinės sistemos	Taip
Diskinis skimeris	Taip	Įgula	40
Teršalų surinkimo rankos	2 vnt., mostas 45 m	Bendradarbiavimas	Sraigtasparnio nusileidimo aikštelė ir degalų papildymas
Jūrinės bonos	Taip	GMDSS rajonas	A3
Papildoma radijo ryšio įranga	Taip, su vadovavimo ir valdymo sistema skirta didelio masto gelbėjimo operacijoms.	Priskirtos užduotys	Patruliavimas ir valstybės sienos apsauga, tačiau papildomos funkcijos yra paieškos ir gelbėjimo operacijos, gaisrų gesinimas, avarinis vilkimas, naftos ir chemikalų surinkimo darbai.

Šaltinis: Wartsila, n.d.

Įvertinus informaciją, iš viešai prieinamų šaltinių, apie šios klasės laivų technines charakteristikas, galima daryti išvadą, kad jie didžiaja dalimi atitinka tiriamajame darbe nustatytus optimalaus laivo reikalavimus, skirtus atlikti funkcijas ekstremaliomis hidrometeorologinėmis sąlygomis. Tokios laivo charakteristikos turėtų užtikrinti efektyvų funkcijų vykdymą atšiaurioje jūrinėje dimensijoje. Atsižvelgiant į tai, Lietuvos kariuomenės Karinės jūrų pajėgos turėtų svarstyti galimybę prisijungti prie šio projekto, taip stiprindamos regioninius pajėgumus ir didindamos operacinį saugumą Baltijos jūros regione.

IŠVADOS IR SIŪLYMAI

1. Baltijos jūroje vyraujančių aplinkos veiksnių analizė parodė, kad paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo operacijas gali riboti itin sudėtingos hidrometeorologinės sąlygos:

- vėjo greitis iki 19 m/s (38 mazgai);
- bangų aukštis iki 6 metrų;
- srovės greitis iki 1 m/s (2 mazgai);
- vandens temperatūra didžiąją metų dalį $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, žiemą $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- žiemą užšalantis Klaipėdos uostas (vidutiniškai 56 dienos per metus).

Šių faktorių, teisės aktų ir laivo įrangos analizė parodė, kad dabartinis paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivas „Šakiai“ neatitinka operacinių poreikių ir kelia grėsmę veiklos efektyvumui, žmonių saugumui bei aplinkosaugai.

2. Remiantis atlikta laivui įtaką darančių faktorių analize, simuliacijų rezultatais ir atliktais matematiniais skaičiavimais esant blogiausiomis sąlygoms nustatyta, kad paieškos ir gelbėjimo operacijos trukmė būtų 137 val. su jūrinės infrastruktūros aprūpinimo tipo laivu ir 36 val. su pakrančių apsaugos tipo laivu, vidutinis operacijos rajono dydis priklausomai nuo hidrometeorologinių sąlygų ir laivo atvykimo laiko galėtų būti nuo 620 iki 1200 km². Įvertinus šiuos veiksnius buvo sudaryti ir pagrįsti šie esminiai reikalavimai naujo paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivo konceptui:

- minimalus greitis ≥ 15 mazgų;
- buksyravimo galia ≥ 113 tonų;
- autonomiškumas ir veikimo rajonas ≥ 6 paros, iki 1200 jmi;
- naftos surinkimo įrangos rankų mostas ≥ 40 metrų;
- gelbėjimo darbams vykdyti laivui būtinas dinaminis pozicionavimas, kurį gali užtikrinti azimutinio tipo propulsija;
- reikalinga ir kita speciali įranga, kuri pateikta 21 lentelėje.

3. Apibendrinant šio tiriamojo darbo ir paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivų rinkos analizę teikiami šie siūlymai:

- inicijuoti viešąjį konkursą, kurio pagrindu būtų suprojektuotas ir pastatytas naujas paieškos ir gelbėjimo bei teršalų likvidavimo laivas, atitinkantis Lietuvos atsakomybės rajono ypatumus, atsisakant standartinių laivų projektų pasiūlymų.
- alternatyvus siūlymas būtų inicijuoti dvišalį bendradarbiavimą su Suomijos pakrančių apsaugos tarnyba bei prisijungti prie jų plėtojamo „Turva“ klasės daugiafunkcio laivo statybos projekto.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Alcaro, L., Brandt, J., Giraud, W., Mannozi, M., & Nicolas-Kopec, A. (2021). *Marine HNS response manual*. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/03/Marine-HNS-Response-Manual.pdf>
- Aps, R., Fetissof, M., Goerlandt, F., Kujala, P., & Piel, A. (2017). Systems-Theoretic Process Analysis of Maritime Traffic Safety Management in the Gulf of Finland (Baltic Sea). *Procedia Engineering*, 179, 2-12. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.090>
- Bellanco, M. J. (2023). *Klaipėdos projekto galutinė duomenų ataskaita (2022-07-20 00:00 – 2023-07-19 23:50)* (2023, rugsėjo 12, Nr. EOL-KLA35). <https://offshorewind.lt/wp-content/uploads/2025/02/EOL-KLA35-V02-OPS-Final-Data-Report-LT.pdf>
- Brooks, C.J. (2001). *Survival in cold water*. Survival System Limited.
- Bureau of safety and environmental enforcement. (2015). *ERSP Calculator User Manual*. <https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/osrr-oil-spill-response-research/ersp-calculator-user-manual-20150222.pdf>
- Cumo, F., Gugliermetti, F., & Guidi, G. (2007). Best Available Techniques For Oil Spill Containment And Clean-up In The Mediterranean Sea. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 103, 527-535. <https://doi.org/10.3390/rs13173530>
- Du, P., Zeng, Z., Zhang, J., Liu, L., Yang, J., Qu, C., Jiang, L., & Liu, S. (2021). Fog Season Risk Assessment for Maritime Transportation Systems Exploiting Himawari-8 Data: A Case Study in Bohai Sea, China. *Remote Sensing*, 13(17), 3530. <https://doi.org/10.3390/rs13173530>
- Ghosh, S. (2021, sausio 1 d.). Understanding Design of Ice Class Ships. *Marine Insight*. <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/design-of-ice-class-ships/>
- Grzadziel, A. (2022). Application of Remote Sensing Techniques to Identification of Underwater Airplane Wreck in Shallow Water Environment: Case Study of the Baltic Sea, Poland. *Remote Sensing*, 14(20), 5195. <https://doi.org/10.3390/rs14205195>
- Hannaford, E., & Hassel, E. V. (2021). Risks and Benefits of Crew Reduction and/or Removal with Increased Automation on the Ship Operator: A Licensed Deck Officer's Perspective. *Applied Sciences*, 11(8), 3569. <https://doi.org/10.3390/app11083569>
- Hassler, B., Soderstrom, S., & Leposa, N. (2010). *Marine oil transportations in the Baltic Sea area : Deliverable number 6*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:sh:diva-15278>
- HELCOM. (2007). *Recommendation 28E/12 Strengthening of sub-regional co-operation in response field* (2007, lapkričio 15, Nr. 28E/12). <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/06/Rec-28E-12.pdf>

- HELCOM: *Map and data service*. (n.d.). HELCOM.
<https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>
- HELCOM: *Response equipment*. (n.d.). HELCOM. <https://helcom.fi/action-areas/response-to-spills/response-equipment/>
- Hensen, H. (2003). *Tug Use in Port: A Practical Guide* (Second edition). The Nautical Institute.
- Hoang, A. T., Pham, V. V., & Nguyen, D. N. (2018). A Report of Oil Spill Recovery Technologies. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(7), 4915–4928.
www.researchgate.net/profile/Duong-Nguyen-26/publication/324942443_A_Report_of_Oil_Spill_Recovery_Technologies/links/5b1706eb45851547bba328ad/A-Report-of-Oil-Spill-Recovery-Technologies.pdf
- International Maritime Organization. (2022). *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual VOLUME III* (12th ed.). ICAO.
- ITOPF. (2023). *The Country & Territory Profiles*. ITOPF. <https://www.itopf.org/knowledge-resources/countries-territories-regions/>
- ITOPF LIMITED. (2024). *Handbook 2024/25*. ITOPF.
https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/ITOPF_Handbook_2024_01.pdf
- Jūrinio vėjo parkai: teritorijos planavimas. (n.d.). Offshore wind.
<https://offshorewind.lt/lt/teritorijos-planavimas/>
- Karinės jūrų pajėgos. (2014). *Karo laivo taktinės veiklos standartinės procedūros* (2019, gruodžio 31, Nr. V-1089).
- Kerf, T. D., Gladines, J., Sels, S., & Vanlanduit, S. (2020). Oil Spill Detection Using Machine Learning and Infrared Images. *Remote Sensing*, 12(24), 4090.
<https://doi.org/10.3390/rs12244090>
- Lietuvos kariuomenė. (2009). *Dėl žmonių paieškos ir gelbėjimo darbų paieškos ir gelbėjimo rajone plano patvirtinimo* (2009, spalio 6, Nr. 119-5115). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.354144/asr>
- Lietuvos kariuomenė. (2023). *Jūrų gelbėjimo koordinavimo centras*.
<https://kariuomene.lt/karines-juru-pajegos/padaliniai/juru-gelbejimo-koordinavimo-centras/23244>
- Lietuvos Respublikos Seimas. (1997). *1992 m. Helsinkio konvencija dėl Baltijos jūros baseino jūrinės aplinkos apsaugos* (1997, kovo 12, Nr. 21-499). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.36791?jfwid=bkaxmilg>

- Lietuvos Respublikos Seimas. (2001). *1979 metų Tarptautinė jūrų paieškos ir gelbėjimo konvencija* (2001, sausio 12, Nr. 4-94). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.117855>
- Lietuvos Respublikos Seimas. (2002). *1990 m. Tarptautinė konvencija dėl parengties, veiksmų ir bendradarbiavimo įvykus taršos nafta incidentams* (2002, gruodžio 4, Nr. 115-5135). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.196480>
- Lietuvos Respublikos Seimas. (2003). *Jungtinių Tautų jūrų teisės konvencija* (2003, lapkričio 13, Nr. 107-4786). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.221141>
- Lietuvos Respublikos Seimas. (2015). *Lietuvos Respublikos Seimo nacionalinio saugumo ir gynybos komiteto atlikto parlamentinio tyrimo dėl 2015 m. Gegužės 16 d. Virš Baltijos jūros dingusio UAB „Klaipėdos avialinijos“ lėktuvo „an-2“ paieškos ir įgulos gelbėjimo operacijos vykdymo išvada* (2015, liepos 1, Nr. 10610). https://e-seimas.lrs.lt/rs/legalact/TAD/7bfl44221fe111e585caba374ef4b409/format/MSO2010_D OCX/
- Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2020). *Dėl Lietuvos Respublikos teritorinės jūros ir (ar) Lietuvos Respublikos išskirtinės ekonominės zonos Baltijos jūroje dalių, kuriose tikslinga organizuoti konkursą (konkursus) atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių plėtrai ir eksploatacijai, ir šių elektrinių įrengtųjų galių nustatymo* (2020, birželio 25, Nr. 13922). <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a0c9fb80b6bc11eab9d9cd0c85e0b745>
- Liu, H., Chen, Z., Tian, Y., Wang, B., Yang, H., & Wu, G. (2021). Evaluation method for helicopter maritime search and rescue response plan with uncertainty. *Chinese Journal of Aeronautics*, 34(4), 493–507. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.07.008>
- Liungman, O., & Mattsson, J. (2011). *Scientific Documentation of Seatrack Web; physical processes, algorithms and references*. <https://stw.smhi.se/doc/1.15600!Seatrack%20Web%20Scientific%20Documentation.pdf>
- Lloyd's register. (2020). *Rules and Regulations for the Classification of Ships*. Lloyd's register.
- Lundh, M. (2010). *A Life on the Ocean Wave Exploring the interaction between the crew and their adaption to the development of the work situation on board Swedish merchant ships* [Doctoral dissertation, Chalmers university of technology]. Chalmers University. <https://research.chalmers.se/en/publication/121794>
- Lyridis, D. V., Ventikos, N. P., Zacharioudakis, P. G., Dilzas, K., & Psaraftis, H. N. (2005). Introduction to an innovative crew composition approach based on safety/operational and financial requirements. *WMU J Marit Affairs*, 4, 33-55. <https://doi.org/10.1007/BF03195063>

- O'Brien, M. (2002). At-sea recovery of heavy oils—A reasonable response strategy. In *3rd R&D Forum on High-Density Oil Spill Response*. The International Tanker Owners Pollution Federation Limited 2002. <https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/Papers/heavyoils.PDF>
- Paulauskas, V., Plačienė, B., Paulauskienė, A., Maksimavičius, R., Lukauskas, V., Barzdžiukas, R., Paulauskas, D., Kaulickis, A., & Banaitis, J. (n.d.). *Jūrinė technologija laivams: Laivo sandara*. https://ltsa.lrv.lt/uploads/ltsa/documents/files/Vandens%20transportas/literatura_egzaminavimas/jurine_tehnologija_i_laivo%20sandara.pdf
- Pleskacz, K. (2015). The impact of hydro-meteorological conditions on the safety of fishing vessels. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*, 4(113), 81–87. <https://repository.am.szczecin.pl/handle/123456789/691>
- Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamentas prie Vidaus reikalų ministerijos. (2021). *Nacionalinė rizikos analizė*. Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamentas prie Vidaus reikalų ministerijos. <https://pagd.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/civiline-sauga/nacionaline-rizikos-analize>
- Raja Finnish border guard. (2023, gruodžio 13d.). The construction of the Finnish Border Guard's new offshore patrol vessels has commenced. *Raja Finnish border guard*. <https://raja.fi/en/-/the-construction-of-the-finnish-border-guard-s-new-offshore-patrol-vessels-has-commenced>
- Saydam, A. Z., & Taylan, M. (2018). Evaluation of wind loads on ships by CFD analysis. *Ocean Engineering*, 158, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.03.071>
- Sonninen, M. (2014). *Exploring the context of maritime search and rescue missions using visual data mining techniques* [Master's Thesis, Aalto University]. Aalto University. <aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/b8b60657-ae9d-4207-ae34-2a67f65cb767/content>
- Tarptautinė jūrų organizacija. (2006). 1974 m. Tarptautinė konvencija dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje (SOLAS 74) (2006, lapkričio 28, Nr. 129-0). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.287720?positionInSearchResults=0&searchModelUUID=0c928b12-9110-4be3-8aeb-a08ec48a233b>
- Tipton, M., McCormack, E., Elliott, G., Cisternelli, M., Allen, A., & Turner, A. C. (2022). Survival time and search time in water: Past, present and future. *Journal of Thermal Biology*, 110, 103349. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103349>

- Tombul, S., Tukenmez, E., Oksuz, M., & Altioek, H. (2023). Predicting the Trajectories of Drifting Objects in the Eastern Mediterranean Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS23787>
- Transas Ltd. (2011). *Description of Transas mathematical model* (02.08). Transas Ltd.
- Transportstyrelsens författningssamling. (2011). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om finsk-svensk isklass* (2011, lapkričio 16, Nr. TSFS 2011:96). <https://www.transportstyrelsen.se/sv/om-oss/dina-rattigheter-lagar-och-regler/forfattningssamling/ts-foreskrifter-i-nummerordning/2011/details?RuleNumber=2011:96&ruleprefix=TSFS>
- Tsai, Y. M., & Lin, C. Y. (2021). Investigation on Improving Strategies for Navigation Safety in the Offshore Wind Farm in Taiwan Strait. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(12), 1448. <https://doi.org/10.3390/jmse9121448>
- UK Hydrographic Office. (2022). *Admiralty sailing directions: Baltic pilot Vol. 2 (NP19)* (18th ed.). UK Hydrographic Office.
- UK Hydrographic Office. (2023). *NP100 The Mariner's Handbook* (13th ed.). UK Hydrographic Office.
- Valstybės duomenų agentūra. (2024). *I Klaipėdos uostą atplaukiantys arba iš jo išplaukiantys tarptautiniai laivai*. Valstybės duomenų agentūra. <https://data.gov.lt/datasets/2864/>
- Wartsila. (n.d.). *Coastguard vessel K/V TURVA*. <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/coastguard-vessel-k-v-turva>
- Windguru: Archive. (2025, balandžio 6). Windguru. <https://www.windguru.cz/archive.php>

PRIEDAI

A PRIEDAS. JIAL ir PAL laivų techniniai duomenys

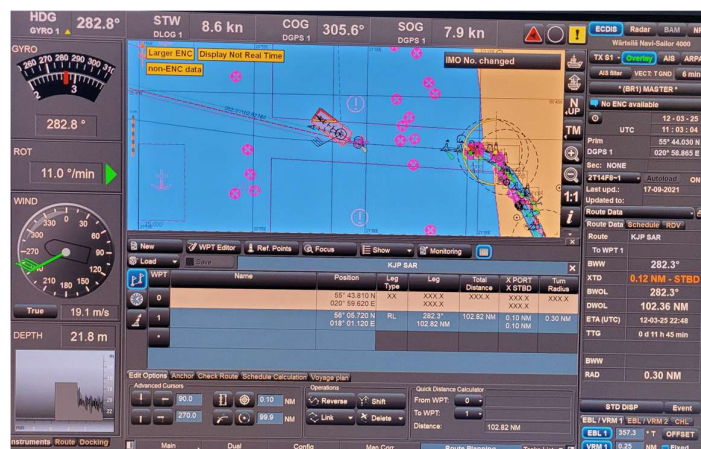
View		General information	
		Vessel type	IMT 992 (Disp. 8800t)
		Displacement	8800.0 t
		Max speed	14.4 knt
Propulsion system		Dimensions	
Type of engine	High Speed Diesel (2 x 2200 kW)	Length	93.5 m
Type of propeller	Z-Drive FPP	Breadth	22.0 m
Thruster bow	Yes	Bow draft	6.5 m (0.0 m ext.)
Thruster stern	None	Stern draft	6.5 m (0.0 m ext.)
		Height of eye	18 m

A1 pav. Jūrinės infrastruktūros aprūpinimo laivas (JIAL)

View		General information	
		Vessel type	Coast guard boat 1 (Dis. 835t)
		Displacement	834.7 t
		Max speed	21.5 knt
Propulsion system		Dimensions	
Type of engine	Medium Speed Diesel (1 x 5500 kW)	Length	65.9 m
Type of propeller	FPP	Breadth	10.7 m
Thruster bow	Yes	Bow draft	3.6 m
Thruster stern	Yes	Stern draft	3.7 m
		Height of eye	10 m

A2 pav. Pakrančių apsaugos laivas (PAL)

B PRIEDAS. Tiltelio simulatoriaus duomenys



B1 pav. JIAL tranzitas į PGO blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B2 pav. JIAL tranzitas į PGO blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B3 pav. JIAL tranzitas į PGO blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



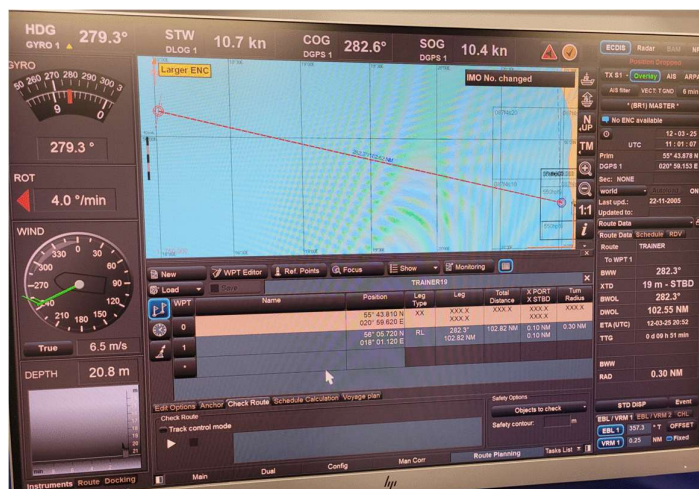
B4 pav. PAL tranzitas į PGO blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B5 pav. PAL tranzitas į PGO blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B6 pav. PAL tranzitas į PGO blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



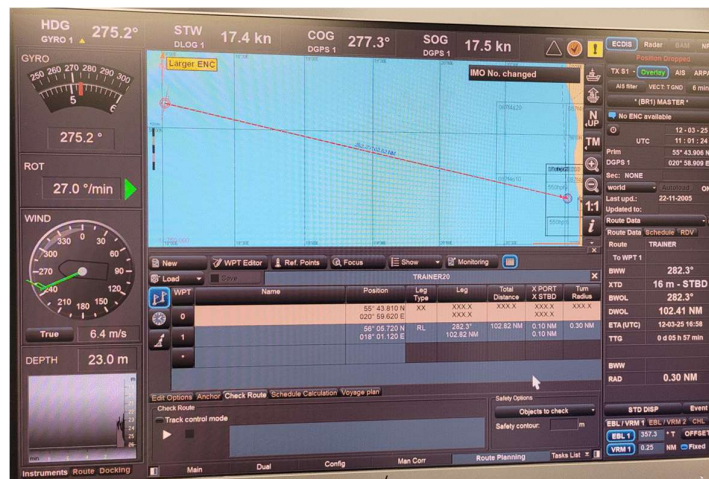
B7 pav. JIAL tranzitas į PGO vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B8 pav. JIAL tranzitas į PGO vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B9 pav. JIAL tranzitas į PGO vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



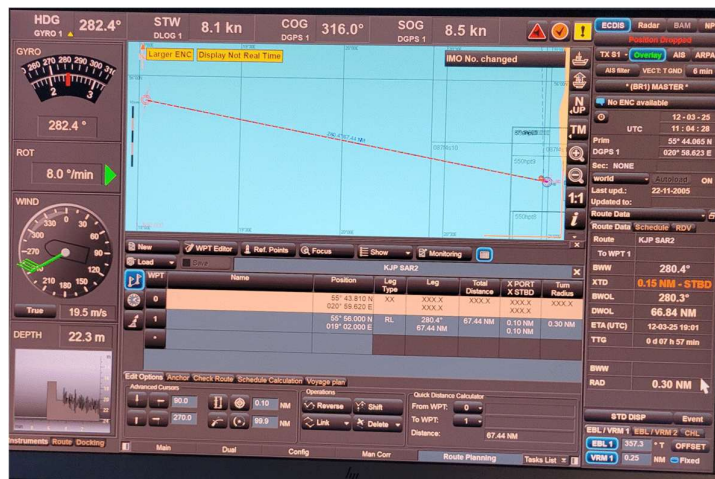
B10 pav. PAL tranzitas į PGO vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B11 pav. PAL tranzitas į PGO vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B12 pav. PAL tranzitas į PGO vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



B13 pav. JIAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B14 pav. JIAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B15 pav. JIAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



B16 pav. PAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B17 pav. PAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B18 pav. PAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



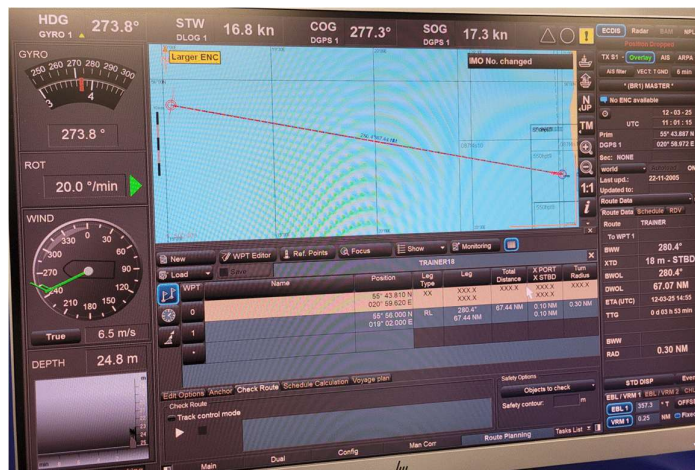
B19 pav. JIAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B20 pav. JIAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B21 pav. JIAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



B22 pav. PAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (jūrlapio duomenys)



B23 pav. PAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (valdymo konsolės duomenys)



B24 pav. PAL tranzitas į teršalų likvidavimo rajoną vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis (vaizdas iš tiltelio)



B25 pav. JIAL dinaminis pozicionavimas



B26 pav. PAL dinaminis pozicionavimas

C PRIEDAS. PGO rajono skaičiavimas jūrlapyje

JIAL gelbėjimo rajonas esant blogiausioms hidrometeorologinėms sąlygoms:

DSP: $56^{\circ} 05,72' \text{ N } 018^{\circ} 01,12' \text{ E}$

Objektas: 4–6 asmenų plaustas

Srovė: $1 \text{ m/s} = 2 \text{ mzg. į } 060^{\circ}$ (8 balai pagal Boforto skalę)

Vėjas (U): $19 \text{ m/s} = 38 \text{ mzg. iš } 240^{\circ}$ (8 balai pagal Boforto skalę)

Banga: 6 m iš 240°

Atvykimo laikas (simuliacija + paruošimas): 13 val. 45 min. = 13,75 val.

Matomumas: 10 jmi

SPRENDIMAS:

Apskaičiuojamas TWC = $13,75 \times 2 = 27,5 \text{ jmi}$

Atidedamas TWC: $27,5 \text{ jmi} - 060^{\circ}$ (C1 paveikslas)

Dreifo greičiui ir kurso skaičiavimui imama formulė iš 1 lentelės:

Dreifo greitis: $0,029 \times U + 0,039$

Kurso paklaida: $X^{\circ} = \pm 20^{\circ}$

Dreifas: $0,029 \times 38 + 0,039 = 1,14 \text{ jmi}$, tai po 13,75 val. bus $13,75 \times 1,14 = 15,69 \text{ jmi}$

Skaičiuojami R ir $R(\pm X^{\circ})$ pagal formulę $(X_{\text{error}} + (30 \% \text{ RDV ilgio})) \times F_s$

Iš jūrlapio RDV = $43,2 \text{ jmi}$

X_{error} iš 9 lentelės imama $0,1 \text{ jmi}$ ir F_s iš 10 lentelės imama $1,1$

$R = (0,1 + 13,11) \times 1,1 = 14,52 \text{ jmi}$

Iš jūrlapio RDV $(+X^{\circ}) = 45 \text{ jmi}$

$R(+X^{\circ}) = (0,1 + 13,5) \times 1,1 = 14,96 \text{ jmi}$

Iš jūrlapio RDV $(-X^{\circ}) = 44 \text{ jmi}$.

$R(-X^{\circ}) = (0,1 + 13,2) \times 1,1 = 14,63 \text{ jmi}$

Iš jūrlapio gaunama, kad paieškos plotas yra: $30 \text{ jmi} \times 40 \text{ jmi}$

Skaičiuojamas koreguotas paieškos plotis pagal formulę:

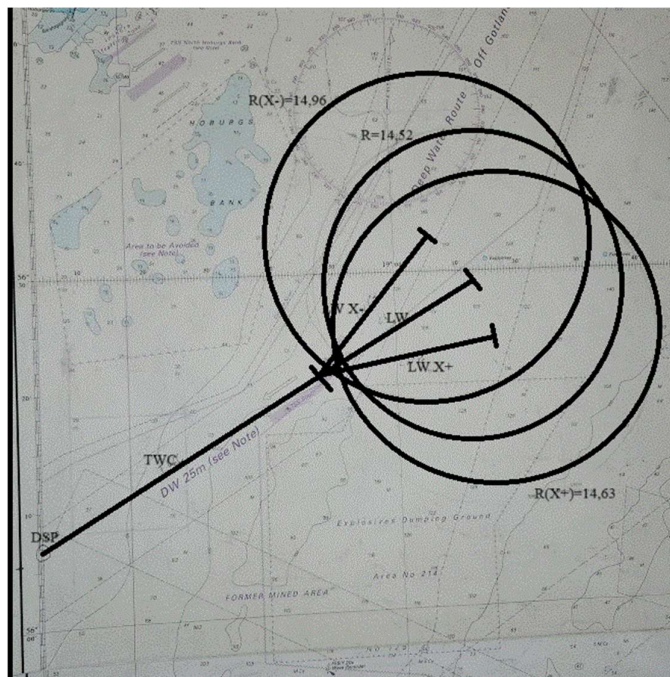
$W_c = W_u \times F_f \times F_v \times F_w = 4,2 \times 1 \times 1 \times 0,25 = 1,0625 = 1,1 \text{ jmi}$

Gaunama, kad PGO rajoną reikia padalinti į 27 kelius (30 jūm / 1,1 jūm)

Iš viso, norint iki galo padengti rajoną laivui teks įveikti 1080 jūm ($40 \text{ jūm} \times 27 \text{ k.}$)

Tai laivo greičiui esant 7,9 mzg. (17 lentelė) operacija truks 137 val., tai yra 5 dienos ir 17 val.

Gautas atstumas iki rajono vidurio 80 jūm, o iki rajono pradžios 62 jūm



C1 pav. JIAL gelbėjimo rajonas esant blogiausioms hidrometeorologinėms sąlygoms

PAL gelbėjimo rajonas esant blogiausioms hidrometeorologinėms sąlygoms:

DSP: $56^{\circ} 05,72' \text{ N } 018^{\circ} 01,12' \text{ E}$

Objektas: 4–6 asmenų plaustas

Srovė: $1 \text{ m/s} = 2 \text{ mzg.}$ į 060° (8 balai pagal Boforto skalę)

Vėjas (U): $19 \text{ m/s} = 38 \text{ mzg.}$ iš 240° (8 balai pagal Boforto skalę)

Banga: 6 m iš 240°

Atvykimo laikas (simuliacija + paruošimas): 9 val. 20 min. = 9,33 val.

Matomumas: 10 jūm

SPRENDIMAS:

Apskaičiuojamas $TWC = 9,33 \times 2 = 18,66 \text{ jūm}$

Atidedamas TWC: 18,66 jūm – 060° (C2 paveikslas)

Dreifo greičiui ir kurso skaičiavimui imama formulė iš 1 lentelės:

Dreifo greitis: $0,029 \times U + 0,039$

Kurso paklaida: $X^0 = \pm 20^0$

Dreifas: $0,029 \times 38 + 0,039 = 1,14$ jm, tai po 9,33 val. bus $9,33 \times 1,14 = 10,65$ jm

Skaičiuojami R ir $R(\pm X^0)$ pagal formulę $(X_{\text{error}} + (30 \% \text{ RDV ilgio})) \times F_s$

Iš jūrlapio RDV = 29,3 jm

X_{error} iš 9 lentelės imama 0,1 jm ir F_s iš 10 lentelės imama 1,1

$R = (0,1 + 8,79) \times 1,1 = 9,78$ jm

Iš jūrlapio RDV $(+X^0) = 28,5$ jm

$R(+X^0) = (0,1 + 8,55) \times 1,1 = 9,52$ jm

Iš jūrlapio RDV $(-X^0) = 28,5$ jm.

$R(-X^0) = (0,1 + 8,55) \times 1,1 = 9,52$ jm

Iš jūrlapio gaunama, kad paieškos plotas yra: $21 \text{ jm} \times 26 \text{ jm}$

Skaičiuojamas koreguotas paieškos plotis pagal formulę:

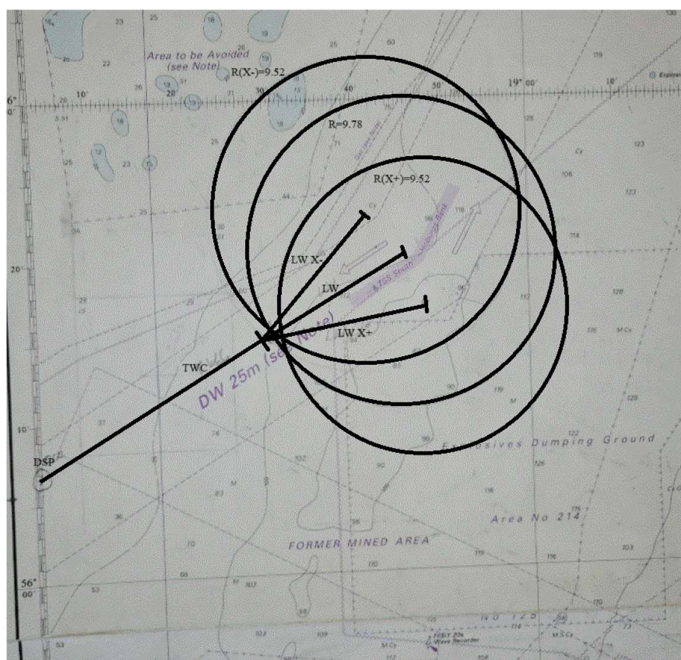
$W_c = W_u \times F_f \times F_v \times F_w = 4,2 \times 1 \times 1 \times 0,25 = 1,0625 = 1,1$ jm

Gaunama, kad PGO rajoną reikia padalinti į 19 kelių ($20,5 \text{ jm} / 1,1 \text{ jm}$)

Iš viso, norint iki galo padengti rajoną laivui teks įveikti 494 jm. ($26 \text{ jm} \times 19 \text{ k.}$)

Tai laivo greičiui esant 13,9 mzg. (17 lentelė) operacija truks 36 val., tai yra 1 diena ir 12 val.

Gautas atstumas iki rajono vidurio 85 jm, o iki rajono pradžios 75 jm



C2 pav. PAL gelbėjimo rajonas esant blogiausioms hidrometeorologinėms sąlygoms

JIAL gelbėjimo rajonas esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms:

DSP: 56° 05,72' N 018° 01,12' E

Objektas: 4–6 asmenų plaustas

Srovė: 0,12 m/s = 0,25 mzg. į 060° (4 balai pagal Boforto skalę)

Vėjas (U): 7 m/s = 14 mzg. iš 240° (4 balai pagal Boforto skalę)

Banga: 3,5 m iš 240°

Atvykimo laikas (simuliacija + paruošimas): 12 val.

Matomumas: 10 jmi

SPRENDIMAS:

Apskaičiuojamas TWC = $12 \times 0,25 = 3$ jmi

Atidedamas TWC: 3 jmi – 060° (C3 paveikslas)

Dreifo greičiui ir kurso skaičiavimui imama formulė iš 1 lentelės:

Dreifo greitis: $0,029 \times U + 0,039$

Kurso paklaida: $X^\circ = \pm 20^\circ$

Dreifas: $0,029 \times 14 + 0,039 = 0,45$ jmi, tai po 12 val. bus $12 \times 0,45 = 5,4$ jmi

Skaiciuojami R ir $R(\pm X^\circ)$ pagal formulę $(X_{\text{error}} + (30 \% \text{ RDV ilgio})) \times F_s$

Iš jūrlapio RDV = 8,4 jmi

X_{error} iš 9 lentelės imama 0,1 jūrmilės ir F_s iš 10 lentelės imama 1,1

$$R = (0,1 + 13,11) \times 1,1 = 2,88 \text{ jūrmilės}$$

Iš jūrlapio RDV (+ X^0) = 9 jūrmilės

$$R(+X^0) = (0,1 + 2,7) \times 1,1 = 3,08 \text{ jūrmilės}$$

Iš jūrlapio RDV (- X^0) = 8,1 jūrmilės

$$R(-X^0) = (0,1 + 2,43) \times 1,1 = 2,78 \text{ jūrmilės}$$

Iš jūrlapio gaunama, kad paieškos plotas yra: 9 jūrmilės $\times$ 10 jūrmilės

Skačiuojamas koreguotas paieškos plotis pagal formulę:

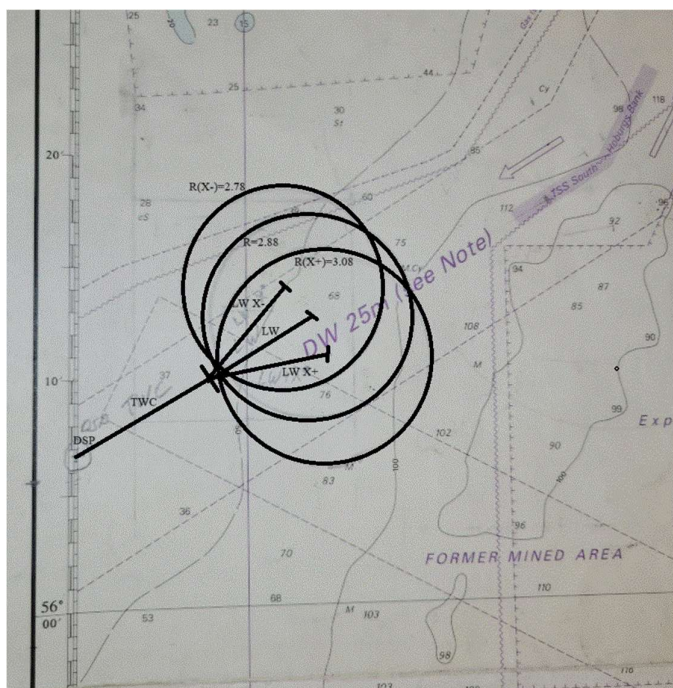
$$W_c = W_u \times F_f \times F_v \times F_w = 4,2 \times 1 \times 1 \times 0,25 = 1,0625 = 1,1 \text{ jūrmilės}$$

Gaunama, kad PGO rajoną reikia padalinti į 8 kelius (9 jūrmilės / 1,1 jūrmilės)

Iš viso, norint iki galo padengti rajoną laivui teks įveikti 80 jūrmilės (10 jūrmilės $\times$ 8 k.)

Tai laivo greičiui esant 10,4 mazg. (17 lentelė) operacija truks 8 val.

Gautas atstumas iki rajono vidurio 98 jūrmilės, o iki rajono pradžios 91 jūrmilės



C3 pav. JIAL gelbėjimo rajonas esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms

PAL gelbėjimo rajonas esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms:

DSP: 56° 05,72' N 018° 01,12' E

Objektas: 4–6 asmenų plaustas

Srovė: 0,12 m/s = 0,25 mzg. į 060° (4 balai pagal Boforto skalę)

Vėjas (U): 7 m/s = 14 mzg. iš 240° (4 balai pagal Boforto skalę)

Banga: 3,5 m iš 240°

Atvykimo laikas (simuliacija + paruošimas): 8 val.

Matomumas: 10 jmi

SPRENDIMAS:

Apskaičiuojamas TWC = $8 \times 0,25 = 2$ jmi

Atidedamas TWC: 2 jmi – 060° (C4 paveikslas)

Dreifo greičiui ir kurso skaičiavimui imama formulė iš 1 lentelės:

Dreifo greitis: $0,029 \times U + 0,039$

Kurso paklaida: $X^\circ = \pm 20^\circ$

Dreifas: $0,029 \times 14 + 0,039 = 0,45$ jmi, tai po 8 val. bus $8 \times 0,45 = 3,6$ jmi

Skaičiuojami R ir $R(\pm X^\circ)$ pagal formulę $(X_{\text{error}} + (30 \% \text{ RDV ilgio})) \times F_s$

Iš jūrlapio RDV = 5,6 jmi

X_{error} iš 9 lentelės imama 0,1 jmi ir F_s iš 10 lentelės imama 1,1

$R = (0,1 + 1,68) \times 1,1 = 1,96$ jmi

Iš jūrlapio RDV (+ X°) = 6 jmi

$R(+X^\circ) = (0,1 + 1,8) \times 1,1 = 2,09$ jmi

Iš jūrlapio RDV (- X°) = 5,8 jmi

$R(-X^\circ) = (0,1 + 1,74) \times 1,1 = 2,02$ jmi

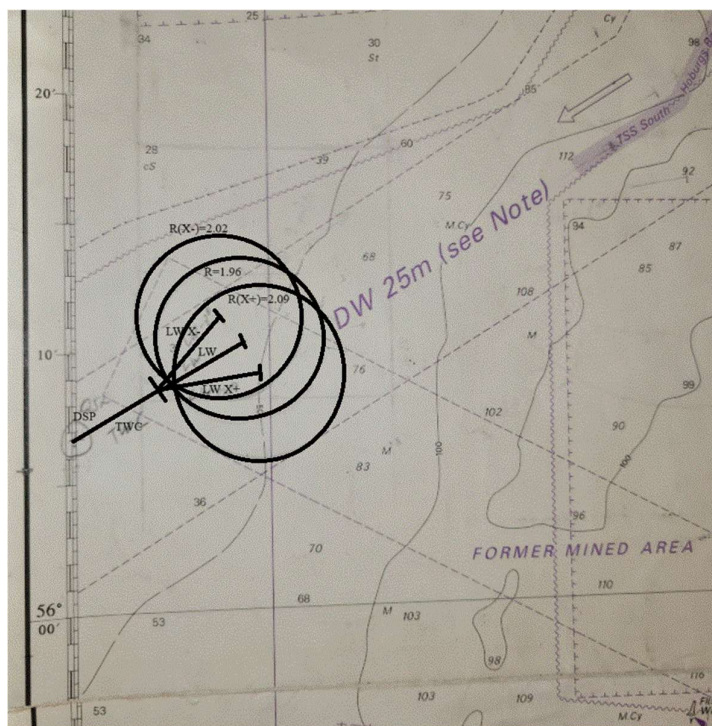
Iš jūrlapio gaunama, kad paieškos plotas yra: 5 jmi $\times$ 7 jmi

Skaičiuojamas koreguotas paieškos plotis pagal formulę:

$W_c = W_u \times F_f \times F_v \times F_w = 4,2 \times 1 \times 1 \times 0,25 = 1,0625 = 1,1$ jmi

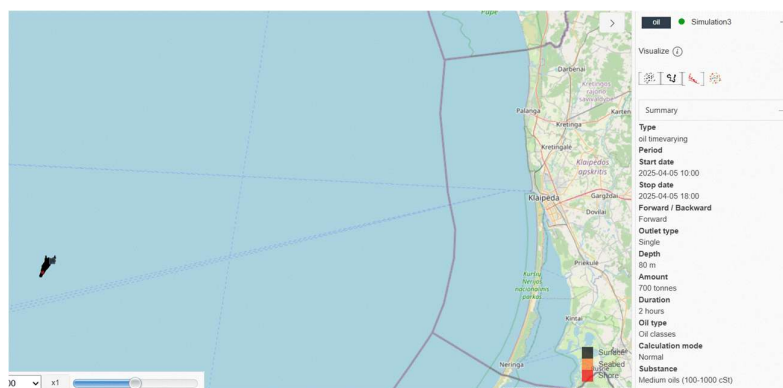
Gaunama, kad PGO rajoną reikia padalinti į 5 kelius (5 jmi / 1,1 jmi)

Iš viso, norint iki galo padengti rajoną laivui teks įveikti 35 jmi ($7 \text{ jmi} \times 5 \text{ k.}$)
 Tai laivo greičiui esant 17,5 mzg. (17 lentelė) operacija truks 2 val.
 Gautas atstumas iki rajono vidurio 100 jmi, o iki rajono pradžios 95 jmi

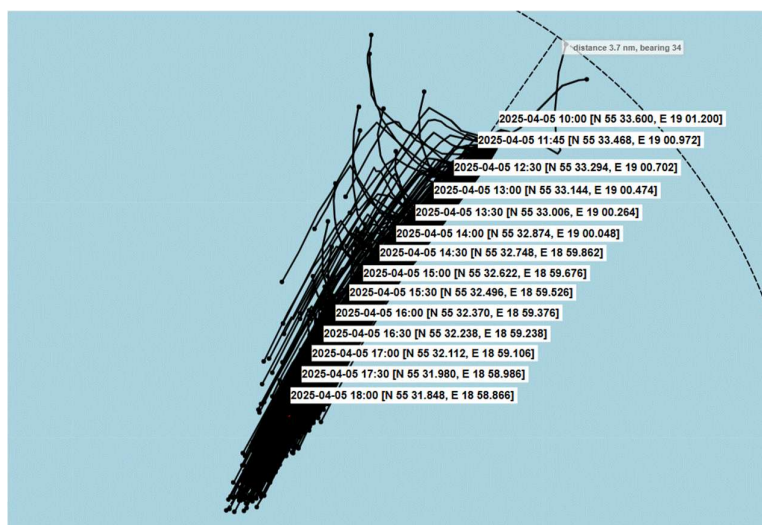


C4 pav. PAL gelbėjimo rajonas esant vidutinėms hidrometeorologinėms sąlygoms

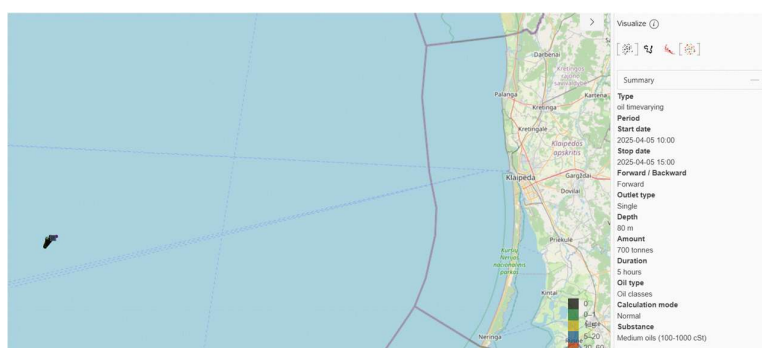
D PRIEDAS. TSVPMMP rezultatai



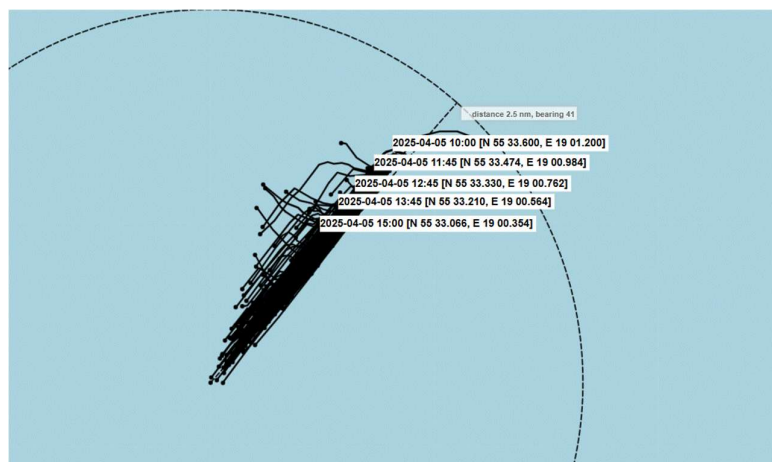
D1 pav. Taršos sklaida blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis po 8 val., JIAL atvykimas



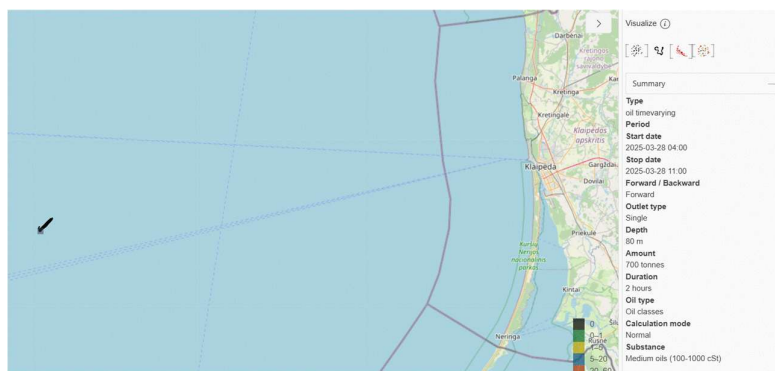
D2 pav. Taršos sklaidos blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis laiko skalė, JIAL atvykimas



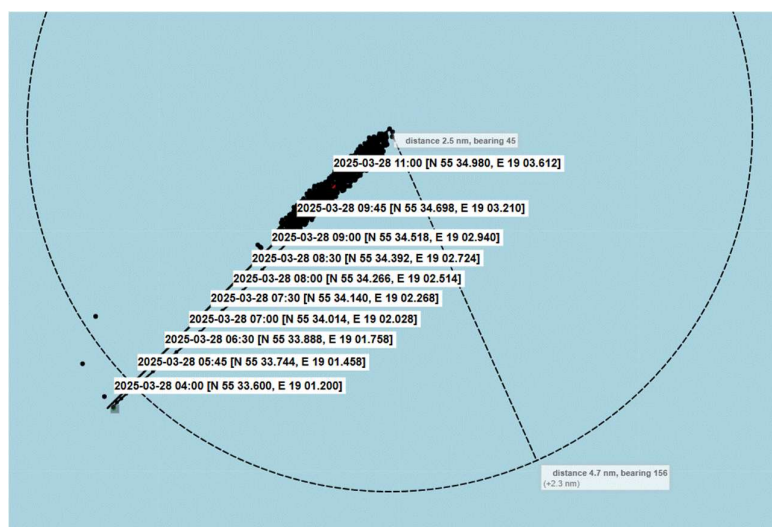
D3 pav. Taršos sklaida blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis po 5 val., PAL atvykimas



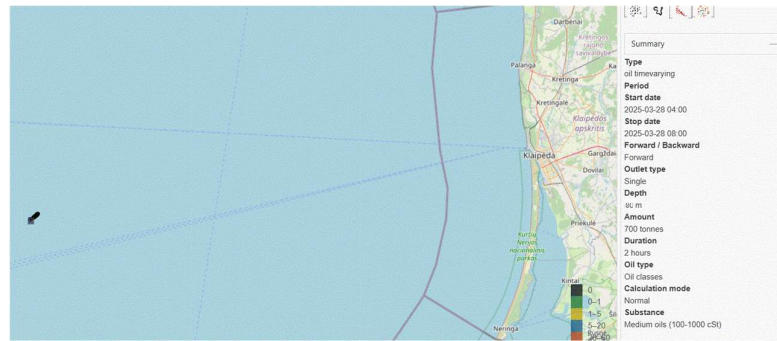
D4 pav. Taršos sklaidos blogiausiomis hidrometeorologinėmis sąlygomis laiko skalė, PAL atvykimas



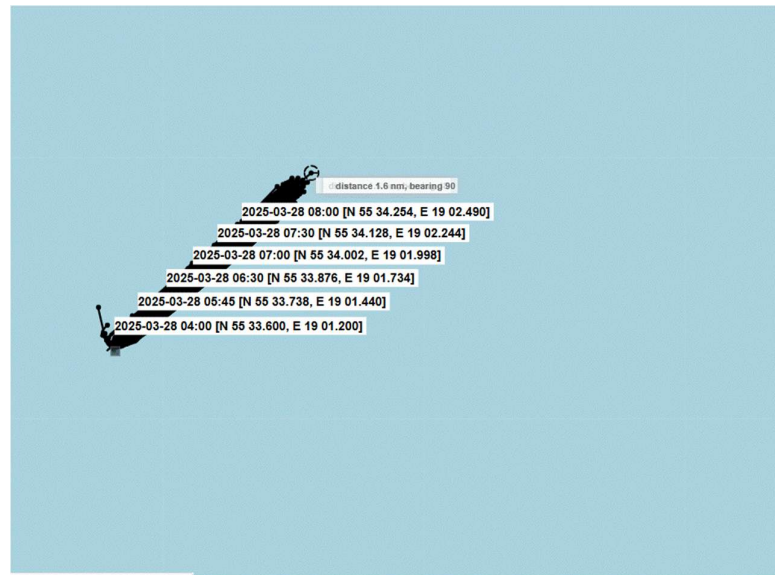
D5 pav. Taršos sklaida vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis po 7 val., JIAL atvykimas



D6 pav. Taršos sklaidos vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis laiko skalė, JIAL atvykimas



D7 pav. Taršos sklaida vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis po 4 val., PAL atvykimas



D8 pav. Taršos sklaidos vidutinėmis hidrometeorologinėmis sąlygomis laiko skalė, PAL atvykimas

Teršalų surinkimo rankų aprėpties skaičiavimas:

Sujungiamos (37) ir (38) formulės ir išreiškiamas *swath*:

$$swath = \frac{PA}{speed \times AOP}$$

Apskaičiuojami *swath* visiems keturiems rajonams:

$$10\,400\,000 \div (1,5 \times 172\,800) = 40 \text{ m}$$

$$5\,980\,000 \div (1,5 \times 172\,800) = 23 \text{ m}$$

$$1\,800\,000 \div (1,5 \times 172\,800) = 7 \text{ m}$$

$$1\,100\,000 \div (1,5 \times 172\,800) = 4 \text{ m}$$