

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas
Jūrų inžinerijos katedra

Mindaugas Surplys

**INOVATYVŪS VANDENS PASIPRIEŠINIMO LAIVO
JUDĖJIMUI MAŽINIMO BŪDAI**

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

Klaipėda, 2017

**LAIVŲ PROJEKTAVIMO IR STATYBOS STUDIJŲ PROGRAMOS (621H52001)
BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS**

Pildo magistro baigiamojo darbo autorius

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

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

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

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

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

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Pildo magistro baigiamojo darbo vadovas

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo Jūrų inžinerijos katedros, kuriojančios studijų programą, administratorė

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

(registracijos numeris, data)

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

Pildo Jūrų inžinerijos katedros, kuriojančios studijų programą, vedėjas

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentu skiriu

(įrašyti recenzento vardą, pavardę)

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

.....
(data)

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Jūrų inžinerijos katedros vedėjas:

.....
(data)

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

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

Užduotis studentui: Mindaugui Surpliui

Temos pavadinimas: Inovatyvūs vandens pasipriešinimo laivo judėjimui mažinimo būdai

Darbo sudėtis

ĮVADAS

I. LITEARTŪROS ANALIZĖ

1.1. Pasaulyje atliktų tyrimų analizė

II. TEORINĖ DALIS

2.1. Laivo pasipriešinimą sudarančios jėgos

2.2. Vandens pasipriešinimo įvertinimo būdai

2.3. Laivo pasipriešinimo mažinimo metodai

III. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Tiriamo laivo aprašymas

3.2. Tyrimo metodika

3.3. Tyrimo eiga

3.4. Skaičiavimo rezultatų palyginimas bei analizė

3.5. Ekonominis įvertinimas

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

LITERATŪRA

PRIEDAI

Darbo vadovas (-ė): Vasilij Djačkov

(vardas, pavardė, parašas)

SANTRAUKA

Surplys M. *Inovatyvūs vandens pasipriešinimo laivo judėjimui mažinimo būdai*. Laivų projektavimo ir statybos magistro studijų programos baigiamasis darbas. Darbo vadovas doc. dr. V. Djačkov, Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2017. -51 psl., priedų- 25 psl.

Šiame magistro baigiamajame darbe nagrinėjamas vandens pasipriešinimo mažinimo metodas panaudojant orą po laivo korpusu. Pagal anksčiau atliktų eksperimentų rezultatus bus nustatomi metodo veiksmingumą įtakojantys veiksniai ir pagal jų rekomendacijas bus atliekamas tyrimas. Praeitame tyrime buvo naudotas laivo korpusas su aptakaus gumbo forma laivapriekyje, kuris sumažindavo vandens srovės greitį po laivo korpusu. Atliekant tyrimą be aptakaus gumbo formos bus galima nustatyti esant kokiems srovės greičiams po laivo korpusu metodas yra veiksmingesnis.

Šio metodo veiksmingumas bus tiriamas birius krovinius gabenančiam vidaus vandenų laivui. Tai bus atliekama skaičiuojamąja skysčių dinamikos programa Flow 3D. Pagal pateiktus rezultatus bus įvertinamas metodo veiksmingumas ir jo teikiama ekonominė nauda laivo eksploatuotojui, kuri bus įvertinama sunaudojamu kuro kiekiu.

Šio darbo tikslas: įvertinti laivo pasipriešinimo mažinimo metodą panaudojant orą po laivo korpusu veiksmingumo rodiklį esant korpuso formai be aptakaus gumbo formos.

Šio darbo uždaviniai: Išanalizuoti laivo pasipriešinimą sukeliančias jėgas; apžvelgti atliktus tyrimus ir rezultatus; sumodeliuoti laivo pasipriešinimo mažinimo oro sluoksniu bandymą SSD programa; įvertinti gautus rezultatus; palyginti bandymo rezultatus esant aptakaus gumbo formai ir be aptakaus gumbo formos; įvertinti šio metodo ekonominę naudą parinktam laivui; numatyti tolimesnių tyrimų reikalingumą.

Raktažodžiai: Vandens pasipriešinimas, oro tiekimas, skaičiuojamoji skysčių dinamika, aptakus gumbo forma.

SUMMARY

Surplys M. Innovative water drag reduction method. Ship design and construction of master's degree thesis. Thesis tutor doc. dr. V. Djačkov, Klaipėda University: Klaipėda, 2017. -51 p., adds -25 p.

In this master's final work will be analyzing water drag reduction method using air lubrication under ship's hull. The factors that impact the methods efficiency will be known after examining results from older experiments. The research will be done according to the recommendations from the older experiments. In earlier experiment the hull form was used with bulbous bow in the front, which made water flow speed smaller under the bottom part of the hull. Experiment using ship's hull without bulbous bow in front will show us in which water flow speeds the method is more effective.

Efficiency of this method will be tested on a bulk cargo carrying vessel that operates in inland waters. The efficiency will be determent by using a computational fluid dynamics program Flow 3D. Using the result the methods efficiency and its economic benefits for the vessel operator will be estimated by the amount of fuel used.

The final works goal is: analyze ships drag reduction using air and estimate its efficiency on a selected vessel's hull without bulbous bow.

The works objectives: analyze ships drag generating forces; review the experiments and its results; model ships drag reduction using air experiment on a CFD program; evaluate the given results; evaluate the results with and without bulbous bow; evaluate methods economic benefit to the selected ship; prefigure further testing necessity.

Key words: water drag, air supply, computational fluid dynamics, bulbous bow

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1.1.	lentelė. Lattore atlikto eksperimento rezultatai.....	17
1.1.2	lentelė. Sparno formos oro tiekimo vamzdelio bandymo rezultatai.....	19
1.1.3	lentelė. Vandens pasipriešinimo mažinimo procesui nustatyti atlikti eksperimentai.....	20
3.1.1.	lentelė. Pagrindinės laivo charakteristikos.....	29
3.2.1.	lentelė. Skaičiavimuose naudojami greičiai.....	31
3.2.2.	lentelė. Dirbtinių tinklelių geometrinės charakteristikos.....	33
3.2.3.	lentelė. 1 tinklelio sienelių savybės.....	34
3.4.1.	lentelė. Pasipriešinimo dydis.....	46
3.5.1.	lentelė. Laivo judėjimui reikalinga galia.....	47
3.5.2.	lentelė. Laikas per kurį laivas nuplauks 1000 km.....	47
3.5.3.	lentelė. Sunaudojamo kuro kiekis.....	48
3.5.4.	lentelė. Ekonominė nauda.....	48

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1.1. paveikslas. Gustaf'o de Laval'o eksperimente panaudotas valtis	12
1.1.2. paveikslas. SES katamarano apačios vaizdas.....	14
1.1.3. paveikslas. Oro tiekimo vietos SES katamarane.....	14
1.1.4. paveikslas. SSD programoje nurodytos sąlygos.....	15
1.1.5. paveikslas. SSD eksperimento rezultatai.....	16
1.1.6. paveikslas. Lattore eksperimente panaudoti laivo modeliai.....	16
1.1.7. paveikslas. Pasienio sluoksnio storiui nustatyti panaudotas laivas.....	17
1.1.8. paveikslas. Sparno formos oro tiekimo vamzdis.....	18
1.1.9. paveikslas. Sparno formos oro tiekimo vamzdžio veikimo schema.....	18
1.1.10. paveikslas. Bandymo su ir be gleivių tiekimo bandymo rezultatai.....	20
2.1.1. paveikslas. Viso pasipriešinimo dedamosios dalys procentais atsižvelgiant į laivo greitaigumą.....	23
2.2.1. paveikslas. Eigumo baseinas.....	24
2.2.2. paveikslas. Kavitacinis vamzdis.....	25
2.2.3. paveikslas. Vandens turbulencijos tyrimas.....	25
2.2.4. paveikslas. SSD programos rezultatai.....	26
2.3.1. paveikslas. Oro tiekimas po laivo korpusu metodus.....	28
3.1.1. paveikslas. Laivo korpuso forma su aptakaus gumbo forma laivapriekyje.....	30
3.1.2. paveikslas. Laivo korpuso forma be aptakaus gumbo formos laivapriekyje.....	30
3.2.1. paveikslas. Laivo atvaizdas FLOW 3D programoje esant aptakaus gumbo formai.....	32
3.2.2. paveikslas. Laivo atvaizdas FLOW 3D programoje esant aptakaus gumbo formai.....	33
3.2.3. paveikslas. Tinklių išsidėstymas.....	33
3.2.4. paveikslas. Oro tiekimo vieta ant laivo korpuso.....	35
3.3.1. paveikslas. Oro pratekėjimas pro šoną.....	36
3.3.2. paveikslas. Oro tiekimo ir juostelių išsidėstymas ant laivo korpuso.....	36
3.4.1. paveikslas. Vandens srauto greičių pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.....	37
3.4.2. paveikslas. Vandens srauto greičių pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,5 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.....	37
3.4.3. paveikslas. Vandens srauto greičių pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 4,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.....	37
3.4.4. paveikslas. Vandens slėgio pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.....	38

3.4.5. paveikslas. Vandens slėgio pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,5 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.....	38
3.4.6. paveikslas. Vandens slėgio pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 4,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.....	39
3.4.7. paveikslas. Slėgio pasiskirstymas esant 3,0 m/s greičiui.....	39
3.4.8. paveikslas. Slėgio pasiskirstymas esant 3,5 m/s greičiui.....	40
3.4.9. paveikslas. Slėgio pasiskirstymas esant 4,0 m/s greičiui.....	40
3.4.10. paveikslas. Laivą veikiančios slėgio jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma.....	41
3.4.11. paveikslas. Laivą veikiančios slėgio jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos.....	41
3.4.12. paveikslas. Laivą veikiančios slėgio jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma.....	42
3.4.13. paveikslas. Laivą veikiančios trinties jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma.....	42
3.4.14. paveikslas. Laivą veikiančios trinties jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos.....	43
3.4.15. paveikslas. Laivą veikiančios trinties jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma.....	43
3.4.16. paveikslas. Bendro laivo korpuso veikiančios vandens pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma.....	44
3.4.17. paveikslas. Bendro laivo korpuso veikiančios vandens pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos.....	44
3.4.18. paveikslas. Bendro laivo korpuso veikiančios vandens pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma.....	45

TURINYS

IVADAS	10
I. LITERATŪROS ANALIZĖ	12
1.1. PASAULYJE ATLIKTŲ TYRIMŲ ANALIZĖ	12
II. TEORINĖ DALIS	22
2.1. LAIVO PASIPRIEŠINIMĄ SUDARANČIOS JĖGOS	22
2.2. VANDENS PASIPRIEŠINIMO ĮVERTINIMO BŪDAI	24
2.3. LAIVO PASIPRIEŠINIMO MAŽINIMO METODAI	27
III. TIRIAMOJI DALIS	29
3.1. TIRIAMO LAIVO APRAŠYMAS	29
3.2. TYRIMO METODIKA	30
3.3. TYRIMO EIGA	35
3.4. SKAIČIAVIMO REZULTATŲ PALYGINIMAS BEI ANALIZĖ	36
3.5. EKONOMINIS ĮVERTINIMAS	46
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	49
LITERATŪRA	50
PRIEDAI	52

IVADAS

Dauguma krovinių, keleivių pasaulyje yra transportuojami vandens transporto pagalba, kadangi tai yra santykinai pigesnis būdas šioms operacijoms atlikti. Dėl šios priežasties ši transporto rūšis sunaudoja gana didelį kiekį pasaulio energijos šaltinių (mazuto, dyzelino, dujų ir t.t.).

Norint sumažinti energijos sunaudojimą reikalinga arba padidinti naudojamų įrenginių naudingumo koeficientus t.y. tikslingai panaudoti kuo mažesni energijos kiekį tam pačiam veiksmui atlikti arba sumažinti laivo pasipriešinimą judėjimui. Didžiausią kiekį energijos komerciniai laivai sunaudoja plaukdami nustatytu maršrutu, todėl tikslinga būtų mažinti vandens pasipriešinimą laivo korpusui.

Šiame magistro baigiamajame darbe bus toliau nagrinėjamas oro pasipriešinimo mažinimo metodas panaudojant oro sluoksnį po laivo korpusu.

Praeitame tyrime buvo nagrinėjamas oro pasipriešinimo mažinimo metodo efektyvumas pasirinktam birius krovinius transportuojančiam vidaus vandenų laivui, kurio korpuso forma atitiko ankstesnių bandymų rekomendacijas (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p), (Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.), (Kawabuchi, et al, 2011, 57p), (Kakaguwa, et al, 2000).

Buvo atlikti 6 bandymai esant skirtingiems vandens tekėjimo greičiams panaudojant vieną iš skaičiuojamųjų skysčių dinamikos programų Flow 3D. Šioje programoje buvo sumodeliuotas atvirkštinis pasipriešinimo nustatymo metodas, kai laivo korpuso formos skaitmeninis atvaizdas yra stacionariai įtvirtintas vienoje vietoje ir jį apteka vandens srovė greičiu lygiu laivo judėjimo greičiui. Kad būtų galima palyginti oro tiekimo po laivo korpuso metodo efektyvumą trys bandymai buvo atlikti be oro tiekimo, o kiti trys bandymai su. Oras buvo tiekiamas ties laivapriekiu, kadangi tokiu būdu tiekiamas oras kontaktuos su didesniu korpuso paviršiaus plotu.

Šių 6 bandymų rezultatai parodė, kad didžiausias pasipriešinimo sumažėjimas parinktai laivo korpuso formai yra esant srovės greičiui 3,5 m/s. Lyginant pasipriešinimo dydžius be ir su oro tiekimu po laivo korpusu buvo gauta, kad esant anksčiau minėtam vandens srovės greičiui tiekiant orą pasipriešinimas sumažėjo 18 procentų. Tačiau pasipriešinimo sumažėjimas buvo jaučiamas ne visada- esant srovės greičiui 3 m/s vandens pasipriešinimas išaugo. Dėl šios priežasties buvo padaryta išvada, kad yra reikalingi tolimesni tyrimai norint nustatyti metodo veiksmingumo rodiklius įtakančius veiksnius. Nagrinėjamo laivo korpuso formoje buvo aptakaus gumbo forma, kurio pagalba yra sumažinamas vandens srauto greitis po laivo dugnu. Tokiu būdu sumažinamas prisisiurbimo efektas tarp laivo korpuso ir vandens telkinio dugno, kadangi laivas yra eksploatuojamas vidaus vandenyse.

Kadangi aptakaus gumbo forma sumažina vandens srauto greitį po laivo korpusu, kur ir yra tiekiamas oras, nustatysime ar vandens greitis turi įtakos metodo veiksmingumui.

Tyrimo aktualumas. Šylantis žemės klimatas ir neatsinaujinančių energijos šaltinių resursų mažėjimas verčia ieškoti kuro ir išmetamųjų dujų kiekio mažinimo būdų. Reikalinga atrasti sąlyginai paprastus ir daug investicijų nereikalaujančius būdus kaip tai atlikti.

Tyrimo problema. Lėtaeigių laivų pasipriešinimo didžiąją dalį sudaro trinties pasipriešinimas, kuris susidaro dėl vandens klampumo. Prie laivo korpuso paviršiaus vandens tekėjimo greitis yra mažesnis.

Tyrimo objektas. Vandens pasipriešinimo mažinimas panaudojant oro tiekimą po laivo korpusu.

Tikslas: įvertinti laivo pasipriešinimo mažinimo metodą panaudojant orą po laivo korpusu veiksmingumo rodiklį esant korpuso formai be aptakaus gumbo formos.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti atliktus tyrimus ir jų rezultatus;
2. Sumodeliuoti laivo pasipriešinimo mažinimo oro sluoksniu bandymą skaičiuojamąja skysčių dinamikos programa;
3. Įvertinti skaičiuojamąją skysčių dinamikos programa gautus rezultatus;
4. Įvertinti šio metodo ekonominę naudą parinktam laivui;
5. Palyginti bandymo rezultatus esant aptakaus gumbo formai ir be aptakaus gumbo formos;
6. Numatyti tolimesnių tyrimų reikalingumą.

Tyrimo metodai. Magistro baigiamajame darbe taikytas mokslinės literatūros analizė sudarytas matematinis eksperimentas panaudojant skaičiuojamąją skysčių dinamikos programą Flow 3D.

Darbo struktūra. Magistro baigiamąjį darbą sudaro įvadas, literatūros analizė, teorinė dalis, tiriamoji dalis, išvados ir rekomendacijos, literatūra ir priedai Darbo apimtis 51 psl, jose pateikta 12 lentelių, 42 paveikslu, 12 priedų.

I. LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1. Pasaulyje atliktų tyrimų analizė

Laivo pasipriešinimo mažinimo veiksmingumui, veikimo modeliui nustatyti kai yra panaudojamas oro tiekimas po laivo korpusu eksperimentai bus apžvelgiami pagal jų publikavimo metus. Tokiu būdu bus galima matyti metodo vystymosi raidą.

1883 m. švedų inžinierius ir išradėjas Gustafas de Laval'as atliko pirmąjį eksperimentą panaudodamas suslėgtą orą iš daugelio valtys (1.1.1. pav.) korpuso sekcijų. Šio eksperimento tikslas buvo įsitikinti, ar tiekiant orą po korpusu susidaręs oro sluoksnis prisitvirtinęs prie korpuso paviršiaus sumažins vandens pasipriešinimą, kadangi sumažės kūno suvilgyto paviršiaus plotas. Eksperimento metu gauti rezultatai parodė, kad oro sluoksnis yra nukreipiamas pagal aptekančio vandens srauto vietoje prisitvirtinusio oro sluoksnio buvo gauti oro burbulai, kurie neprisitvirtina prie paviršiaus. Taip pat nebuvo gautą jokie pasipriešinimo sumažėjimo.(Statens Skeppsproving Anstalt)



1.1.1 pav. Gustaf'o de Laval'o eksperimente panaudotas valtys(Statens Skeppsproving Anstalt).

Sekantis eksperimentas buvo atliktas tik po daugelio metų. McCormickas ir Bhattachara šią idėją pritaikė savo darbe, kuris buvo publikuotas 1973 m. Jie panaudojo varinę vielą, kurią apsuko aplink neriantį modelį. Modelis buvo 66 cm ilgio ir 12,7 cm pločio plačiausioje vietoje. Panaudoję elektrolizę jie gavo vandenilio burbulus. Savo eksperimentu jie atrado priklausomybę tarp pasipriešinimo mažinimo efektyvumo, judėjimo greičio ir vandenilio burbulų susidarymo greičio.(Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.)

Kita grupė tyrinėtojų (1977 m.) atliko eksperimentą, kurio metu buvo leidžiamas oro srautas į turbulentinį vandens sluoksnį, kuris susidarė tarp dviejų plokščių. Eksperimento išvadose buvo teigiama, kad Reinoldso skaičius buvo svarbus parametras darantis įtaką trinties pasipriešinimui. Esant dideliems Reinoldso skaičiams trinties pasipriešinimo mažinimas panaudojant oro burbulus yra veiksmingas.(Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.)

Į klausimą kokios dujos naudoti yra veiksmingiausia ryžosi atsakyti Madavanas et al (1983 m.). Jų eksperimento rezultatai neparodė efektyvumo skirtumo tarp helio ir oro ant plokščio paviršiaus, tačiau po kurio laiko Deutschas ir Castano (1986 m.) nustatė, kad helis veiksmingesnis mažinant pasipriešinimą nei oras esant dideliems srovių greičiams. (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p)

Madavanas et al (1985 m.) tęsė pasipriešinimo mažinimo panaudojant oro burbulų sluoksnį tyrinėjimus panaudodamas kompiuterinius skaičiavimus. Jie panaudojo matematinės lygtis, kad būtų gauti atitinkamo dydžio oro burbulai. Tokiu būdu jie galėjo atlikti simuliacinį analizuojamąjį bandymą. Jų išvadose buvo teigiama, kad skysčio klampumas, tankumas ir oro burbulai kartu bando paveikti pasienio sluoksnio charakteristikas. Kai burbulai susijungia į didesnius oro burbulus jie gali sutrikdyti pasienio sluoksnio susidarymui ir neigiamai paveikti trinties mažinimo veiksmingumą.(Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.)

Merkė ir Deutshas (1989 m.) atrado, kad burbulai turi būti įpurškiami į laivapriekyje, kad būtų pasiektas pasipriešinimo mažinimo efektas.(Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.)

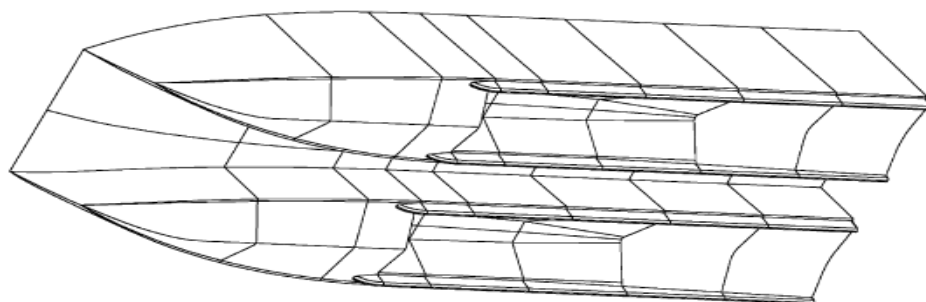
Ne laboratorijose atliekami bandymai panaudojant tikrus laivus ne visada yra sėkmingi. Vienas iš nepasisekusių bandymų atliko Kodamą et al.(2002) panaudodamas laivą „Sejun Maru“. Šio bandymo metu nebuvo užfiksuota žymaus pasipriešinimo sumažėjimo tiek bandant modelį tiek tikrą laivą. Šiuose bandymuose buvo pastebėtas tik 2 % pasipriešinimo sumažėjimas ir tik tam tikro greičio ribose. Norint, kad oro tiekimo sistema veiktų, jai reikalinga energija. Tad šiame eksperimente dėl šios priežasties buvo pastebėtas bendros sunaudojamos energijos kiekio padidėjimas.(Sayyaadi, et al, 2013, 541 p)

Kitas svarbus aspektas vertinant metodo veiksmingumą tai oro pavidalas po laivo korpusu. Shirnoyama (2002 m.) panaudojo oro sluoksnį vietoje pučiamų oro burbulų. Rezultatai buvo geresni. Eksperimente panaudoti 7 m ir 16 m ilgio plokščiadugniai laivų modeliai. 7 m ilgio modelio pasipriešinimas buvo sumažintas 10–15 %, o 16 m ilgio modelio pasipriešinimas esant 7 m/s greičiui sumažėjo 20 % ir 4 m/s- 30 %.(Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.)

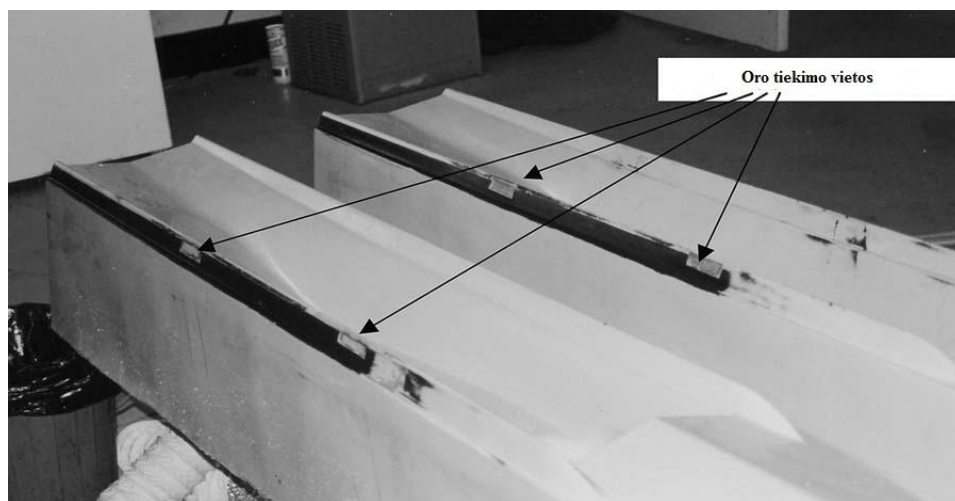
Trinties pasipriešinimo mažinimo oro burbulais tyrinėjimai burbulų dinamikos atžvilgiu yra labai riboti ir, deja, šios teorijos įgytos nepaisant, kai kurių pagrindinių parametrų. Pvz. Moriguchis ir Kato (2002 m.) manė, kad burbulų dydis išlieka pastovus keliaujant palei pasienio sluoksnį, tačiau individualių burbulų dydis keičiasi ir burbulų dydžio vystymasis, dėl burbulų susijungimo ir išsisklaidymo, yra nepaisytas. (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p)

Latorre et al. (2003)(Latorre, et al, 2003, 2309 p) pritaikė nagrinėjamą trinties pasipriešinimo mažinimo būdą SES katamaranui(1.1.2. pav.). Katamarano modelis buvo pagamintas masteliu 1:12. Oro tiekimo vietos pavaizduotos 1.1.3. pav. Šiuo bandymu buvo norėta pamatyti: koks oro burbulų efektyvumas kartu su lygiu specialiai trintį mažinančiu paviršiumi padengtu korpusu; ar oro burbulai sumažina pasipriešinimą leidžiant juos katamarano vertikaliuose bortuose; oro debito įtaką pasipriešinimo mažinimo veiksmingumui. Tyrėjai bandė nagrinėti oro burbulų efektyvumą vertikaliam paviršiui, kitaip nei ankstesnių tyrinėtojų pvz. Madavano et al. (1984 m.). Jie keitė tekėjimo srauto greitį baseine palikdami oro debitą tolygų. Gauti rezultatai parodė, kad katamarano pasipriešinimas sumažėjo 5–8 %, o esant lygiam paviršiui 8–11 %. Bandymo rezultatai sutapo su

Madavan et al. (1984) rezultatais. Buvo nustatyta, kad pasipriešinimo mažinimo veiksmingumas yra labai jautrus oro srauto debito kiekiui.



1.1.2.pav. SES katamarano apačios vaizdas (Latorre, et al, 2003, 2309 p) .



1.1.3.pav. Oro tiekimo vietas SES katamarane (Latorre, et al, 2003, 2309 p) .

Kitagava et al.(2004) rado, kad burbulai deformavosi tėkmės atžvilgiu, sumažino turbulentinę įtampą, kadangi tėkmės sritis aplink burbulą buvo izotropinė(visomis kryptimis turėjo vienodus parametrus). Kiti metodai buvo pasiūlyti, kaip burbulų dalinimas į smulkesnius burbulus.(Sayyaadi, et al, 2013, 541 p)

Takahito Takahashi et al. (2000) (Kakaguwa, et al, 2000, 9 p) bandė išsiaiškinti: kaip veikia glotnus korpuso paviršius kartu su oro burbulų sistema; pasienio sluoksnio storio ir išpučiamo oro vietos įtaką trinties mažinimo efektyvumui; patikrinti ar mastelinis efektas turi poveikį veiksmingumui. Eksperimentas buvo vykdomas 400 m. ilgio bandomajame baseine panaudojant 5 m. ilgio plokščio dugno laivo modelį. Oras buvo pučiamas dviejose vietose: laivapriekyje ir ties laivo mideliu. Bandymo rezultatai parodė, kad glotnaus paviršiaus panaudojimas kartu su oro burbulais neturi didelės įtakos veiksmingumui. Glotnus paviršius sumažino oro burbulų dydį, todėl galima teigti, kad burbulų dydis neturi įtakos efektyvumui, kaip ir pasienio sluoksnio storis. Atstumas iki išpūtimo vietos yra pats svarbiausias parametras. Autoriai

taip pat pamini, kad tai tik preliminarūs rezultatai ir reikia atlikti tolimesnius bandymus šia kryptimi.

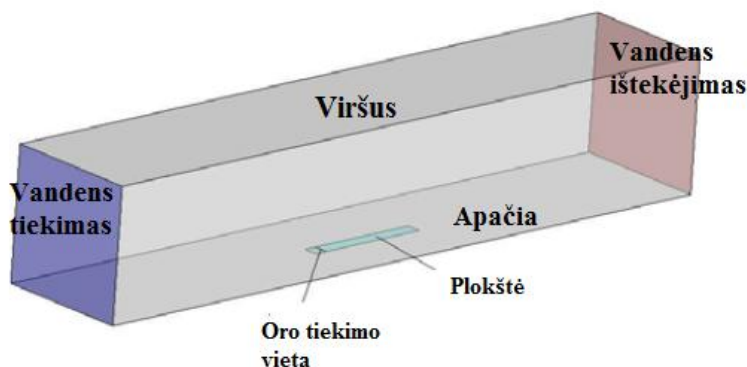
Pagal šio eksperimento rezultatus buvo paskaičiuotas trinties pasipriešinimo mažinimo efektas oro burbulais 300 m. ilgio tankeriui. Buvo nustatyta, kad esant visiškai pakrautam tanklaiviui oro burbulų veiksmingumas yra beveik nulis, tačiau esant tik su balastu veiksmingumas yra tik 2 %.(Kakaguwa, et al, 2003)

SSD programos taip pat panaudojamos numatyti pasipriešinimo sumažėjimui panaudojant orą. Murakami et al. imitavo tekėjimą aplink cementą gabenantį laivą, kuris buvo panaudotas Kodama et al. (2008 m.) eksperimente ir įvertino laivo laikysenos pasikeitimus, oro išpūtimo vietas pagal pasipriešinimo mažinimo koeficientą ir oro burbulų įtaką sraigto disko darbui.(Kawabuchi, et al, 2011, 57p)

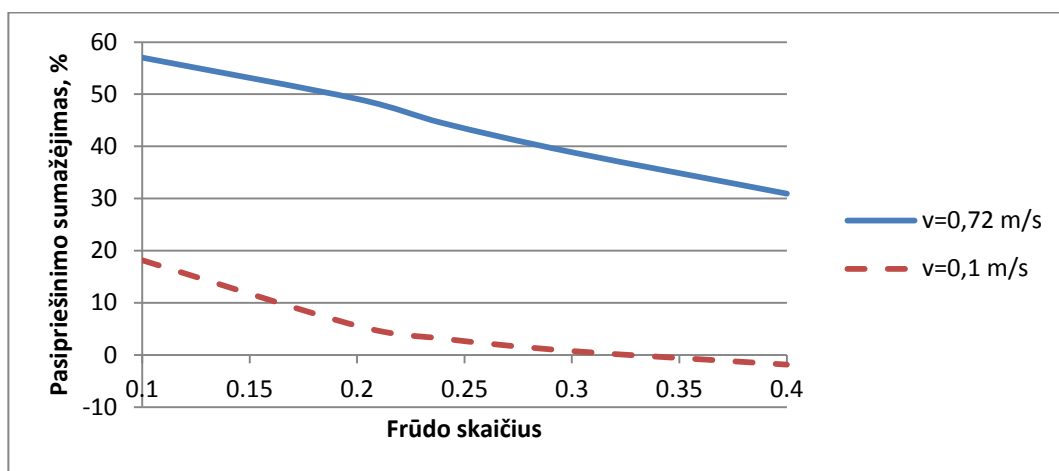
Kawabuchi et al. (2011 m.) (Kawabuchi, et al, 2011) nusprendė palyginti SSD programos pagalba sukurto srauto aplink korpusą vaizdą su eksperimentiniu būdu gautu rezultatu. Taip pat buvo norima patikrinti oro burbulų srauto poveikį sraigto darbui. Rezultatai patvirtino, kad oro burbulų pasiskirstymas laivo korpuso apačioje mažai kito keičiant oro burbulų diametrą. Eksperimentiniu būdu gauti rezultatai buvo panašūs į rezultatus gautus panaudojus SSD programą. Buvo patvirtinta kad oro burbulų diametro pasikeitimai neturėjo poveikio sraigtui, nors oro burbulų srautas į sraigtą didėjo mažėjant oro burbulų diametrui. Suskaičiuotų ir eksperimentinių rezultatų palyginimas patvirtino, kad varomosios jėgos naudingumo praradimas nežymus, kadangi oro burbulai tekėjo palei laivo apačia link vietos virš sraigto. (Kawabuchi, et al, 2011)

Kitas eksperimentas(2010) (Dogrul. Et al, 2010, 21 p) SSD programa buvo atliktas šiek tiek kitokiu metodu. Tyrėjai pasirinko techniškai lygią plokštę. Buvo norima nustatyti pasipriešinimo sumažinimą būtent šiai plokštei. 1.1.4. pav. pavaizduotas eksperimento sąlygos.

Buvo parinkti du vandens tekėjimo greičiai ir skirtingi Frūdo skaičiai. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 1.1.5. pav.



1.1.4. pav. SSD programoje nurodytos sąlygos (Dogrul. Et al, 2010) .



1.1.5. pav. SSD eksperimento rezultatai (Dogrul. Et al, 2010) .

Iš 1.1.5. pav. matyti, kad esant mažiems srautų greičiams ir Frūdo skaičiui naudoti oro burbulus yra gana naudinga, tačiau esant didesniai greičiui ir atitinkamam Frūdo skaičiui pasipriešinimas išauga.

H. Sayyaadi et al. (2013 m.) 70 cm ilgio katamarano modelio (1.1.6. pav.) modelinio bandymo rezultatai (1.1.1. lentelė) buvo panaudoti nustatyti oro tiekimo debito poveikį pasipriešinimo mažinimui ir nustatyti paprastą formuluotę apskaičiuoti optimalų oro tiekimo debitą pagal pagrindinius laivo parametrus, tokius kaip: ilgį, plotį ir greitį. Rezultatai parodė, kad didžiausias trinties pasipriešinimo mažinimo rodiklis mažėjo, greičiui didėjant. Kitaip tariant, pasipriešinimo mažinimo poveikis mažėja esant dideliems greičiams, tad šį metodą veiksmingiau naudoti mažesniu greičiu plaukiančiuose laivuose. Dar buvo atrasta, kad panaudojant pernelyg didelį kiekį oro burbulų, jie tada atsiskiria nuo korpuso. Šioje situacijoje trinties pasipriešinimo mažinimo veiksmingumas mažėja, taigi oro padavimo kiekis turi reikšmingą poveikį pasipriešinimo mažinimui. Eksperimentas parodė, kad norint pasiekti maksimalų trinties pasipriešinimo mažinimą, įleidimo koeficientas turi būti tarp 0,4 ir 0,6, kas apytikriai panašūs rezultatai eksperimento, kurį atliko Lattore et al., kuris teigė, kad veiksmingas įleidimo koeficientas yra apie 0,66. Įleidimo koeficientas tai oro ir pratekančio vandens tūrio santykis. (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p)

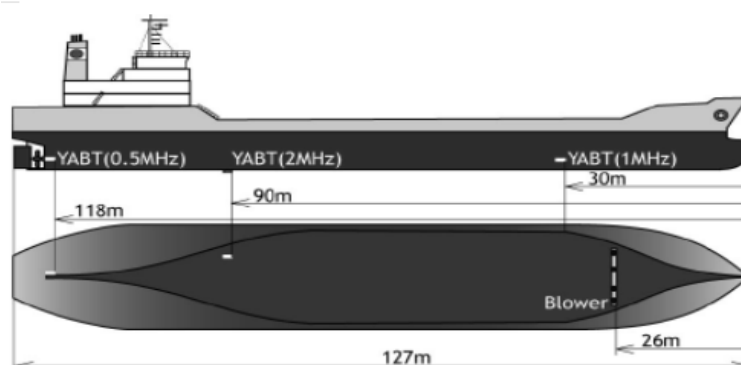


1.1.6. Pav. Lattore eksperimente panaudoti laivo modeliai (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p).

1.1.1. lentelė. Lattore atlikto eksperimento rezultatai (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p).

Modelio greitis (m/s)	Didžiausias trinties sumažėjimas (%)	Oro padavimo rodiklis(α)
0,96	7,9	0,4
1,73	7,4	0,4
2,76	7,1	0,6
3,53	5,1	0,6

Shoko Ohta et al.(Ohta, et al, 2005). nusprendė atlikti bandymus su tikru laivu(ir jo modeliu, kad nustatyti pasienio sluoksnio storį, oro burbulų poveiki pasienio sluoksnio turbulentiniams greičiams. Modelinius bandymus jie atliko 400 m ilgio baseine, o tikrą bandymą atliko panaudodami 127 m ilgio laivą Pasific Seagull(1.1.7. pav). Laivo judėjimo greitis buvo apie 13 kt. Ultragarsiniai davikliai buvo įmontuoti trejose vietose. Jų vietas galima pamatyti 1.1.7.pav. Duomenys buvo renkami 5 dienas, laivui plaukiant aplink Japonijos valstybę. Oro burbulų poveikis buvo tyrinėjamas esant laivui pilnai pakrautam ir esant balastui. Rezultatai parodė, kad oro burbulai neturėjo jokio poveikio. Autoriai tai paaiškino tuo, kad tekėjimas prie matavimo įtaisų nesąveikavo su oro burbulais.

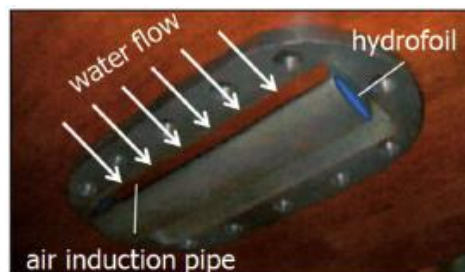


1.1.7. Pasienio sluoksnio storiui nustatyti panaudotas laivas(Ohta, et al, 2005).

Šiuo metu yra atliktas tik vienas eksperimentas šio metodo veiksmingumui nustatyti panaudojant naujai pastatytą laivą. Prieš šį eksperimentą, kad būtų patvirtintas oro tiekimo sistemos veiksmingumas, oro tiekimo sąlygos buvo stebimos vandens rezervuare. Viskas veikė tinkamai. Tikro laivo korpuso bandyme buvo sumažintas pasipriešinimas, kaip ir manyta, ir metodas buvo patvirtintas. Vėliau šį metodą buvo nuspręsta pritaikyti dideliame, nedidelės grimzlės, dvigubo dugno laivui. Prieš tai buvo atliktas oro tiekimo bandymas ant išgaubto paviršiaus. Buvo gautas 12 % pasipriešinimo sumažėjimas. Trinties pasipriešinimas sumažėjo panaudojant oro tiekimo po laivu metodą, kuris buvo manoma reikalingas sraigto apkrovai mažinti.(Mizokami, et al, 2010)

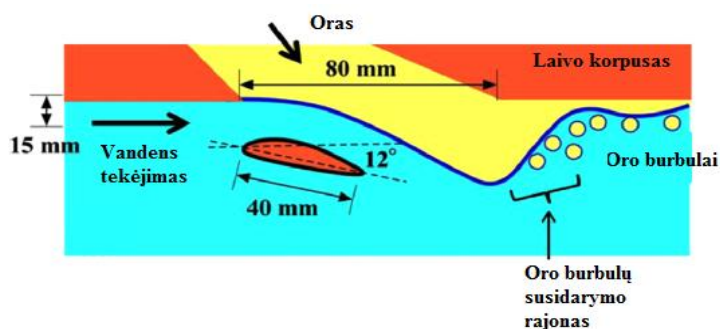
Kiti aspektai, kurie buvo ištirti yra laivo stabilumas plaukiant bangose ir atliekant manevrus. Laivo saugumas, jūrinės laivo tinkamumo charakteristikos ir manevringumas yra įtakojamos šio metodo ir laivo korpuso formos, kuris reikalingas veiksmingam metodo panaudojimui. Tyrimo rezultatai: esant ramiam vandeniui veiksmingumas buvo 3-10 %. Reikia atkreipti dėmesį, kad šis veiksmingumas gali būti pasiekiamas panaudojant tradicinius optimizavimus. Didėjančiose bangų aukščiuose šis metodas praranda savo pranašumą, tačiau šis metodas nepadidina pasipriešinimo ar kitaip pablogina jūrinį laivo tinkamumą plaukiant eksploataciniu greičiu. Kai šis metodas yra naudojamas, laivo pasipriešinimas pasisukimo ir svyravimo judesiui yra sumažinamas. Tai pablogina laivo manevravimo charakteristikas. (Thill, et al, 2005)

Oro tiekimui po laivo korpusu yra reikalingas oro kompresorius, kuris tiektų jį atitinkamu debitu. Kadangi oro kompresoriui reikia sudaryti slėgį didesnę už korpusą veikiantį vandens slėgį toje vietoje ir nugalėti sistemos hidraulinius nuostolius, yra sunaudojama gana daug papildomos energijos. Ši sunaudojama energija neleidžia pasiekti didesnių metodo efektyvumo rodiklių. Oro burbulai yra gaunami tiekiant orą po laivo korpusu per porėtas medžiagas arba kapiliarinius vamzdelius. Dėl susidariusių papildomų hidraulinių nuostolių, kuriems kompensuoti reikalinga papildoma energija, šio metodo veiksmingumo rodiklis nukrenta iki 0-5 proc (Latorre, et al, 2003, 2309 p). Dėl šios priežasties buvo pasiūlytas sparno formos oro tiekimo vamzdis (angl. winged air induction pipe), kuris yra pavaizduotas 1.1.8 paveikslėlyje.



1.1.8 pav. Sparno formos oro tiekimo vamzdis (Latorre, et al, 2003, 2309 p).

Šio elemento veikimo principas yra paremtas tuo, kad virš sparno formos vamzdelio tekant vandens srovei yra sukuriama žemo slėgio ruožas. Žemas slėgis nukreipia orą į atitinkamą gylį, nesukeliant žymaus oro suspaudimo ir hidraulinių nuostolių. Veikimo principą galime pamatyti 1.1.9 paveikslėlyje.



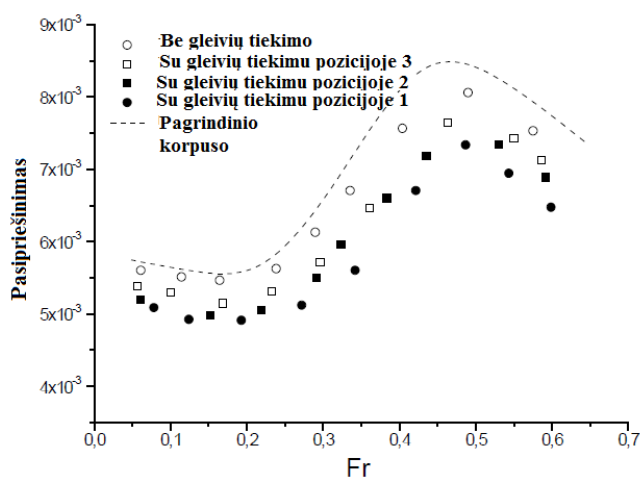
1.1.9 pav. Sparno formos oro tiekimo vamzdžio veikimo schema. (Latorre, et al, 2003).

Šis oro tiekimo po laivo korpusu būdas buvo panaudotas keturiuose skirtingo tipo laivuose. Bandymo rezultatus ir sąlygas galime pamatyti 1.1.2 lentelėje.

1.1.2 lentelė. Sparno formos oro tiekimo vamzdelio bandymo rezultatai. (Latorre, et al, 2003.).

Laivo pavadinimas	Adventure 2	Santander Ferry 1	New Ferry Misaki	Fillia Ariea
Laivo tipas	Žvejybinis	Keleivinis	Ro-Ro	Krovininis
Oro sąlygos	Geros	Geros	Tinkamos laivybai	geros
Bandymo vieta	Japonija	Filipinai	Japonija	Olandija
Pagrindiniai matmenys LppxBxD (m)	12,62x2,2x0,83	28,8x5,45x1,55	68x12,3x9,9	84,95x13,75x5,55
Oro tiekimo elementų skaičius	2	10	14 ir 34	34
Veiksmingumas	4 % esant vienam	16 %	6 % esant 14; 9 % esant 34	10 %

Vandens trinties pasipriešinimui sumažinti galima naudoti ir medžiagas, kurios būtų panašios į gyvūnų naudojamas medžiagas. Žuvis savo paviršiuje išskiria klampų skystį (gleives, kurios sumažina vandens pasipriešinimą. Pasinaudojant gamtoje jau esančiu būdu kaip sumažinti pasipriešinimą buvo atliktas bandymas, kurio tikslas buvo nustatyti pasipriešinimo sumažinimą panaudojant ungurių išskiriamas gleives laivo trimarano modeliui. Tyrimas buvo atliktas tempimo baseine esant skirtingiems greičiams. Trimarano modelio pagrindiniai matmenys buvo ilgis 2 m, plotis 0,20 m, o grimzlė 0,065 m. Atlikus bandymus su ir be gleivių tiekimo buvo gauti rezultatai kurie yra pateikti 1.1.10 pav.



1.1.10 pav. Bandymo su ir be gleivių tiekimo bandymo rezultatai. (Yanuar, et al, 2015)

Šio tyrimo rezultatai parodė, kad laivo modeliui su ungurių gleivėmis pasipriešinimas buvo mažesnis 11 %.

Visi eksperimentai ir jų rezultatai yra pateikiami 1.1.3 lentelėje. Pagal šią lentelę galima lengviau padaryti išvadas apie atliktus eksperimentus

1.1.3. lentelė. Vandens pasipriešinimo mažinimo procesui nustatyti atlikti eksperimentai

Metai	Rezultatai
1973	Atrasta priklausomybė tarp pasipriešinimo mažinimo efektyvumo, judėjimo greičio ir vandenilio burbulų susidarymo greičio.
1977	Reidondso skaičius yra svarbus parametras darantis įtaką trinties pasipriešinimui. Esant dideliems Reinoldso skaičiams trinties pasipriešinimo mažinimas panaudojant oro burbulus yra veiksmingas.
1983	Neatrasta efektyvumo skirtumo tarp helio ir oro panaudojant ant plokščio paviršiaus.
1986	Helio dujos veiksmingiau mažina pasipriešinimą nei oras esant dideliems srovių greičiams.
1989	Burbulai turi būti įpurškiami į laivapriekyje, kad būtų pasiektas pasipriešinimo mažinimo efektas
2002	Nustatytas tik 2 % pasipriešinimo sumažėjimas ir tik limituotame greičių intervale, tačiau buvo pastebėtas ir sunaudojamos energijos padidėjimas
2002	7 m ilgio modelio rezultatas buvo pasipriešinimo sumažinimas 10–15 %, o 16 m ilgio modelis esant 7 m/s greičiui 20 % ir 4 m/s- 30 %.
2003	Pasipriešinimas sumažėjo 5–8 %, o esant lygiam paviršiui 8–11 %
2000	Glotnaus paviršiaus panaudojimas kartu su oro burbulais neturi didelės įtakos veiksmingumui.
2013	Pasipriešinimo mažinimo poveikis mažėja esant dideliems greičiams.

Iš atliktų bandymų rezultatų matyti, kad tolimesni tyrimai reikalingi norint šį metodą pritaikyti laivams. Nėra visiškai aišku, kas daugiausiai turi įtakos trinties pasipriešinimo mažinimo veiksmingumui, kadangi kai kurių bandymų rezultatai prieštarauja anksčiau atliktų bandymų išvadoms. Vieni autoriai nurodo, kad metodas yra veiksmingesnis esant didesniems laivo greičiams,

o kiti atvirkščiai– mažesniems. Taip pat metodo veiksmingumas kiekviename bandyme labai skiriasi. Kai kur jis žymus, o kitur veiksmingumo beveik nenustatyta.

II. TEORINĖ DALIS

2.1. Laivo pasipriešinimą sudarančios jėgos

Didžioji dalis vandens transporto priemonių veikia dvejose terpėse- vandens ir oro. Didžiausias pasipriešinimas yra patiriamas kontaktuojant su vandeniu. Plaukdamas laivas išstumia prieš save esantį vandenį atiduodamas jam dalį energijos. Šis energijos dydis, kuris reikalingas vienam kelio vienetui nuplaukti, yra lygus vandens pasipriešinimui.

Vandens pasipriešinimą galima išskaidyti į tris pagrindines dalis:

Trinties – šis pasipriešinimas atsiranda dėl vandens klampumo. Dėl šios vandens charakteristikos vandens dalelės, kurios yra arti laivo korpuso, juda mažesniais greičiais, nei tos esančios toliau. Taip susidaro pasienio sluoksnis. Šiame sluoksnyje veikia tangentiniai įtempimai tarp skirtingais greičiais judančių vandens dalelių. „Šių įtempimų atstojamosios projekcija į laivo judėjimo kryptį ir yra trinties pasipriešinimas.“ (Čerka, 2005) Šią pasipriešinimo dalį įtakojantys veiksniai (Stonkus, V. 2006): laivo greitis, sudrėkinto paviršiaus plotas, korpuso švarumas ir šiurkštumas, vandens tankis.;

Formos – vandens srautui aptekant nelygumus esančius laivo povandeninėje dalyje pvz. įrangą, korpuso detales ir t.t. susidaro vandens sūkuriai, kurių susidarymui yra panaudojama energija. Didėjant greičiui didėja ir sūkurių ir jiems susikurti panaudojamas energijos kiekis. Taip pat ši pasipriešinimo dalis susidaro dėl pasienio sluoksnio atitrūkimo ties laivagaliu, hidrodinaminio pėdsako. (Čerka, 2005);

Bangavimo – laivui judant prie laivo korpuso vandens slėgis pakinta. Laivapriekyje ir laivagalyje vandens srauto greičiai yra dideli, tad tose vietose vandens slėgis yra didesnis- vandens lygis pakyla, kadangi atmosferinis oro slėgis veikiantis vandens paviršių išlieka vienodas. Laivo cilindrinę dalį vanduo apteka mažesniais greičiais- vandens lygis krenta. „Pasikeitus greičiams sraute, persiskirsto ir slėgis išilgai laivo. Suprojektavę slėgio pokyčio atstojamąją į laivo judėjimo kryptį, turėsime bangavimo pasipriešinimą.“ (Čerka, 2005)“

Be jau išvardintų pagrindinių pasipriešinimo dalių egzistuoja ir kitos pasipriešinimo rūšys (Čerka, 2005):

- Išsikišančių dalių;
- Oro;
- Vėjo ir bangų sukeltas;
- Baseino gylio;
- Kanalo pločio įtakos;
- Ir kitos būdingos eksploatuojant laivą tam tikromis sąlygomis;

„Eigumo uždaviniuose laivo greitaigiškumas vertinamas ne pagal absoliutų greitį, o pagal santykinį- Frūdo skaičių Fr . (Čerka, 2005)“ Šį dydį galima rasti dvejomis formulėmis. Formule (1) nusakomas laivo greitaigiškumas, kai laivas nepereina į glisavimo režimą. Glisavimo režimas pasireiškia tada, kai laivui didinant greitį pradeda mažėti laivo grimzlė ir laivas pradeda slysti vandens paviršiumi. Formule (2) apskaičiuojama, kai laivas turi glisavimo režimą.

Frūdo skaičius apskaičiuojamas pagal būdingą laivo ilgį Fr (Čerka, 2005):

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}, \quad (1)$$

čia v - laivo greitis, m/s;

g - laisvo kritimo pagreitis;

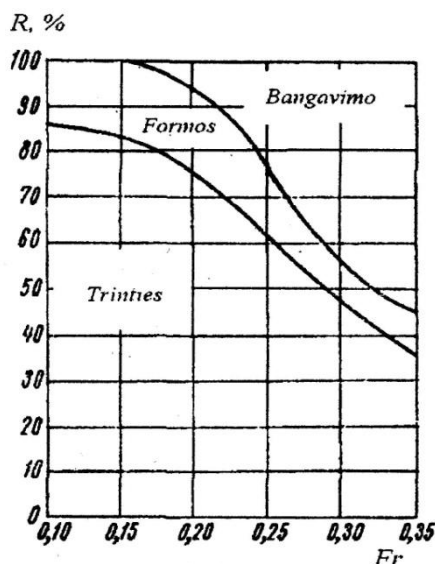
L - būdingas laivo greitis, m.

Frūdo skaičius apskaičiuojamas pagal vandentalpą Fr_{∇} (Čerka, 2005):

$$Fr_{\nabla} = \frac{v}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}, \quad (2)$$

čia ∇ - laivo vandentalpą, m^3 .

Kokią dalį vandens pasipriešinimo sudaro kiekviena iš pasipriešinimo dedamųjų dalių pavaizduota 2.1.1 pav. Horizontalioje grafiko ašyje nurodytas Frūdo skaičius, kuris nusako laivo greitaigiškumą. Vertikalioje ašyje nurodyti procentai, kiek kiekviena iš pasipriešinimo dedamųjų dalių sudaro viso pasipriešinimo.



2.1.1 pav. Viso pasipriešinimo dedamosios dalys procentais atsižvelgiant į laivo greitaigiškumą (Čerka, 2005).

Iš 2.1.1. pav. pavaizduoto grafiko matyti, kad esant mažam laivo greitaigiškumui didžiausią pasipriešinimo dalį sudaro trinties pasipriešinimas. Greitaigiškumui didėjant laivo korpusą pradeda veikti bangavimo pasipriešinimas ir didinant greitaigiškumą jis užima vis didesnę viso

pasipriešinimo dalį. Tad pagal šiame grafike pateiktus duomenis yra tikslinga mažinti trinties pasipriešinimo dalį laivams, kurių greitaeigiškumas yra nedidelis.

2.2. Vandens pasipriešinimo įvertinimo būdai

Norint nustatyti ar laivas yra tinkamai suprojektuotas reikia viename iš projektavimo etapų nustatyti esamas jo jūrines savybes. Atliekant eigumo bandymus norima nustatyti būsimą laivo pasipriešinimą. Tai yra reikalinga tam, kad būtų nustatytas reikalingas energijos kiekis laivui judėti atitinkamu greičiu. Pagal šiuos rezultatus bus galima projektuoti optimalų laivo propulsinį kompleksą.

Yra galimi trys būdai laivo pasipriešinimui nustatyti (Čerka, 2005):

- Modeliniai bandymai;
- Apskaičiuojami taikant apytikrius metodus;
- Nustatomi panaudojant SSD programas(angl. CFD-computational fluid dynamics).

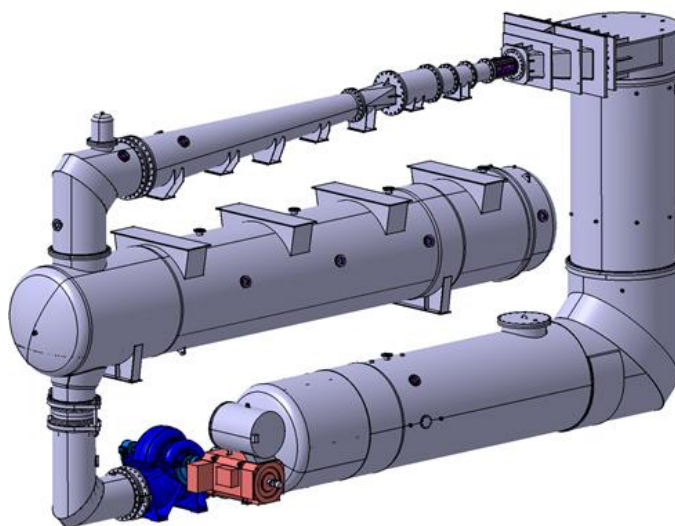
Pakankamai tikslūs rezultatai yra gaunami atliekant modelinius bandymus ir šių bandymų rezultatai turi pirmenybę prieš kitais būdais gautus rezultatus.

Prieš atliekant šiuos bandymus yra pagaminamas laivo modelis pasirinktu masteliu, kuris turi atitikti panašumo kriterijus (Čerka, 2005): geometrinį, kinematinį, hidrodinaminį. Bandymai atliekami specialiai tam pritaikytose laboratorijose. Šias laboratorijas galima suskirstyti į (Čerka, 2005):

- Kavitacija nemodeliuojančias: eigumo baseinai (2.2.1. pav.), hidrolatakai, cirkuliaciniai baseinai, jūrinių savybių tyrimo baseinai, aerodinaminiai vamzdžiai;
- Kavitacija modeliuojančias: greituminiai baseinai, kavitaciniai hidrolatakai, rotaciniai baseinai, kavitaciniai baseinai, kavitaciniai vamzdžiai (2.2.2. pav.).



2.2.1. pav. Eigumo baseinas (Australian Maritime College).



2.2.2. pav. Kavitacinis vamzdis (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne).

Modelinių bandymų privalumai:

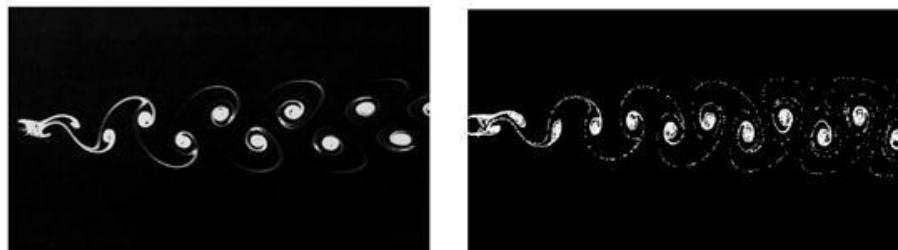
- Pakankamai tikslūs rezultatai;

Modelinių bandymų trūkumai:

- Kuo mažesnis bandomasis laivo modelis tuo didesnis mastelinis efektas (Čerka, 2005);
- Dažniausiai nepavyksta pasiekti Frūdo ir Reinoldso skaičių lygybės (Čerka, 2005);
- Modeliams pagaminti reikia daug laiko ir pinigų, o vėliau juos reikia ir sandėliuoti;
- Eksperimentams atlikti reikalinga brangi ir daug vietos užimanti įranga.

Apytikris laivo pasipriešinimo apskaičiavimas yra atliekamas pagal atitinkamą pasirinktą metodiką, kuri buvo išgauta iš daugybės anksčiau atliktų bandymų rezultatų. Šiuo būdu gauti rezultatai nėra tikslūs, didelė skaičiavimų apimtis norint tikslesnių rezultatų, reikalingas tinkamas jau bandytas prototipas, patikimai galima apskaičiuoti tik trinties pasipriešinimą.

Kitas metodas pasipriešinimui nustatyti yra panaudojant SSD programas. Šių programų veikimas yra pagrįstas specialia skaičiuojamąja metodika ir algoritmais, kurių pagalba galima apskaičiuoti skysčio tekėjimą trimatėje erdvėje. Galima sakyti, kad tai sudėtingesnė apytikrio laivo pasipriešinimo skaičiavimo atmaina, tačiau jų teikiami rezultatai yra tikslesni ir detalesni. Tas pats bandymas atliktas realybėje ir panaudojant SSD programą pateiktas 2.2.3. pav.



2.2.3. pav. Vandens turbulencijos tyrimas:

kairėje - laboratorijoje atliktas bandymas; dešinėje - SSD programos rezultatai (Indisa online).

Iš šio palyginimo matyti, kad programos pateikiami rezultatai gana tiksliai atkartoja realaus bandymo rezultatus, tačiau jais nereiktų vadovautis, kaip labai tiksliai rezultatais. Jie dažniausiai atliekami projektavimo metu, norint gauti greitus apytikrius rezultatus.

Jūrų transporto projektavimo srityje šios programos naudojamos nustatyti (Romero, 2011):

- Pasipriešinimui ir varomajai jėgai;
- Manevringumui;
- Jūrinėms savybėms;
- Sraigto konstrukcijos ypatybės;
- Kitose srityse: vamzdynuose ir t.t.

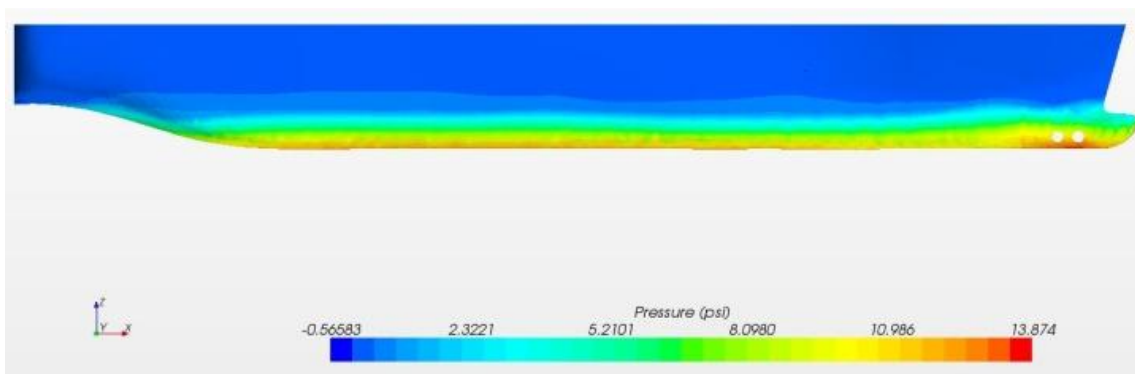
SSD programų teikiami privalumai (Romero, 2011):

- Trumpas eksperimento laikas ir maža kaina;
- Galimybė analizuoti skirtingas problemas, kurių bandymų atlikimas yra pakankamai sudėtingas ir pavojingas;
- SSD programos suteikia galimybę išbandyti objektus pavojingomis sąlygomis;
- Vienu metu galima gauti daug skirtingos ir detalios informacijos, kuri leistų geriau suprasti vykstančius procesus;

SSD programų trūkumai (Romero, 2011):

- Negalima visiškai pasitikėti rezultatais;
- Reikia supaprastinti bandymą, kad programa galėtų apskaičiuoti ir pateikti rezultatus;
- Yra fizikinių modelių, kurių algoritmai ir lygtys nėra visiškai tinkamos ir jas reikia toliau tobulinti.

Šiuo metu SSD programų pasirinkimas yra ganėtinai platus. Rinkoje egzistuoja tokios programos, kaip(CFD Online): Fluent, Flow 3d, Openfoam, Openflower ir t.t. Kiekviena jų skiriasi savo galimybėmis. Vienos turi ribotas galimybes, t.y. gali būti pritaikytos tik tam tikroms sritims(pasipriešinimo skaičiavimams, skysčio maišymuisi ir t. t), o kitos universalesnės. 1.2.3. pav. pavaizduotas vienos iš programos rezultatai nustatant slėgio jėgą veikiančią laivo korpusą.



2.2.4. pav. SSD programos rezultatai (The Maritime Executive).

Iš 2.2.4. pav. matyti kad programa gali pateikti gana detalius rezultatus, kuriuos realybėje išgauti būtų gana sudėtinga. Pagal tai galima spręsti, kad šio tipo programos ateityje tikrai turės gana didelį pasisekimą projektavimo srityje.

2.3. Laivo pasipriešinimo mažinimo metodai

Nuo pačios pradžios, kai žmonės pradėjo keliauti vandenų keliais, vandens transporto priemonės yra nuolatos tobulinamos. Laivų savininkai norėjo išgauti kuo geresnes laivo eksploatacines, jūrines savybes, kurios nulemtų saugią ir greitą kelionę. Tokiu būdu vyko šių transporto priemonių progresas.

Viena iš svarbiausių laivo jūrinių savybių yra eigumas. „Tai savybė išvystyti reikiamą greitį tam eikvojant kuo mažiau galios (Čerka, 2005)“. Ji priklauso nuo dviejų viena kitą įtakančių dalių: vandens pasipriešinimo ir varytuvo.

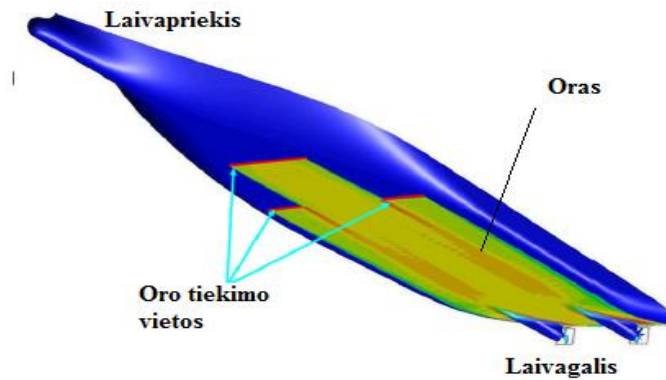
Vandens pasipriešinimą, laivui judant tolygiu kursu, sukuria laivo korpusas. Būtent šį objektą ir reikia tinkamai suprojektuoti, norint gauti kuo mažesnę vandens pasipriešinimą. Laivo korpuso formos charakteristikos, kurios įtakoja pasipriešinimo dydį (Čerka, 2005):

- Vandentalpos pilnumo koeficientas δ ;
- Išilginio pilnumo koeficientas φ ;
- Vaterlinijos pilnumo koeficientas α ;
- Santykinis laivo ilgis ψ ;
- Vandentalpos centro padėtis;
- Cilindrinė laivo dalis;
- Laivo pločio ir grimzlės santykis B/d ;
- Laivo ilgio ir pločio santykis L/B ;
- Laivo galų forma.

Laivo pasipriešinimas eksploataavimo metu kinta. Laivo korpusas apauga vandens flora, paviršiaus šiurkštumas didėja, mažėja korpuso aptakumas, dėl atsiradusių deformacijų. Reikalinga tinkama korpuso priežiūra.

Visi šie būdai yra taikomi tik laivo projektavimo etape, o jau eksploatuojamiems laivams, be didelių korpuso modernizacijos projektų, pasipriešinimui sumažinti yra pakankamai mažai būdų.

Vienas iš šiuolaikinių laivo pasipriešinimo mažinimo metodų yra oro tiekimas po laivo korpuso apačia (2.3.1.pav.). Idėja, trinties tarp skysčio ir kieto kūno sumažinimui panaudojant dujas, buvo iškelta jau 1875 metais. Šios idėjos autorius buvo W. Frūdas. Ją vėliau užpatentavo Gustafas de Lavalas 1883m. (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p)



2.3.1. Pav. Oro tiekimas po laivo korpusu metodas (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p).

Šiuo metu dar nėra tikslaus oro burbulų veikimo aprašymo. Vienas iš šiuo metu esančių veikimo principo aprašymų yra toks, kad oro burbulai, veikiami keliamosios jėgos ir korpusą aptekančio vandens srauto, juda korpuso paviršiumi link laivagalio. Būtent čia, pasienio sluoksnyje, ir susidaro trinties pasipriešinimas. Kadangi trinties pasipriešinimas susidaro dėl vandens klampumo, oro burbulai susimaišo su vandeniu ir taip pakeičia bendrą klampumą. Šis efektas pasireiškia sumažėjusiais Reinoldso skaičiais, vandens slėgiu į laivo korpusą ir pakitusiu tekėjimo greičiu prie korpuso sienelės (Latorre, et al, 2003, 2309 p) .

III. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Tiriamo laivo aprašymas

Laivo pasipriešinimo mažinimo veiksmingumui panaudojant oro srautą po korpusu nustatyti buvo pasirinktas laivas, kuris atitinka anksčiau atliktų eksperimentų rekomendacijas (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p), (Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.), (Kawabuchi, et al, 2011, 57p), (Kakaguwa, et al, 2003). Rekomendacijose buvo nurodyta, kad šis metodas tinkamiausias esant plokščiai korpuso dugninei dalei.

Panaudota korpuso forma yra laivo, kuris yra tipinis vidaus vandenų laivas. Jis yra skirtas gabenti birius krovinius sekliuose vandenyse, kuriose yra nedideli gyliai. Laivo charakteristikos pateiktos 3.1.1. lentelėje.

3.1.1 lentelė. Pagrindinės laivo charakteristikos (Reederei J., 2008, 5-21p.).

Charakteristika	Dydis
Maksimalus laivo ilgis L_{max} , m	110,00
Laivo ilgis tarp statmenų $L_{\perp\perp}$, m	109,63
Laivo plotis B , m	11,40
Laivo grimzlė d , m	2,00
Laivo vandentalpa ∇, m^3	2172,5

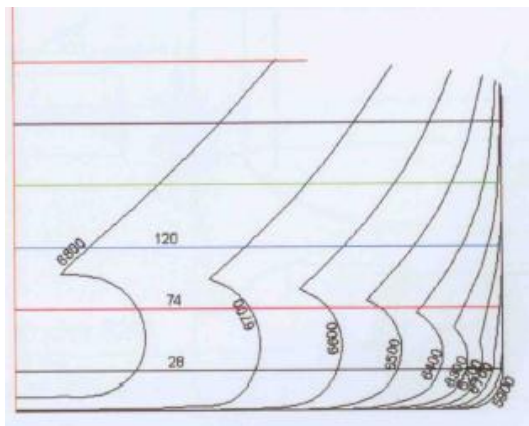
Praeitame tyrime buvo naudota laivo korpuso forma, kuri turėjo laivapriekyje aptakaus gumbo forma, kuri skirta laivams plaukiojantiems sekliuose vandenyse (3.1.1. pav.). Šis gumbas prailgina vaterliniją, kuri sumažina vandens srauto greitį po laivo korpuso dugnu. Tokiu būdu yra sumažinamas prisisiurbimo efektas tarp laivo korpuso ir vandens telkinio dugnu. Vandens srauto greičio įtakai oro pasipriešinimo mažinimo efektyvumui nustatyti bus panaudotas laivo korpusas, kurios forma yra pateikta 3.1.2. pav. Ji neturi laivapriekyje aptakaus gumbo formos, kuri sumažina vandens srauto greitį.

Šio laivo korpuso formos pasirinkimą lėmė jo tokios savybės:

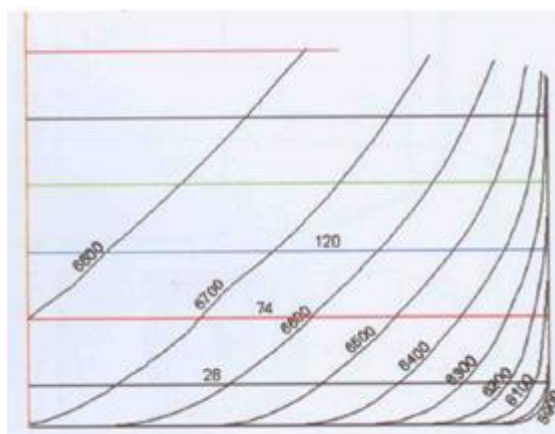
- Korpusą sudaro ilga cilindrinė dalis su plokščia dugnine dalimi;
- Maža laivo grimzlė ($d= 2,0$ m). Ši laivo korpuso charakteristika yra svarbi diegiant ir eksploatuojant sistemą. Po laivo korpusu bus tiekiamas oras mechaniniu būdu panaudojant oro siurblius. Oro siurblio charakteristikos priklausys nuo to kokį slėgį turės sukurti įrenginys sistemoje norint orą tiekti į parinktą vietą laivo korpuse parinktu debitu. Dėl statinio slėgio veikiančio

korpusą, kuris priklauso nuo grimzlės. Kuo giliau panardinus oro tiekimo vietą, reikės didesnės oro siurblio galios. Tačiau sistemos eksploatavimui reikalingas energijos kiekis nebus vertinamas;

- Tinkamas laivo greitaeigiškumas, kuris pagal rekomendacijas geriausiai tinkamas lėtaeigiams laivams.



3.1.1 pav. Laivo korpuso forma su aptakaus gumbo forma laivapriekyje (Reederei J., 2008, 5-21p.).



3.1.2 Pav. Laivo korpuso forma be aptakaus gumbo formos laivapriekyje.(Reederei J., 2008, 5-21p.)

3.2. Tyrimo metodika

Tyrimas bus atliekamas tokiu pačiu būdu kaip ir anksčiau atliktas tyrimas, kuriame buvo norima nustatyti oro tiekimo po laivo korpusu metodo veiksmingumą anksčiau aprašytam vidaus vandenų laivui, kuris turėjo aptakaus gumbo formą laivapriekyje.

Laivo korpuso formos skaitmeninis atvaizdas pagal laivo teorinį brėžinį sukurtas panaudojant specializuotą Delftship programą, kuri yra skirta laivų korpuso formoms ir kitiems paviršiams modeliuoti trimatėje erdvėje. Gautas modelis konvertuotas į skaičiuojamąjį modelį STL formatą, šis formatas leidžia programai įvertinti tik paviršiaus geometriją.

Bandymas bus atliekamas su skaičiuojamąja skysčių dinamikos programa *FLOW 3D*. Ši skaičiuojamoji skysčių dinamikos programa skaičiavimus skysčių aptekėjimui aplink kietą kūną

naudoja RANS (angl. Reynolds averaged Navier – Stokes simulation) skaičiavimų algoritmą. Dekarto koordinatų sistemoje ši lygtis užrašoma taip (Weymouth, et al, 2005, 81 p) :

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j \partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \overline{u_i u_j},$$

čia $U_i = (U, V, W)$ Reinoldso vidutinio greičio komponentai;

$x_i = (x, y, z)$ nepriklausomo koordinatų sistemos kryptys;

$p = [(p - p_\infty) / \rho U_0^2 + z / Fr^2]$ yra pjezometrinis slėgio koeficientas;

$\overline{u_i u_j}$ Reinoldso stresas, kuris turi koreliaciją dviem taškais su turbulenciniais svyravimais

u_i ;

$Fr = U_0 / \sqrt{gL}$ Frudo skaičius;

$Re = U_0 L / \nu$ Reinoldso skaičius

Programoje bus sumodeliuotas atvirkštinis metodas nustatant vandens pasipriešinimą - laivas bus stacionariai įtvirtintas vienoje vietoje, o vandens srautas aptekės jį atitinkamu greičiu.

Atliekamos bus šešios simuliacijos: esant trims srautų greičiais be ir su oro tiekimu: 3 m/s; 3,5 m/s; 4 m/s. Dėl ilgo skaičiavimo laiko, kuris yra reikalingas programai atlikti simuliaciją, buvo pasirinkti tik trys greičiai. Šie greičiai pasirinkti, kadangi šio tipo laivai yra eksploatuojami 3-4 m/s greičių intervale. Naudojami greičiai įvairiais matavimo vienetais yra pateikti 3.2.1. lentelėje. Esant šiems greičiams tyrimas buvo atliktas ir praeitame tyrime. Tokiu būdu bus galima palyginti gautus rezultatus esant aptakaus gumbo formai ir be jo.

3.2.1. Lentelė. Skaičiavimuose naudojami greičiai.

Matavimo dydis	Greitis		
m/s	3,0	3,5	4,0
km/h	10,8	12,6	14,4
kt	5,832	6,803	7,775

Trys simuliacijos vandens pasipriešinimui be oro tiekimu nustatyti bus atliekami tol, kol skysčio tekėjimas bus nusistovėjęs t.y. laivo pasipriešinimo duomenys esant užduotam greičiui kis mažiau nei 1 procentą. Sekančios trys simuliacijos, kai oras bus tiekiamas po laivo korpusu, bus

atliekamos 60 sek. Šiuo atveju rezultatai bus nustatomi išvedus paskutinių 5 sekundžių aritmetinį vidurkį.

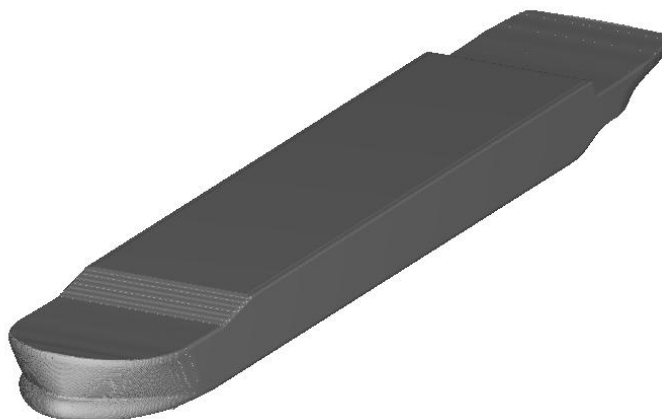
Pirmiausia bus atliekami skaičiavimai be oro tiekimo. Pasibaigus šiems skaičiavimams, kai tekėjimas bus nusistovėjęs, skaičiavimai bus pratęsimi ir pradedamas tiekti oras po laivo korpusu iš numatytos vietos. Oras nebus tiekiamas jo įsibėgėjimo laikotarpyje, kai nėra nusistovėjęs vandens tekėjimas apie laivo korpusą. Tai yra daroma dėl to, kad oras judėtų reikiama kryptimi ir būtų tiekiamas į po laivo korpusu jau nusistovėjusį vandens srautą.

Bandyme bus naudojama tik viena medžiaga- vanduo, kurio gylis yra 3m. Bus naudojamas gėlas vanduo. Atstumas tarp laivo ir dugno yra 1 m. Nors atrodo turėtų būti dvi medžiagos- vanduo ir oras, tačiau pagal programos tiekėjo rekomendacijas (Mizokami, et al, 2010) reikia naudoti vieną medžiagą- vandenį, kuris yra parenkamas iš programoje esančio skysčių duomenų bazės, o vietoj oro tiekti tuštumą (angl. void), kuriai turės būti parinktas atitinkamas slėgis, o jo savybės bus panašios orui. Tiekėjas šį sprendimą aiškina tuo, kad oro ir vandens tankių santykis yra ganėtinai mažas, tad galima nenaudoti oro kaip medžiagos (Mizokami, et al, 2010).

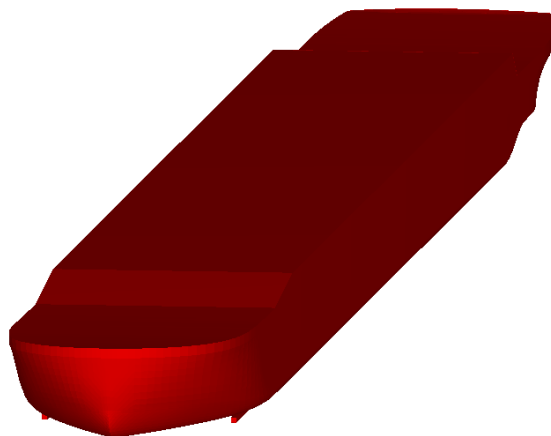
Skaičiavimams atlikti reikia pasirinkti matematinius skaičiavimo modelius:

- Skysčio šaltinis (angl. Fluid source). Taip bus galima panaudoti skysčio šaltinį;
- Gravitacija (angl. Gravity). Joje nurodoma, kuria kryptimi veikia laisvo kritimo pagreitis ir dydis. Mūsų atveju šis pagreitis bus nukreiptas – z kryptimi ir jos dydis bus 9,822;
- Burbulai ir fazių pasikeitimas (angl. Bubble and Phase change). Joje pasirenkami adiabatiniai burbulai, kurie reikš, kad tiekiamas oras bus pastovus ir visomis kryptimis turės tas pačias savybes;
- Klampumas ir sukūriavimas (angl. Viscosity and turbulence).

Laivo korpuso skaitmeninis atvaizdas buvo sukurtas su DELFTSHIP programa. Į FLOW 3D programą jis bus perkeliamas STL formatu. Šis formatas leis įvertinti tik korpuso paviršių. Laivo modelis FLOW 3D programoje, kuris buvo naudotas ankstesniame tyrime parodytas 3.2.1 pav., o dabartiniame tyrime naudojamo modelio atvaizdas parodytas 3.2.2 pav.



3.2.1 pav. Laivo atvaizdas FLOW 3D programoje esant aptakaus gumbo formai.

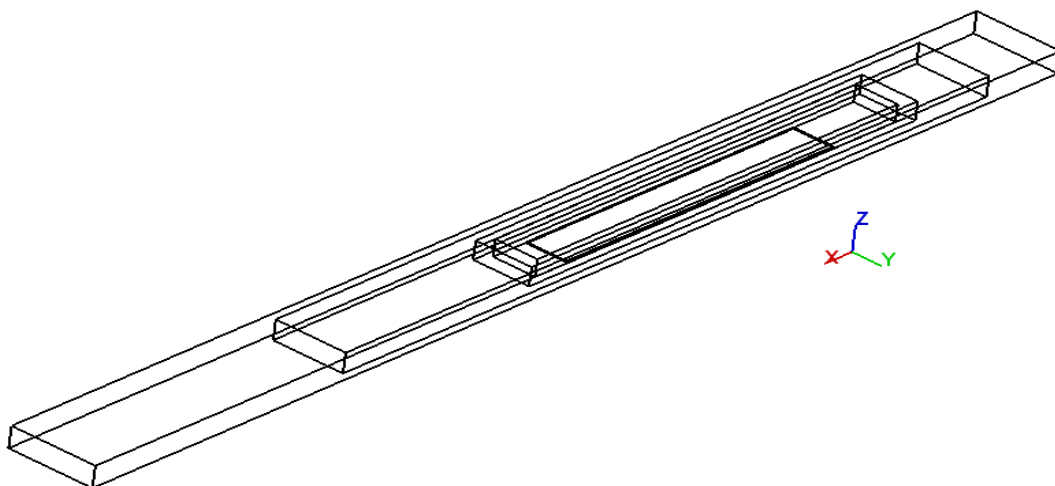


3.2.2 pav. Laivo atvaizdas FLOW 3D programoje esant aptakaus gumbo formai.

Norint, kad programa pateiktų tikslius rezultatus, reikia sukurti tinkamo dydžio dirbtinį tinklėlį (angl. mesh). Tinklelis yra sudarytas iš elementarių plotelių (angl. cell), nuo kurių dydžio priklauso skaičiavimų tikslumas. Tinklelių geometrinės charakteristikos pateikiamos 3.2.2.lentelėje. Tinklelių išsidėstymas vieno kito atžvilgiu pateikiamas 3.2.3. pav. Bendras elementarių plotelių kiekis yra 3847632 vnt.

3.2.2. lentelė. Dirbtinių tinklelių geometrinės charakteristikos.

Nr.	Matmenys, (ilgis x plotis x aukštis, m)	Elementaraus plotelio dydis, m
1.	300x24x7	1,0000
2.	200x20x6,5	0,5000
3.	120x16x6	0,2500
4.	112x16x5,5	0,1250
5.	83x11,4x0,45	0,0625



3.2.3. pav. Tinklelių išsidėstymas.

Plotuose, kuriuose mums bus reikalingas didesnis tikslumas dėl vykstančių sudėtingų vandens tekėjimų ir programa galėtų įvertinti mažus oro burbulus, reikalinga sudaryti tankesnį tinklėlį. Atliekant praeitus bandymus šioje programoje buvo susidurta su problema, kad dėl per didelio tinklelio dydžio programa įvertindavo tik labai didelius oro burbulus, tad buvo priimtas sprendimas po laivo korpusu sukurti smulkų tinklėlį. Pagal programos kūrėjų rekomendacijas tinkleliai buvo kuriami tokiu būdu, kad kiekvienas sekančio tinklelio elemento plotelio dydis būtų dvigubai mažesnis.

Kad programa atliktu skaičiavimus reikia nurodyti kiekvieno tinklelio sienelės savybes, kurios nusakys medžiagos perėjimo už vieno tinklelio ribų į kitą. Išorinio, pirmo, tinklo kiekvienos iš sienelių savybes pateikiamos 3.2.3 lentelėje. Visuose kituose tinkleliuose sienelių savybės yra vienodos. Juose yra nustatoma savybė - simetrija (angl. Symmetry). Ši parinktis leis skysčiui praeiti tinklelio ribas į kitus tinklelius tomis pačiomis charakteristikomis.

3.2.3. lentelė. 1 tinklelio sienelių savybės.

Sienelė	Savybė	Pastaba
$X_{\max}$	Teka vanduo užduotu greičiu(m/s); nurodomas skysčio aukštis	Nurodomas neigiamas vandens greitis, kadangi vanduo judės priešinga x ašies kryptimi
$X_{\min}$	Išleidžia skysčio srautą	-
$Y_{\max}$	Išleidžia skysčio srautą	Nesusidarys bangos, kurios atsimušusios į sienelę trikdytu skaičiavimui
$Y_{\min}$		
$Z_{\max}$	Nurodomas greitis, kuriuo tekės skystis prie sienelės	Taip bus imituojamas dugnas
$Z_{\min}$	Išleidžia skysčio srautą	-

Oras bus tiekiamas 11 metrų atstumu nuo laivapriekio. Šis tiekimo rajonas buvo pasirinkta vadovaujantis ankstesnių eksperimentų rekomendacijomis (Sayyaadi, et al, 2013, 541 p), (Sheng-Ju Wu, et al, 2007, 93 p.), (Kawabuchi, et al, 2011, 57p), (Kakaguwa, et al, 2003) tiekti orą arti laivapriekio. Šis atstumas parinktas, nes šioje vietoje laivapriekis pereina į cilindrinę dalį, kuri turi plokščią dugną. Oras bus tiekiamas 0,2 m ir 8 m ilgio juostele. Oro tiekimo vietą galima pamatyti 3.2.4 pav.



3.2.4 pav. Oro tiekimo vieta ant laivo korpuso.

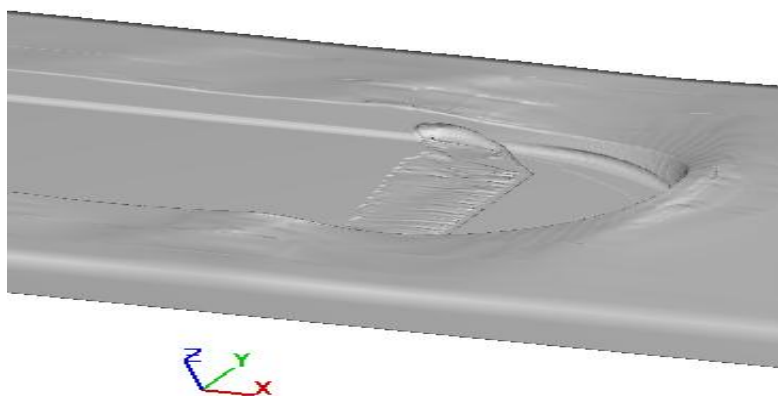
Raudona spalva - laivo korpusas; Mėlyna - oro tiekimo vieta.

Oro debitas buvo pasirinktas taip pat vadovaujantis ankstesniuose eksperimentuose naudotu oro debitu (Kakaguwa, et al, 2000) $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Šis oro debitas buvo parinktas kadangi esant jam buvo suformuojami maži oro burbulai ir mažas oro sluoksnis po laivo korpusu.

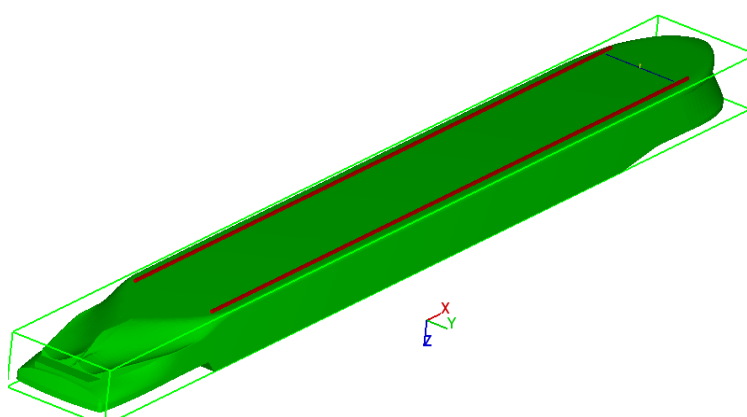
Kadangi laivo korpusas yra simetriškas diametralios plokštumos atžvilgiu, laivas bus padalintas išilgai per vidurį, per diametralią plokštumą. Gauti duomenys bus dauginami iš dviejų. Šis būdas buvo pasirinktas dėl keleto priežasčių: galima gauti patikimesnius rezultatus, nes galima naudoti tankesnį tinklėlį taip pat dėl dvigubai mažesnio tinklelio elementų kiekio greičiau vyks skaičiavimai.

3.3. Tyrimo eiga

Atliekant ankstesnį tyrimą buvo susidurta su problema, kad po tam tikro laiko, didelis kiekis oro veikiamas archimedo jėgos išbėgdavo pro laivo šoną. Tai galima pamatyti 3.3.1. pav. Paveiksle, dėl geresnio oro srauto pratekėjimo pro šoną matymo, laivo modelis yra išimtas ir matomas tik vanduo. Šis oro prabėgimas pro laivo šoną neigiamai atsilieptų metodo veiksmingumui, kadangi oras nenaudingai bus tiekiamas po laivo korpusu ir skaičiavimai jiems pasiekus vandens paviršių, dėl sudėtingų skaičiavimų nutrūkdavo. Buvo priimtas sprendimas laivo korpuse padaryti vieną patobulinimą- pridėti 2 juostelės (3.3.2. pav.), kurių matmenys yra: ilgis - 81,2 m; plotis - 0,25 m; aukštis - 0,25m. jos yra išdėstytos simetriškai 4,5 m atstumu nuo diametralinės plokštumos. Juostelės nukreips orą keliauti laivo korpuso dugnu link laivagalio neleidamos jam išbėgti pro laivo šonus. Kadangi elementas yra atskiras objektas ir neprijungtas prie laivo korpuso ji neįtakos laivo korpuso pasipriešinimo rezultatų reikšmių. Tokiu būdu diegiant sistemą į esamą laivą bus galima parinkti kitas konstrukcijas, kurios bus aptakesnės ir paprastesnės.



3.3.1. pav. Oro pratekėjimas pro šoną.



3.3.2. pav. Oro tiekimo ir juostelių išsidėstymas ant laivo korpuso.

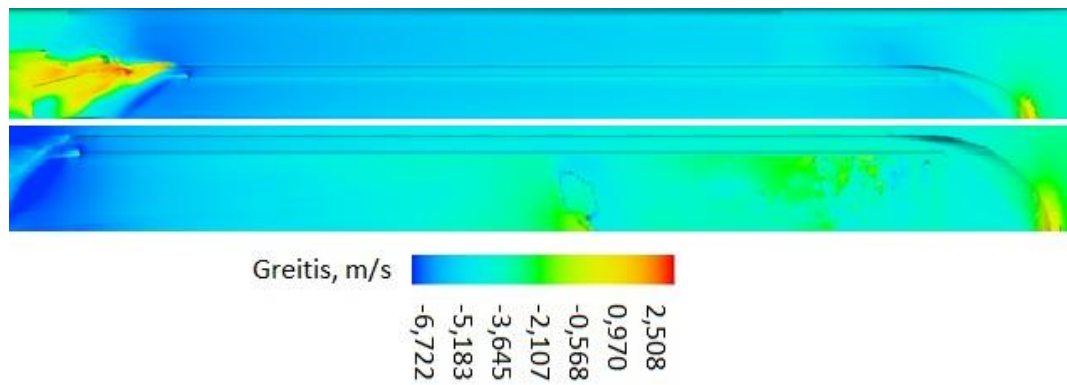
Žalia spalva- laivo korpusas; raudona- juostelės; mėlyna- oro tiekimo vieta.

3.4. Skaičiavimo rezultatų palyginimas bei analizė

Atlikus šešias simuliacijas skaičiuojamąja skysčių dinamikos programa Flow 3d panaudojant laivo korpusą be aptakaus gumbo formos laivapriekyje be ir su oro tiekimu po juo buvo gauti pasipriešinimo rodikliai, kurie pateikti 7, 8, 9, 10, 11 ir 12 prieduose. Šiuos rezultatus lyginsime su rezultatais gautais esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma laivapriekyje. Šie rezultatai pateikiami 1, 2, 3, 4, 5 ir 6 prieduose.

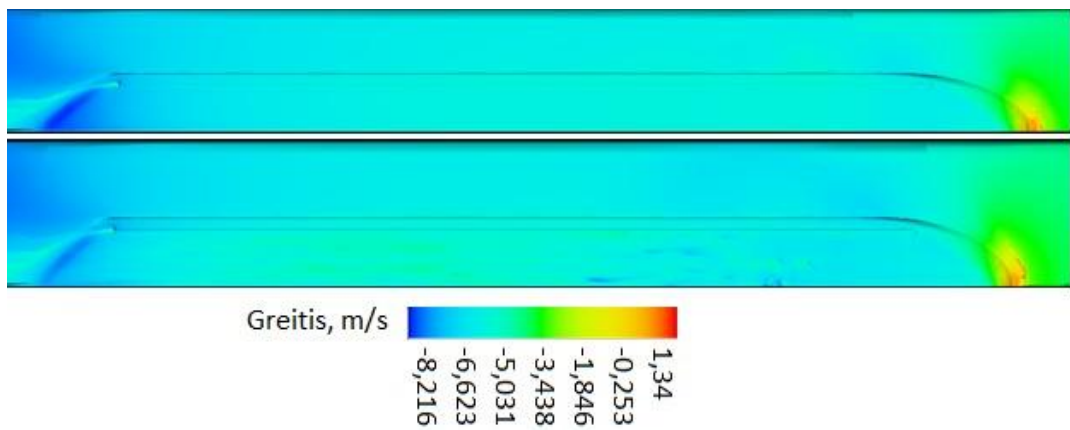
Praeitame tyrime buvo nustatyta, kad esant mažesniems vandens greičiams oras po laivo korpusu suformuodavo vientisą oro sluoksnį, tuo tarpu didinat srauto greitį oras atitrūkdavo suformuodamas atskirus oro burbulus, kurie ir parodė didžiausią veiksmingumą norint sumažinti pasipriešinimą.

Kokią įtaką oro tiekimas po laivo korpusu turi vandens srautų greičiams galime pamatyti 3.4.1, 3.4.2 ir 3.4.3 pav.



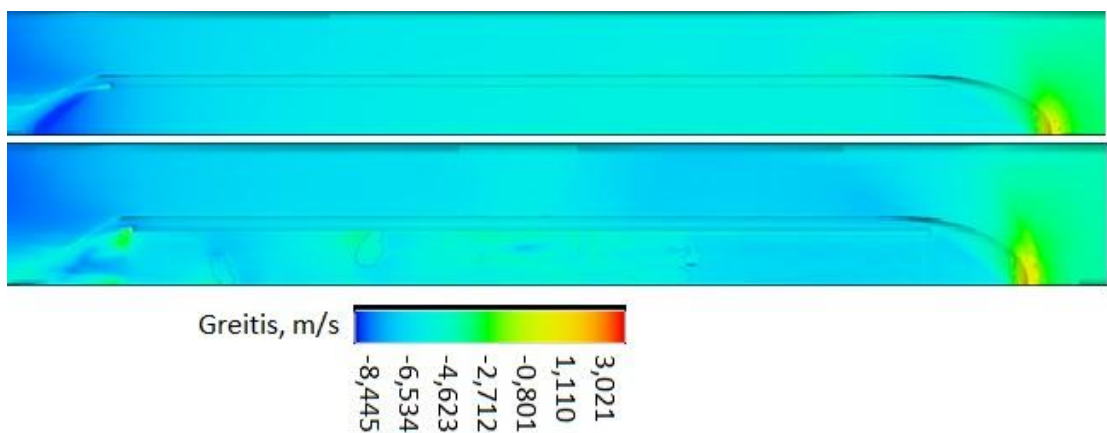
3.4.1 pav. Vandens srauto greičių pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.



3.4.2 pav. Vandens srauto greičių pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,5 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

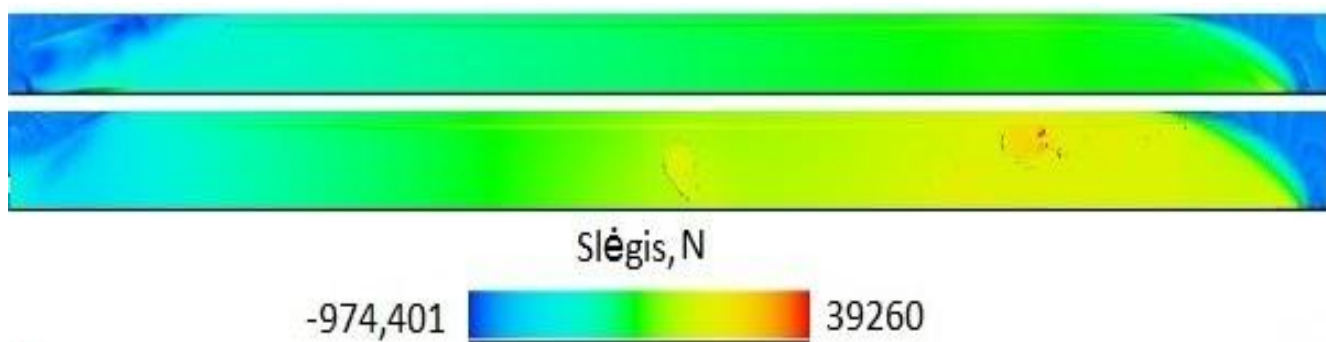


3.4.3 pav. Vandens srauto greičių pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 4,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

Iš pav 3.4.1, 3.4.2 ir 3.4.3 matyti, kad oro tiekimas po laivo korpusu turi įtakos ir vandens srauto greičių dydžiams laivo korpuso dugninėje dalyje. Tose vietose, kur veikia oras, pagal spalvinę paletę matome netolygiai pasiskirsčiusį vandens tekėjimo greitį. Iš to galime daryti išvadą, kad tiekiamas oras po laivo korpusu paspartina vandens srautą taip sumažindamas dėl vandens klampumo sukuriama trinties pasipriešinimo.

Kaip kito vandens slėgio pasiskirstymas tiekiant orą po laivo korpusu galima pamatyti 3.4.4, 3.4.5 ir 3.4.6 pav.



3.4.4 pav. Vandens slėgio pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.

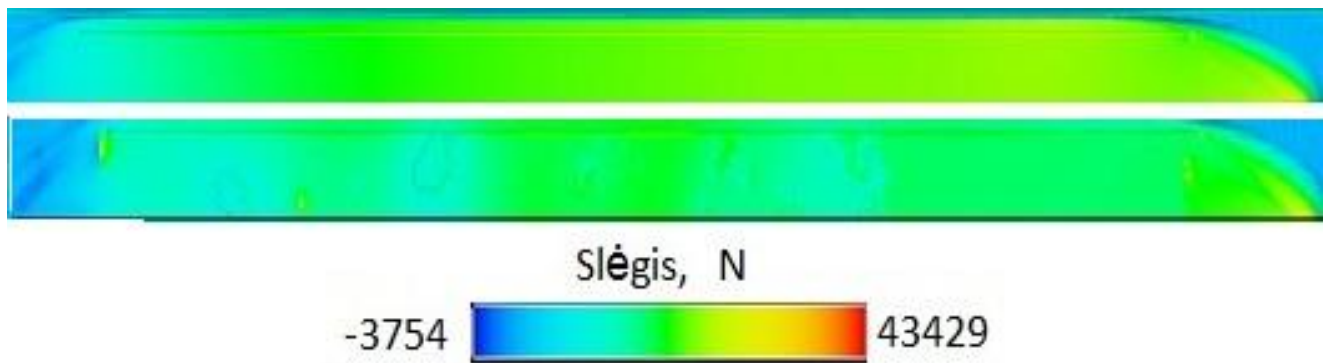
Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

Iš 3.4.4 pav. Matome, kad oro veikimo vietoje po laivo korpusu oro slėgis yra didesnis lyginant su be oro tiekimo.



3.4.5 pav. Vandens slėgio pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 3,5 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

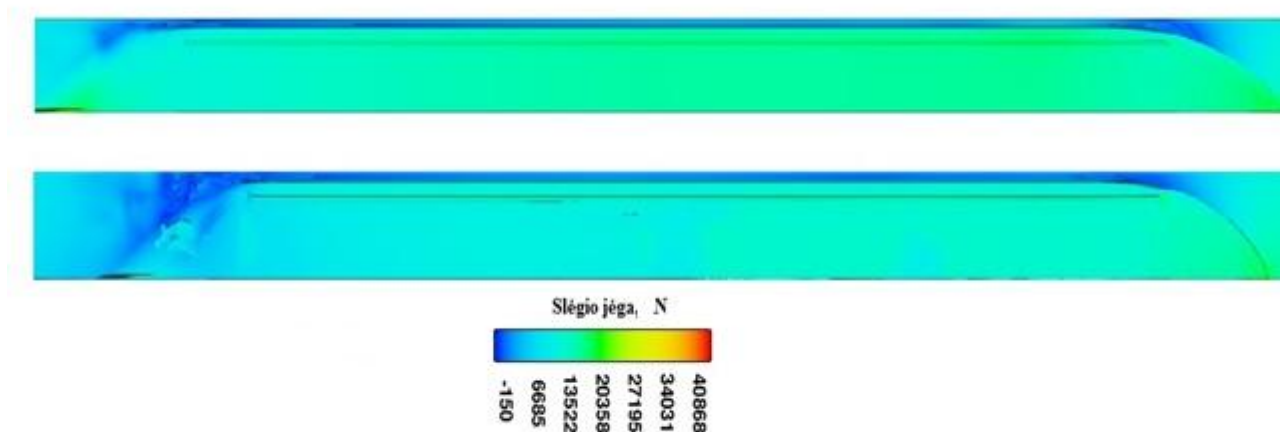


3.4.6 pav. Vandens slėgio pasiskirstymas po laivo korpuso dugnine dalimi esant laivo greičiui 4,0 m/s ir tiekiant orą po laivo korpusu.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

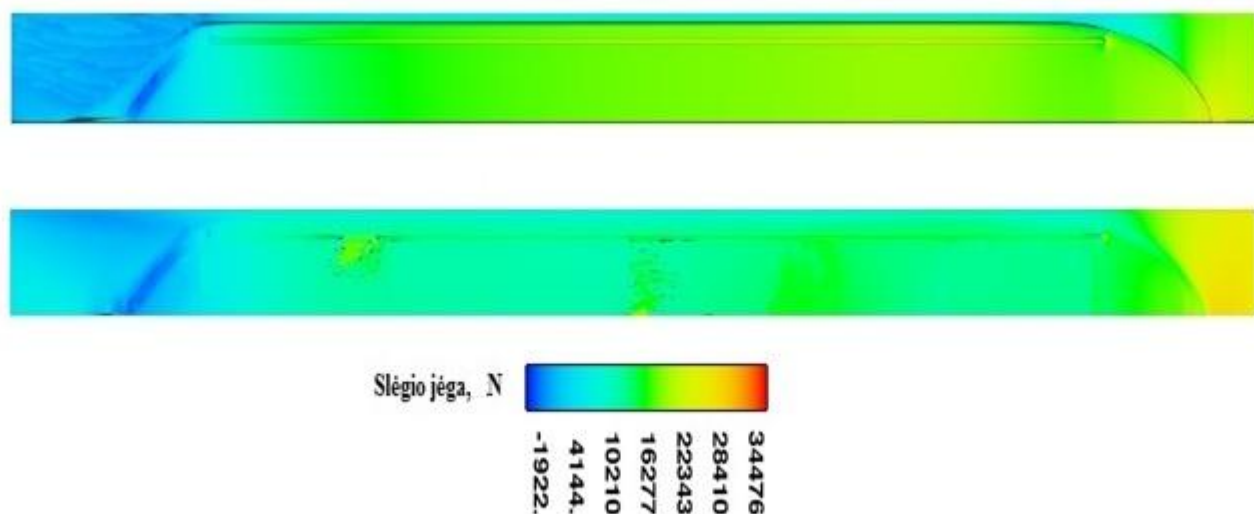
Nors 3.4.4 pav oro tiekimo vietose, esant greičiui 3,0 m/s, rezultatai parodė padidėjusį vandens slėgį po laivo korpusu esant kitiems greičiams slėgis vietose kur yra oras yra sumažėjęs.

Lyginant su anksčiau atliktu tyrimu matyti, kad slėgio pasiskirstymas, išskyrus esant 3,0 m/s greičiui, buvo toks pat. T.y. slėgio sumažėjimas mažais rajonais oro veikimo vietose po laivo korpusu. Anksčiau atlikto bandymo metu gautų slėgio pasiskirstymus galima pamatyti 3.4.7, 3.4.8 ir 3.4.9 pav.



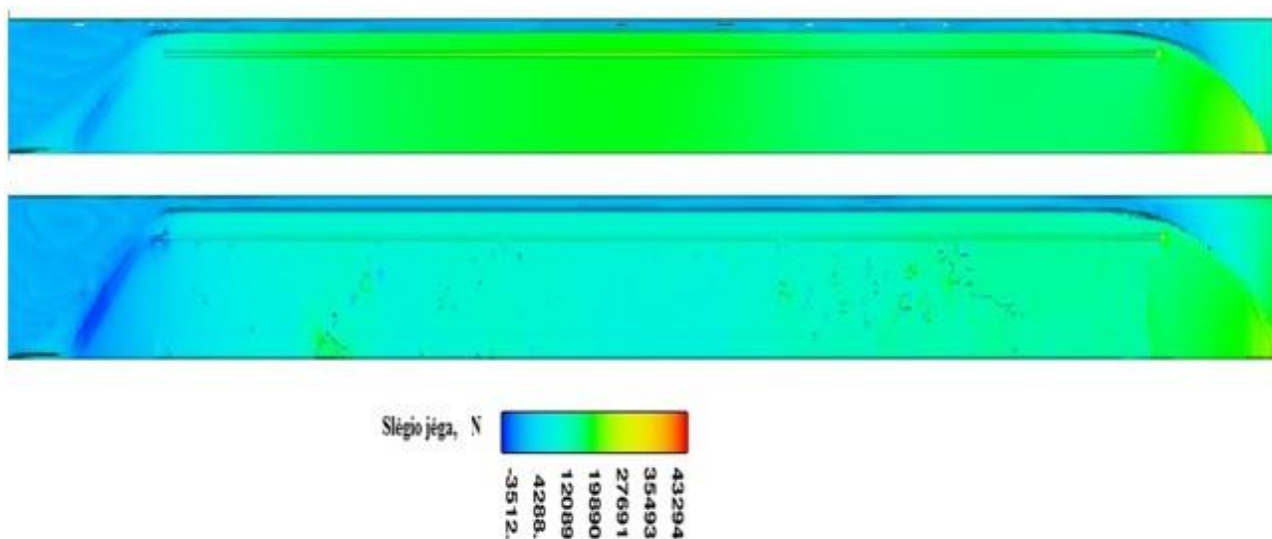
3.4.7 pav. Slėgio pasiskirstymas esant 3,0 m/s greičiui.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.



3.4.8 pav. Slėgio pasiskirstymas esant 3,5 m/s greičiui.

Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

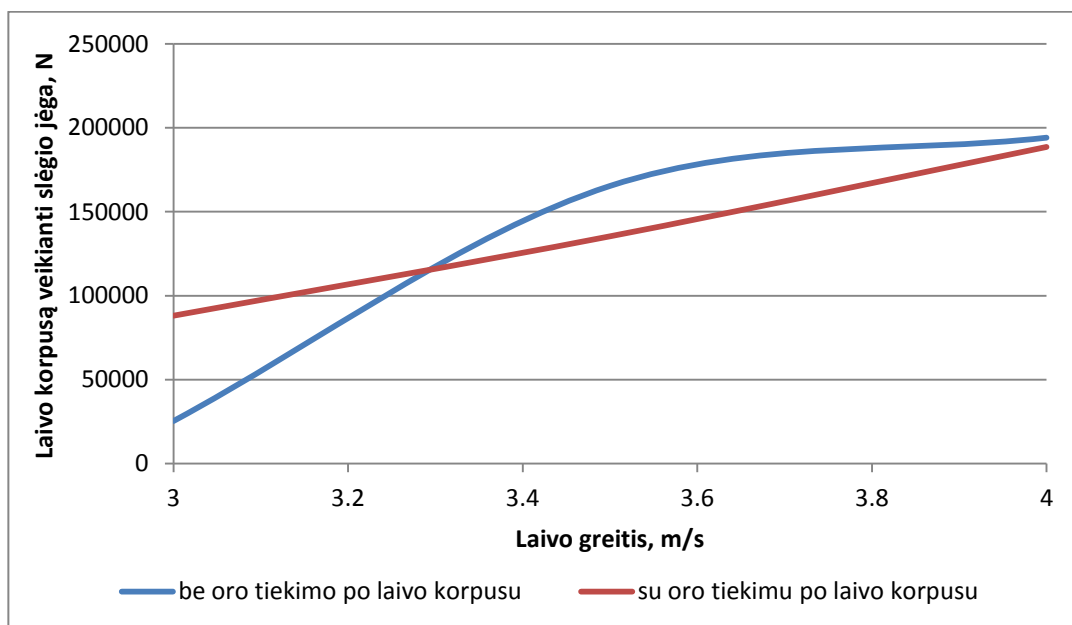


3.4.9 pav. Slėgio pasiskirstymas esant 4,0 m/s greičiui.

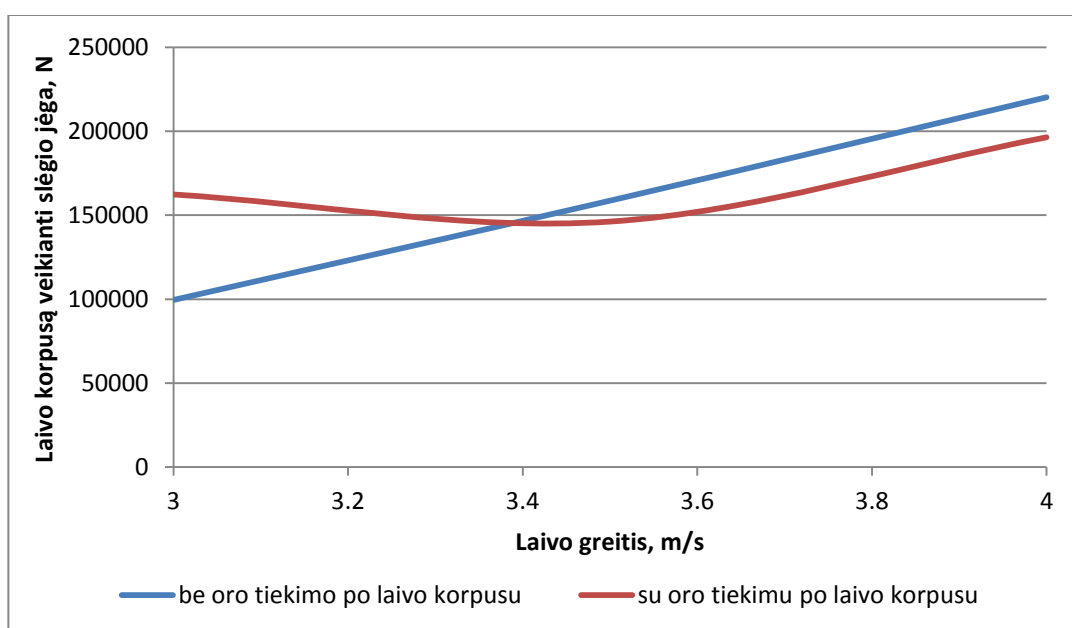
Viršuje - netiekiant oro po laivo korpusu; apačioje - tiekiant orą po laivo korpusu.

Kompiuterinė programa Flow 3D laivo korpuso pasipriešinimo rezultatus pateikia išskaidydama juos į dvi grupes: slėgio (angl.pressure) ir trinties (angl.shear) pasipriešinimo jėgas. Mes apžvelgsime kaip kiekvieną iš pasipriešinimo dedamųjų dalių veikia oro tiekimas po laivo korpusus ir palyginsime su rezultatais gautais praeitame tyrime, kai buvo naudotas laivo korpusas su aptakaus gumbo forma. Slėgio, trinties ir bendrą pasipriešinimo jėgų priklausomybes nuo

judėjimo greičio su aptakaus gumbo forma galime pamatyti 3.4.10, 3.4.14 ir 3.4.16 pav, o be aptakaus gumbo formos 3.4.11, 3.4.15 ir 3.4.17 pav.



3.4.10 pav. Laivą veikiančios slėgio jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma.

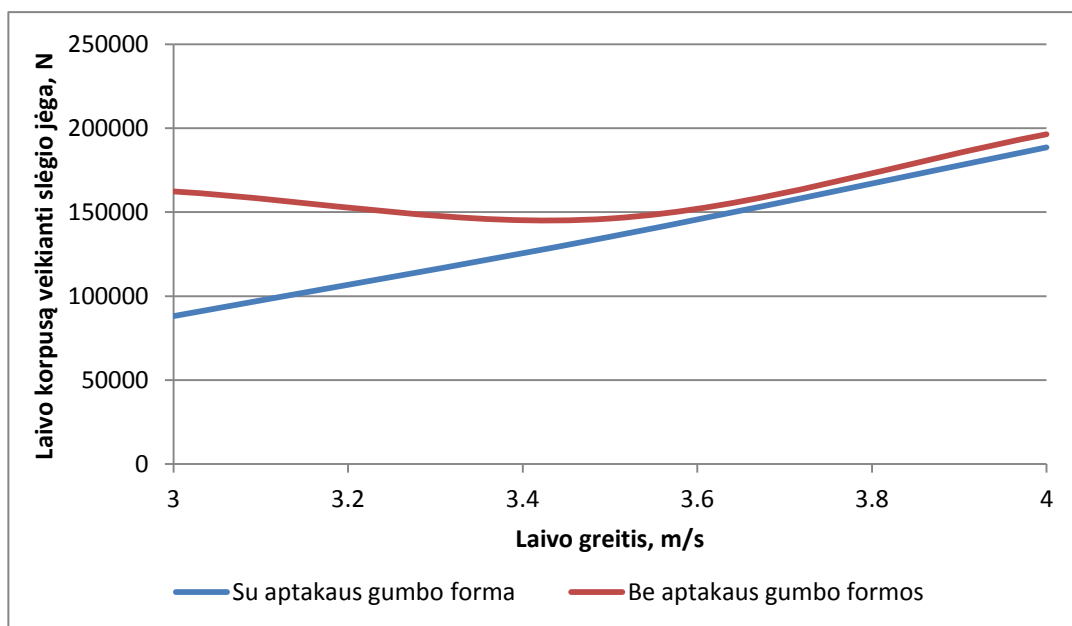


3.4.11 pav. Laivą veikiančios slėgio jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos.

Lyginant su praėjusio tyrimo metu gautais slėgio jėgos, veikiančios laivo korpusą, dydžiais matome, kad be oro tiekimo slėgio jėgos dydis kinta tolygiai keičiantis greičiui. T.y. tarp jų yra tiesinė priklausomybė. Šios priklausomybės esant laivui su aptakaus gumbo forma nustatyti negalėjome. Tačiau esant laivui su ar be aptakaus gumbo formos slėgio jėga veikianti korpusą yra

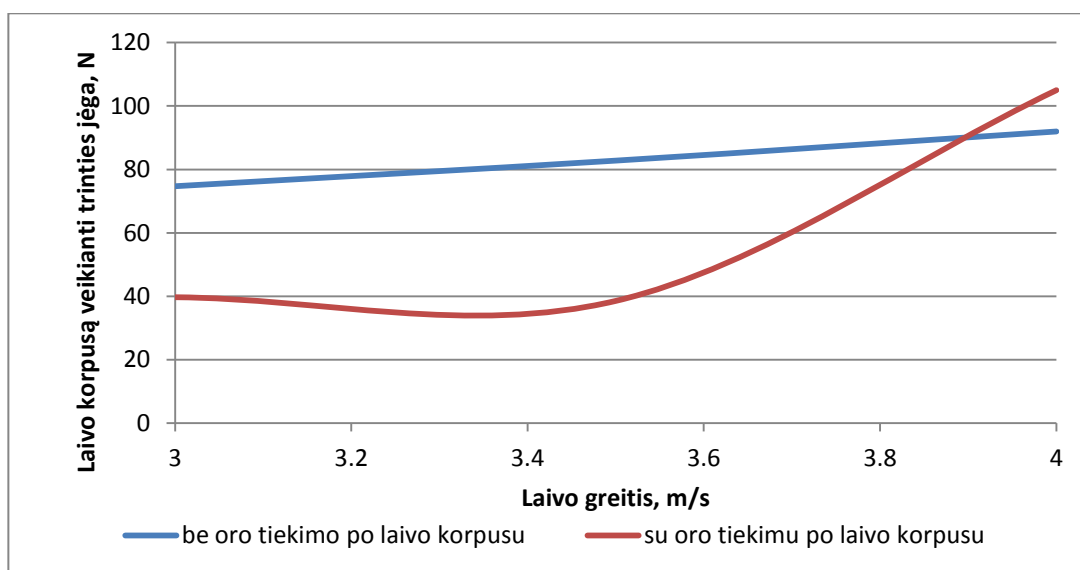
didesnė esant oro tiekimui. Ir tiekti orą po laivo korpusu, slėgio jėgos atžvilgiu, yra naudinga tik nuo 3,4 m/s greičio.

Laivą veikiančių slėgio jėgų reikšmės, kai korpusas yra su ir be aptakaus gumbo formos galima pamatyti 3.4.12 pav.

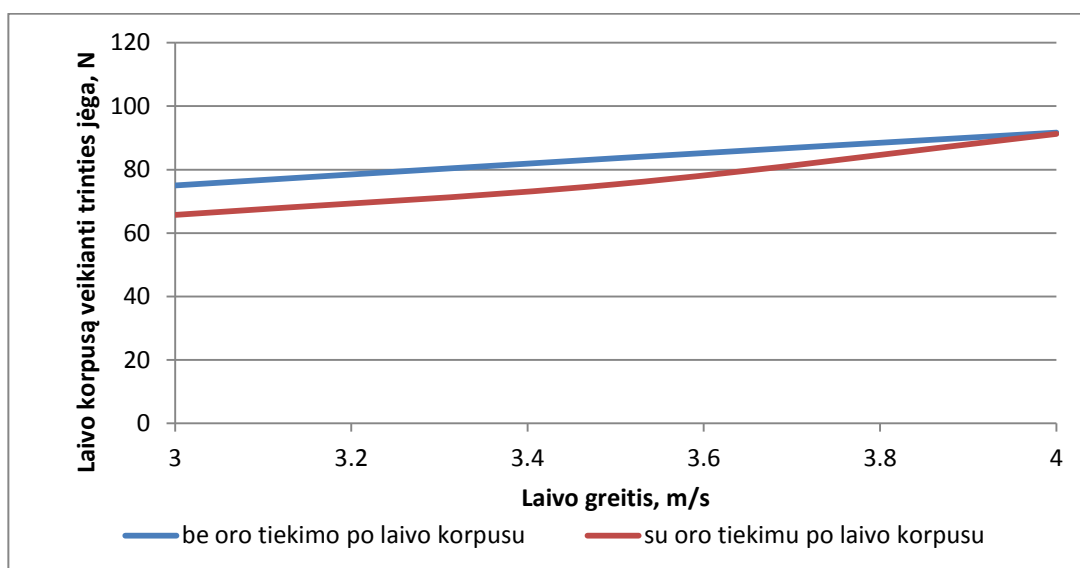


3.4.12 pav. Laivą veikiančios slėgio jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma.

Iš 3.4.12 pav. matyti kad slėgio jėga yra didesnė kai korpusas yra be aptakaus gumbo formos. Pradžioje kai srauto greitis yra 3 m/s skirtumas tarp jų yra pats didžiausias ir didėjant greičiui iki 3,5 m/s skirtumas sparčiai mažėja. Nuo 3,5 m/s iki 4 m/s skirtumas yra pastovus ir nekintantis.

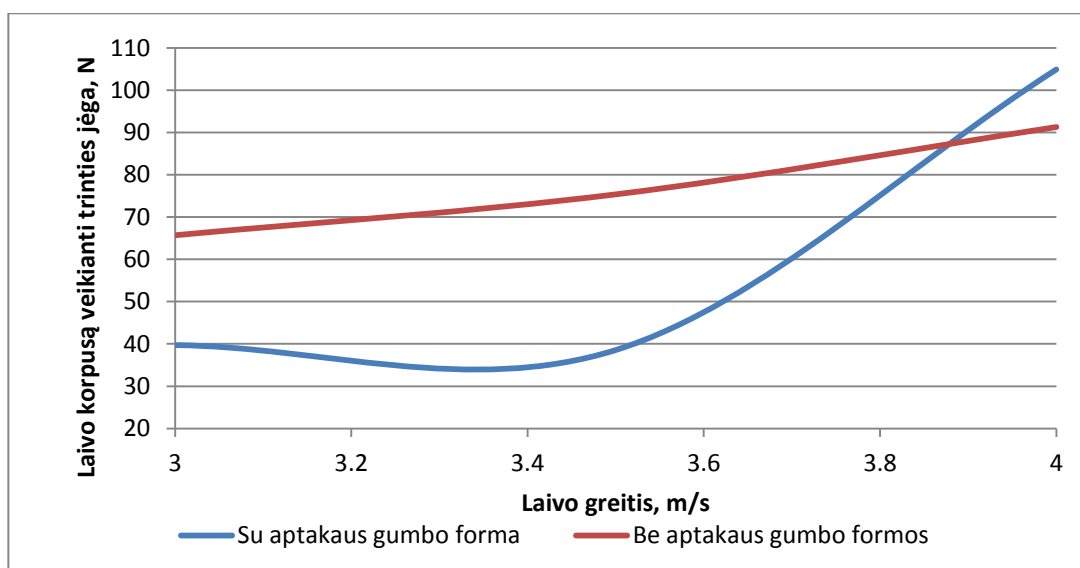


3.4.13 pav. Laivą veikiančios trinties jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma.



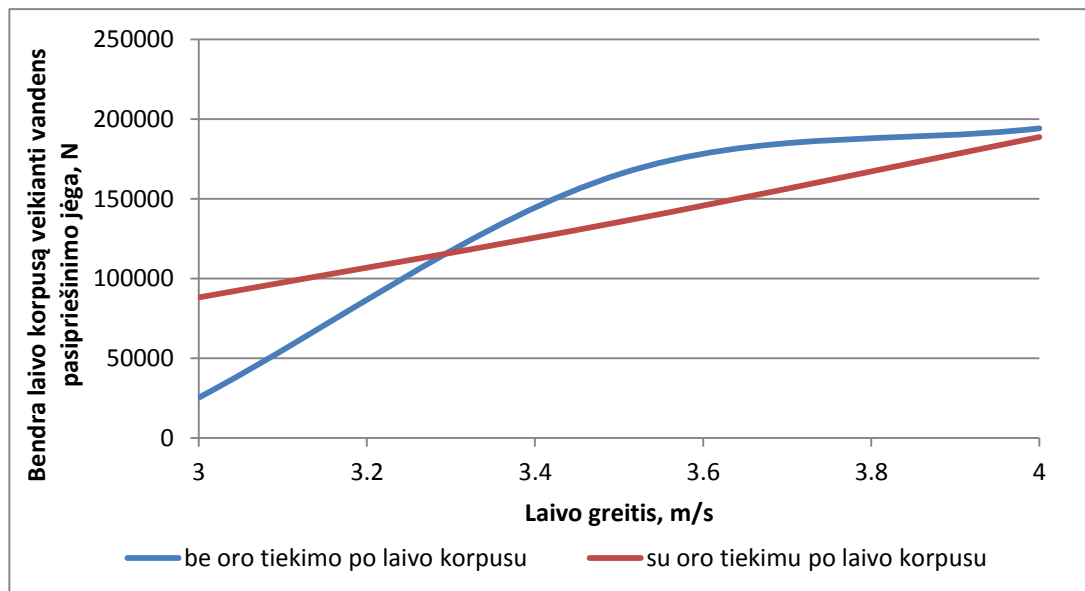
3.4.14. pav. Laivą veikiančios trinties jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos.

Iš 3.4.14 pav matyti, kad trinties pasipriešinimo atžvilgiu, oro tiekimą yra veiksminga naudoti intervale tarp 3,0 ir 4,0 m/s greičių. Trinties pasipriešinimo jėgos dydžių skirtumas didėjant laivo greičiui mažėja ir esant greičiui 4,0 m/s beveik susilygina su trinties jėgos reikšme be oro tiekimo. Oro tiekimas po laivo korpusu, trinties jėgos atžvilgiu, yra veiksmingesnis esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma. Lyginant trinties pasipriešinimo reikšmes kai korpusas yra be ir su oro tiekimu, kai yra naudojamas oro tiekimas, trinties pasipriešinimas yra mažesnis tik nuo 3,85 m/s laivo korpusui esant be aptakaus gumbo formos. Tai galima pamatyti 3.4.15 pav.

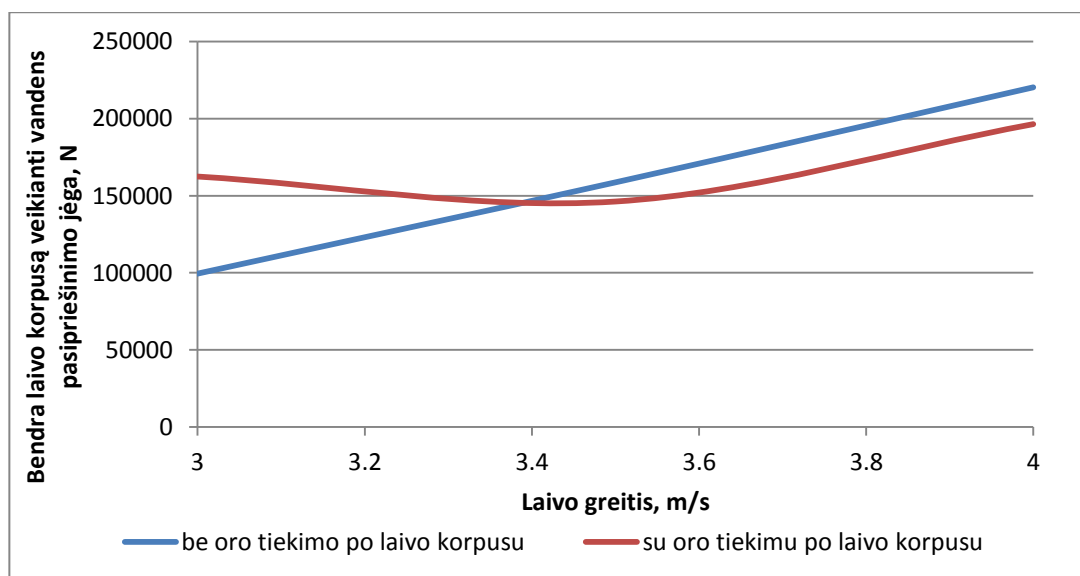


3.4.15. pav. Laivą veikiančios trinties jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma kai yra tiekiamas oras.

Trinties jėgos pasipriešinimo dalis bendrame laivo korpuso pasipriešinime nėra didelė, todėl reikalinga atkreipti dėmesį į slėgio pasipriešinimo dalį. Bendras, slėgio ir trinties, pasipriešinimas grafiniu pavidalu pavaizduotas 3.4.16. pav. Skaitinės reikšmės pateikiamos 3.4.1 lentelėje.



3.4.16 pav. Bendro laivo korpuso veikiančios vandens pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma.

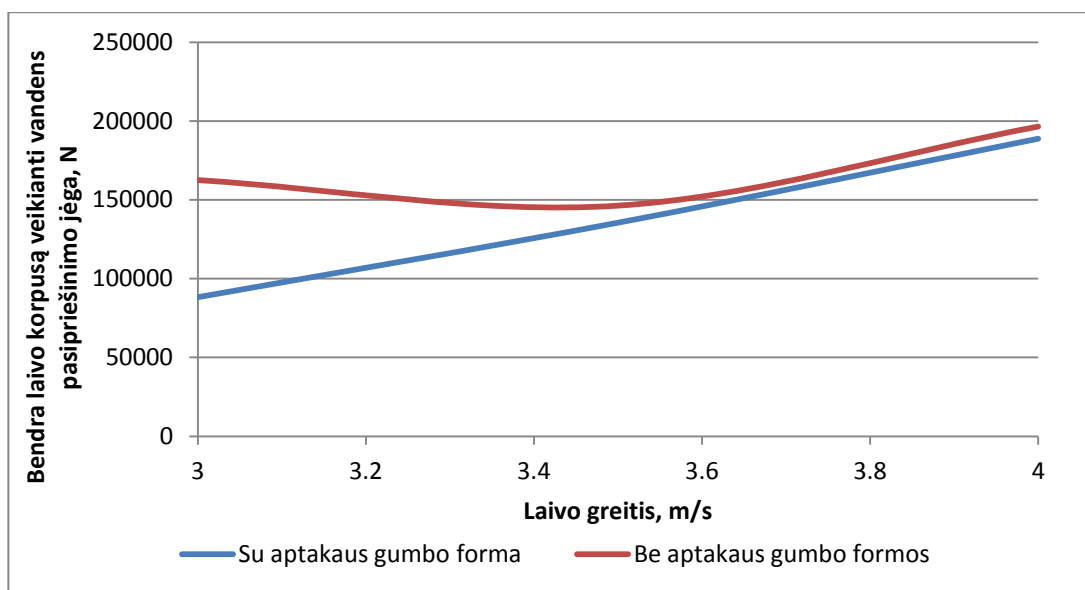


3.4.17. pav. Bendro laivo korpuso veikiančios vandens pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos.

Kadangi bendra laivo pasipriešinimo jėgos didžiausią dalį sudaro slėgio jėga, todėl grafikuose esančių kreivių formos yra tokios pat kaip ir 3.4.10 pav. 3.4.11 pav. Šių duomenų analizė išlieka tokia pati. Lyginant su praėjusio tyrimo metu gautais bendro pasipriešinimo jėgos

,veikiančios laivo korpusą, dydžiais matome, kad be oro tiekimo pasipriešinimo jėgos dydis kinta tolygiai keičiantis greičiui. T.y. tarp jų yra tiesinė priklausomybė. Šios priklausomybės esant laivui su aptakaus gumbo forma nustatyti negalėjome. Tačiau esant laivui su ar be aptakaus gumbo formos pasipriešinimo jėga veikianti korpusą yra didesnė esant oro tiekimui. Ir tiekti orą po laivo korpusu, slėgio jėgos atžvilgiu, yra naudinga tik nuo 3,4 m/s greičio. Tuo tarpu esant laivui su aptakaus gumbo forma buvo 3,3 m/s.

Lyginant vandens pasipriešinimą laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma esant oro teikimui galima pamatyti 3.4.18 pav. Jame matyti, kad pasipriešinimas laivo korpusui esant be aptakaus gumbo formos yra didesnis.



3.4.18. pav. Bendro laivo korpuso veikiančios vandens pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo judėjimo greičio esant laivo korpusui be ir su aptakaus gumbo forma kai yra tiekiamas oras po laivo korpusu.

Pradžioje ,kai srauto greitis yra 3 m/s, skirtumas tarp jų yra pats didžiausias ir didėjant greičiui iki 3,5 m/s skirtumas sparčiai mažėja. Nuo 3,5 m/s iki 4 m/s skirtumas yra pastovus ir nekintantis.

3.4.1 lentelė. Pasipriešinimo dydis.

Greitis, m/s	Pasipriešinimas, kN			
	Nenaudojant pasipriešinimo mažinimo metodo		Naudojant oro tiekimą po laivo korpusu.	
	Su aptakaus gumbo forma	Be aptakaus gumbo formos	Su aptakaus gumbo forma	Be aptakaus gumbo formos
3,0	25,4	99,5	88,2	162,5
3,5	165,4	158,6	135,5	146,3
4,0	194,1	220,2	188,7	196,4

Gauti rezultatai parodė, kad naudinga tiekti orą esant laivui be aptakaus gumbo formos greičių intervale nuo 3,4-4,0 m/s. Lyginant tai, kad esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma, greičių intervalas buvo 3,3-4,0 m/s oro tiekimą naudoti kartu su aptakaus gumbo forma yra veiksmingiau dėl jo sukuriama vandens srauto po laivo korpuso dugnine dalimi. Esant laivo korpusui su aptakaus gumbo forma buvo nustatytas didžiausias 18 % pasipriešinimo sumažėjimas, o be aptakaus gumbo formos 10,8 %. Taip pat buvo nustatyta, kad tiekiant orą po laivo korpusu vandens srovės greičiai dugninėje dalyje yra greitesni. Slėgio sumažėjimas nustatytas tik esant greičiams 3,5 ir 4,0 m/s. Tai galėjo atsitikti arba dėl programos klaidingų skaičiavimų arba dėl procesų veikiančių po laivo korpusu. Palyginus gautus duomenis su anksčiau atlikto bandymo rezultatais buvo nustatyta, kad slėgio pasiskirstymas ir vandens greičiai yra tokie patys savo veikimu t.y. nesisteminimas ir pavienis slėgio kitimas rajonais. Lyginant pasipriešinimo duomenis laivui esant su ir be aptakaus gumbo forma, kai yra oro tiekimas po juo, buvo nustatyta didesnis pasipriešinimas laivui esant be aptakaus gumbo forma.

3.5. Ekonominis įvertinimas

Pasinaudodami gautais kompiuteriniais skaičiavimo rezultatais apskaičiuojame ekonominę naudą įdiegus nagrinėjamą sistemą į laivą. Pasipriešinimo sumažėjimas buvo nustatytas esant visiems greičiams, todėl ekonominę naudą nagrinėsime esant visiems greičiams. Laivo judėjimui reikalinga galia atitinkamu greičiu pateiktas 2.5.1. lentelėje. Reikalingą galios kiekį P_s , kuris bus išreikštas kW mes apskaičiuosime pagal formulę(2) (Čerka, 2005):

$$P_s = \frac{v \cdot P}{\eta_D}, \quad (2)$$

čia: v - laivo plaukimo greitis, m/s;

P - laivo korpuso pasipriešinimas, kN.

η_D - variklio naudingumo koeficientas. Skaičiavimuose bus naudojamas koeficientas propulsiniam kompleksui 0,65

Esant greičiui 3,5 m/s apskaičiuojame reikalingą variklio galią:

$$P_s = \frac{3,5 \cdot 165,4}{0,65} = 854 \text{ kW}$$

Kadangi tolimesniems skaičiavimams yra reikalinga variklio galia išreikšta arklio galiomis ir žinome, kad 1 kW sudaro 1,36 AG konvertuojame į šį matavimo vienetą.

3.5.1. lentelė. Laivo judėjimui reikalinga galia.

Greitis, m/s	Reikalingas galios kiekis, AG	
	Be oro tiekimo	Su oro tiekimu
3,5	627,9	579,2
4,0	996,4	888,7

Metodo ekonominę naudą įvertinsime 1000 km ilgio atstumui. 100 AG variklis sunaudoja 20 l/val. dyzelino. Laikas t , per kurį laivas nuplauks minėtą atstumą l , randamas pagal formulę:

$$t = \frac{l}{v}, \text{ val.}$$

čia: l - atstumas, km;

v - laivo greitis, km/h.

Esant laivo greičiui 3,5 m/s (12,6 km/h) minėtas atstumas bus įveikiamas per:

$$t = \frac{1000}{12,6} = 79,37 \text{ val}$$

Ekspluatuojant laivą 1000 km ruože kitais greičiais, laikas per kurį bus įveiktas atstumas randamas analogiškai. Laikai yra nurodyti 3.5.2 lentelėje.

3.5.2 lentelė. Laikas per kurį laivas nuplauks 1000 km.

Greitis, m/s	Laikas, val.
3,5	79,37
4,0	69,44

Kadangi mes žinome, kad 100 AG variklis sunaudoja 20 litrų dyzelino, sunaudojamą kuro kiekį mes paskaičiuosime pagal formulę(3):

$$V = \frac{P_s}{100} \cdot 20 \cdot t \quad (3)$$

Esant 3,0 m/s greičiui nenaudojant oro tiekimo gausime sunaudojamą kuro kiekį V :

$$V = \frac{627,9}{100} \cdot 20 \cdot 79,37 = 5518,4 \text{ l}$$

Esant kietiems greičiams kuro kiekis randamas analogiškai ir rezultatai pateikiami 3.5.3 lentelėje.

3.5.3 lentelė. Sunaudojamo kuro kiekis.

Greitis, m/s	Reikalingas kuro kiekis, l		
	Be oro tiekimo	Su oro tiekimu	Skirtumas
3,5	9968,0	9195,0	772
4,0	13837,7	12342,1	1495,6

Šiam laivui parinkome IFO 380 markės dyzeliną, kurio kaina šiuo metu yra Europoje 283,5 doleriai už metrinę toną. (<http://www.bunkerindex.com/prices/europe.php>)(0,253 Eur/litrą). Pagal šią kainą apskaičiuojame kokią ekonominę naudą laivo eksploatuotojas turės esant kiekvienam greičiui atskirai. Tai atliekame padauginę kuro kiekio skirtumą tarp be oro tiekimo ir su oro tiekimu veikiamo laivo sunaudojamo kuro kiekį su anksčiau nurodyta kuro kaina. Rezultatai pateikiami 3.5.4 lentelėje.

3.5.4 lentelė. Ekonominė nauda.

Greitis, m/s	Ekonominė nauda, Eur.
3,5	195,32
4,0	378,39

Pasinaudodami laivo pasipriešinimo duomenimis, gautais panaudojant skaičiuojamąją skysčių dinamikos programa Flow 3D, apskaičiavome pinigų sumą, kurią laivo eksploatuotojas sutaupys panaudodamas nagrinėjamą laivo pasipriešinimo metodą. Esant laivo greičiui 3,5 m/s bus sutaupoma 195,32 Eur, o esant 4,0 m/s - 378,39 Eur. Eksploatuojant laivą 300 dienų per metus bus sutaupoma: 3,5 m/s - 17718,33 Eur; 4,0 m/s - 39233,99 Eur.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Peržiūrėjus laivo pasipriešinimą sukeliančias jėgas buvo nustatyta, kad didžiausią bendro pasipriešinimo dalį lėtaeigiuose laivuose sudaro trinties pasipriešinimas. Jis susidaro, dėl vandens klampumo, kurio dėka vanduo prie laivo korpuso paviršiaus juda mažesniais greičiais. Pakeitus šią charakteristiką prie laivo korpuso, būtų galima sumažinti šią pasipriešinimo dalį.
2. Apžvelgus pasaulyje atliktus eksperimentus mažinant laivo pasipriešinimą oro burbulų sluoksnio pagalba buvo padarytos išvados, kurių pagalba buvo parinktos eksperimentinės sąlygos ir parametrai. Tiekiant orą turi pakisti vandens slėgis veikiantis laivo korpusą, aptekančio srauto greitis.
3. SSD programoje buvo sumodeliuoti 6 bandymai panaudojant sausakrūvį vidaus vandenų laivą be aptakaus gumbo formos, kuris plaukioja sekliuose vandenyse. Pasirinkti tiriamojo laivo greičiai- 3,0; 3,5; 4,0 m/s. 3 bandymai atlikti nenaudojant oro, o kiti su oro tiekimu. Oras buvo tiekiamas ties laivapriekiu $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ debitu. Gauti rezultatai buvo palyginti su analogiško laivo su aptakaus gumbo forma rezultatais.
4. SSD programoje atliktų bandymų rezultatai parodė, kad pasipriešinimo mažinimo efektas pasireiškė tik nuo 3,4 m/s iki 4 m/s greičių intervale. Slėgio, veikiančio laivo korpusą, sumažėjimas pastebėtas tik esant greičiams 3,5 ir 4,0 m/s. Esant greičiui 3,0 m/s nustatytas slėgio padidėjimas. Nustatytas vandens srauto greičio padidėjimas po laivo korpusu. Lyginant duomenų rezultatus su korpuso su aptakaus gumbo forma laivapriekyje greičio intervalas kuriame tinkama naudoti orą yra mažesnis. Tuo atveju tinkamas greitis buvo 3,4 - 4,0 m/s. Taip pat nustatyta, kad esant laivo korpusui be aptakaus gumbo formos, vandens pasipriešinimas yra didesnis. Esant greičiui 3,0 m/s pasipriešinimas yra didesnis 84 %; 3,5 m/s- 7,9 % ir 4,0 m/s -4,1 %.
5. Pagal gautus rezultatus buvo nustatyta, kad esant 3,5 m/s greičiui plaukiant 1000 km bus sutaupoma 195,32 Eur., o esant 4,0 m/s - 378,39 Eur. Šios sumos buvo nustatytos pagal šiuo laikotarpiu esančias dyzelinio kuro kainas.

Pagal gautus rezultatus buvo nuspręsta, kad reikalingi tolimesni tyrimai norint nustatyti nagrinėjamo metodo veiksmingumą. Galimos tyrimo kryptys: tiekiamo oro debito; oro tiekimo vietos įtaka veiksmingumui. Rekomenduojama nagrinėjamam laivui naudoti oro tiekimą esant aptakaus gumbo formai laivapriekyje.

LITERATŪRA

1. Australian Maritime College [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. kovo 8d.] Prieiga per internetą: <<https://www.amc.edu.au/maritime-engineering/towing-tank>>;
2. CFD Online. Prieiga per internetą: <<http://www.cfd-online.com/Links/soft.html>> [žiūrėta 2017 m. gegužės 10 d.];
3. Čerka, J., 2005. *Laivo eigumas*. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla;
4. Development Centre for Ship Technology and Transport Systems. 2008. *Modellversuche mit einem Tankmotorschiff*. Duisburg: Reederei Jaegers GmbH;
5. Dogrul, A., Arikan, Y., Celik, F., 2010. *A Numerical Investigation of Air Lubrication Effect on Ship Resistance. International conference on ship drag reduction(SMOOTH-Ships)*. Istanbul, Turkey, 20-21 May 2010;
6. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. kovo 8d.] Prieiga per internetą: <<http://lmh.epfl.ch/tunnel>>;
7. Hirt, C.W., Barkhudarov, M. R., 2013. *Void Regions and Bubble Models in Flow-3D*. Flow Science Report [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. vasario 15d.] Prieiga per internetą: <<http://www.flow3d.com>>;
8. Indisa online. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. gegužės 1d.] Prieiga per internetą: <<http://www.indisaonline.8m.com/antiores/77.htm>>;
9. Kawabuchi, M., Kawakita, C., Mizokami, S., Higasa, S., Kodan, Y., Takano, S., 2011. *CFD Predictions of Bubbly Flow around an Energy-saving Ship with Mitsubishi Air Lubrication System*. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, 48(1), pp. 53–57.
10. Latorre, R., Miller, A., Philips, R., 2003. *Micro-bubble resistance reduction on a model SES catamaran*. Ocean Engineering, 30, pp. 2297–2309.
11. Marine fuel. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. gegužės 9d.] Peržiūra per internetą: <<http://marinefuel.com/>>
12. Mizokami, S., Kawakita, C., Kodan, Y., Takano, S., Higasa, S., Shigenaga, R., 2010. *Experimental Study of Air Lubrication Method and Verification of Effects on Actual Hull by Means of Sea Trial*. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, 47(3), pp. 41-47;
13. Ohta, S., Shigetomi, A., Tasaka, Y., Murai, Y., Takeda, Y., Hinatsu, M., Kodama, Y., 2005. *Boundary layer measurement of a vessel sailing over the sea*. 6th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering.
14. Romero, J. E. G., 2011. *Introduction to CFD in Naval hydrodynamic: A little review* [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 m. gegužės 10 d.] Prieiga per internetą: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/1586/1/CFD_in_Hydrodynamics.pdf>;

15. Sayyaadi, H., Nematollahi, M., 2013. *Determination of optimum injection flow rate to achieve maximum micro bubble drag reduction in ships; an experimental approach*. Scientia Iranica, Transactions B: Mechanical Engineering, 20(3), pp. 535–541.
16. Sheng-Ju Wu., Cheng-Hsing Hsu., Tsung-Te Lin., 2007. *Model test of the surface and submerged vehicles with the micro-bubble drag reduction*. Ocean Engineering, 34, pp. 83–93.
17. Statens Skeppsprovsnings Anstalt. *Sailing on air Applications of air cavity and air lubrication to ships* [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 m. lapkričio 10d.]. Prieiga per internetą: <http://sspa.server.udev.se/sites/default/files/field_page_files/hl52-11_sailing_on_air.pdf>;
18. Stonkus, V., 2006. *Laivo teorija*. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla
19. Kakaguwa, A., Kodama, Y., Nagaya, S., Takahashi, T., Yanagihara, T., 2000. *Mechanism and Scale Effects of Skin Friction Reduction by Microbubbles*. Ship Research Institute, pp. 1–9.
20. Kakaguwa, A., Kawamura, T., Kodama, Y., Nagaya, S., Takahashi, T., 2003. *Drag Reduction of Ships by Microbubbles*. National Maritime Research Institute of Japan.
21. Thill, C., Toxopeus, S., Walree, F., 2005. *Project Energy-saving air-Lubricated Ships (PELS)*. In: MARIN(Maritime Research Institute Netherlands), 2nd International Symposium on Seawater Drag Reduction. Busan, Republic of Korea 23-26 May 2005;
22. The Maritime Executive. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.maritime-executive.com>>;
23. Yanuar., Gunawan., Talahatu, M.A., Indrawati, R.T., Jamaluddin, A., 2015. *Resistance reduction on trimaran ship model by biopolymer of Eel slime*. Journal of Naval Architecture and Marine Engineering, pp. 1-8.

PRIEDAI

1 Priedas

1 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,0 m/s, ORAS NETIEKIAMAS

Laikas, sek.	Suvilgyto paviršiaus plotas, m^2	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
2,48E-03	9,51E+02	-2,99E+07	-5,01E+01	-2,99E+07
1,00E+00	9,53E+02	-1,58E+05	-5,07E+01	-1,58E+05
1,53E+00	9,47E+02	-1,29E+05	-5,10E+01	-1,29E+05
2,00E+00	9,43E+02	-1,15E+05	-5,12E+01	-1,15E+05
3,00E+00	9,40E+02	-1,15E+05	-5,17E+01	-1,15E+05
4,00E+00	9,35E+02	-1,19E+05	-5,23E+01	-1,19E+05
5,00E+00	9,30E+02	-1,15E+05	-5,29E+01	-1,15E+05
6,00E+00	9,26E+02	-1,11E+05	-5,34E+01	-1,11E+05
7,00E+00	9,23E+02	-1,05E+05	-5,40E+01	-1,05E+05
8,00E+00	9,19E+02	-1,07E+05	-5,45E+01	-1,07E+05
9,00E+00	9,17E+02	-1,04E+05	-5,50E+01	-1,04E+05
1,00E+01	9,14E+02	-9,99E+04	-5,55E+01	-9,99E+04
1,10E+01	9,11E+02	-9,82E+04	-5,58E+01	-9,82E+04
1,20E+01	9,07E+02	-1,00E+05	-5,62E+01	-1,00E+05
1,30E+01	9,03E+02	-1,03E+05	-5,65E+01	-1,03E+05
1,40E+01	8,99E+02	-9,98E+04	-5,69E+01	-9,99E+04
1,50E+01	8,95E+02	-1,02E+05	-5,74E+01	-1,02E+05
1,60E+01	8,92E+02	-1,04E+05	-5,79E+01	-1,04E+05
1,70E+01	8,88E+02	-1,05E+05	-5,83E+01	-1,05E+05
1,80E+01	8,85E+02	-1,05E+05	-5,88E+01	-1,05E+05
1,90E+01	8,82E+02	-1,06E+05	-5,94E+01	-1,06E+05
2,00E+01	8,79E+02	-1,06E+05	-5,99E+01	-1,06E+05
2,10E+01	8,76E+02	-1,07E+05	-6,05E+01	-1,07E+05
2,20E+01	8,74E+02	-1,06E+05	-6,10E+01	-1,06E+05
2,30E+01	8,71E+02	-1,05E+05	-6,16E+01	-1,05E+05
2,40E+01	8,69E+02	-1,02E+05	-6,21E+01	-1,02E+05
2,50E+01	8,66E+02	-9,82E+04	-6,27E+01	-9,83E+04
2,60E+01	8,64E+02	-9,43E+04	-6,32E+01	-9,44E+04
2,70E+01	8,62E+02	-9,04E+04	-6,38E+01	-9,05E+04
2,80E+01	8,60E+02	-8,66E+04	-6,43E+01	-8,67E+04
2,90E+01	8,57E+02	-8,29E+04	-6,48E+01	-8,30E+04
3,00E+01	8,55E+02	-7,93E+04	-6,52E+01	-7,94E+04
3,10E+01	8,54E+02	-7,57E+04	-6,57E+01	-7,58E+04
3,20E+01	8,52E+02	-7,25E+04	-6,62E+01	-7,26E+04
3,30E+01	8,50E+02	-6,93E+04	-6,66E+01	-6,94E+04
3,40E+01	8,49E+02	-6,66E+04	-6,71E+01	-6,66E+04
3,50E+01	8,48E+02	-6,35E+04	-6,75E+01	-6,35E+04
3,60E+01	8,46E+02	-6,07E+04	-6,79E+01	-6,07E+04
3,70E+01	8,45E+02	-5,79E+04	-6,83E+01	-5,80E+04
3,80E+01	8,44E+02	-5,54E+04	-6,86E+01	-5,54E+04
3,90E+01	8,42E+02	-5,34E+04	-6,90E+01	-5,35E+04
4,00E+01	8,41E+02	-5,14E+04	-6,93E+01	-5,15E+04
4,10E+01	8,40E+02	-4,96E+04	-6,96E+01	-4,97E+04
4,20E+01	8,39E+02	-4,81E+04	-6,99E+01	-4,82E+04
4,30E+01	8,37E+02	-4,70E+04	-7,02E+01	-4,71E+04
4,40E+01	8,36E+02	-4,50E+04	-7,04E+01	-4,51E+04
4,50E+01	8,35E+02	-4,43E+04	-7,07E+01	-4,44E+04

4,60E+01	8,34E+02	-4,31E+04	-7,09E+01	-4,32E+04
4,70E+01	8,33E+02	-4,23E+04	-7,12E+01	-4,24E+04
4,80E+01	8,32E+02	-4,12E+04	-7,14E+01	-4,13E+04
4,90E+01	8,30E+02	-4,08E+04	-7,16E+01	-4,09E+04
5,00E+01	8,30E+02	-4,00E+04	-7,18E+01	-4,00E+04
5,10E+01	8,29E+02	-3,93E+04	-7,20E+01	-3,93E+04
5,20E+01	8,28E+02	-3,88E+04	-7,22E+01	-3,89E+04
5,30E+01	8,27E+02	-3,86E+04	-7,24E+01	-3,87E+04
5,40E+01	8,26E+02	-3,83E+04	-7,26E+01	-3,84E+04
5,50E+01	8,25E+02	-3,85E+04	-7,28E+01	-3,86E+04
5,60E+01	8,24E+02	-3,94E+04	-7,30E+01	-3,95E+04
5,70E+01	8,24E+02	-4,11E+04	-7,32E+01	-4,12E+04
5,80E+01	8,23E+02	-4,35E+04	-7,35E+01	-4,36E+04
5,90E+01	8,23E+02	-4,56E+04	-7,38E+01	-4,57E+04
6,00E+01	8,23E+02	-4,64E+04	-7,41E+01	-4,65E+04
6,10E+01	8,23E+02	-4,69E+04	-7,45E+01	-4,69E+04
6,20E+01	8,23E+02	-4,64E+04	-7,48E+01	-4,65E+04
6,30E+01	8,22E+02	-4,53E+04	-7,52E+01	-4,54E+04
6,40E+01	8,22E+02	-4,37E+04	-7,55E+01	-4,38E+04
6,50E+01	8,22E+02	-4,07E+04	-7,57E+01	-4,08E+04
6,60E+01	8,21E+02	-3,80E+04	-7,59E+01	-3,80E+04
6,70E+01	8,20E+02	-3,61E+04	-7,60E+01	-3,61E+04
6,80E+01	8,18E+02	-3,51E+04	-7,60E+01	-3,52E+04
6,90E+01	8,17E+02	-3,31E+04	-7,60E+01	-3,32E+04
7,00E+01	8,16E+02	-3,24E+04	-7,59E+01	-3,25E+04
7,10E+01	8,14E+02	-3,33E+04	-7,59E+01	-3,34E+04
7,20E+01	8,12E+02	-3,39E+04	-7,58E+01	-3,40E+04
7,30E+01	8,10E+02	-3,56E+04	-7,57E+01	-3,57E+04
7,40E+01	8,09E+02	-3,93E+04	-7,57E+01	-3,93E+04
7,50E+01	8,08E+02	-4,24E+04	-7,57E+01	-4,24E+04
7,60E+01	8,06E+02	-4,45E+04	-7,58E+01	-4,46E+04
7,70E+01	8,05E+02	-4,69E+04	-7,58E+01	-4,69E+04
7,80E+01	8,04E+02	-4,69E+04	-7,59E+01	-4,70E+04
7,90E+01	8,03E+02	-4,70E+04	-7,60E+01	-4,71E+04
8,00E+01	8,03E+02	-4,63E+04	-7,62E+01	-4,64E+04
8,10E+01	8,02E+02	-4,72E+04	-7,63E+01	-4,73E+04
8,20E+01	8,02E+02	-4,45E+04	-7,64E+01	-4,46E+04
8,30E+01	8,01E+02	-4,44E+04	-7,65E+01	-4,45E+04
8,40E+01	8,00E+02	-4,29E+04	-7,66E+01	-4,30E+04
8,50E+01	8,00E+02	-3,96E+04	-7,66E+01	-3,97E+04
8,60E+01	7,99E+02	-4,21E+04	-7,66E+01	-4,22E+04
8,70E+01	7,98E+02	-4,06E+04	-7,67E+01	-4,07E+04
8,80E+01	7,98E+02	-4,01E+04	-7,67E+01	-4,02E+04
8,90E+01	7,97E+02	-3,98E+04	-7,67E+01	-3,98E+04
9,00E+01	7,96E+02	-4,01E+04	-7,67E+01	-4,01E+04
9,10E+01	7,95E+02	-3,96E+04	-7,67E+01	-3,97E+04
9,20E+01	7,95E+02	-3,88E+04	-7,67E+01	-3,89E+04
9,30E+01	7,94E+02	-3,92E+04	-7,67E+01	-3,93E+04
9,40E+01	7,93E+02	-3,93E+04	-7,67E+01	-3,94E+04
9,50E+01	7,93E+02	-3,78E+04	-7,66E+01	-3,79E+04
9,60E+01	7,93E+02	-3,79E+04	-7,65E+01	-3,80E+04
9,70E+01	7,92E+02	-3,62E+04	-7,62E+01	-3,62E+04
9,80E+01	7,91E+02	-3,57E+04	-7,61E+01	-3,58E+04
9,90E+01	7,90E+02	-3,59E+04	-7,59E+01	-3,59E+04
1,00E+02	7,90E+02	-3,48E+04	-7,58E+01	-3,48E+04

1,01E+02	7,89E+02	-3,42E+04	-7,57E+01	-3,43E+04
1,02E+02	7,88E+02	-3,29E+04	-7,56E+01	-3,30E+04
1,03E+02	7,87E+02	-3,44E+04	-7,55E+01	-3,45E+04
1,04E+02	7,87E+02	-3,35E+04	-7,55E+01	-3,36E+04
1,05E+02	7,86E+02	-3,21E+04	-7,55E+01	-3,21E+04
1,06E+02	7,85E+02	-3,42E+04	-7,54E+01	-3,43E+04
1,07E+02	7,84E+02	-3,26E+04	-7,54E+01	-3,27E+04
1,08E+02	7,84E+02	-3,34E+04	-7,53E+01	-3,34E+04
1,09E+02	7,83E+02	-3,31E+04	-7,53E+01	-3,31E+04
1,10E+02	7,83E+02	-3,49E+04	-7,52E+01	-3,50E+04
1,11E+02	7,82E+02	-3,59E+04	-7,51E+01	-3,60E+04
1,12E+02	7,82E+02	-3,48E+04	-7,51E+01	-3,49E+04
1,13E+02	7,81E+02	-3,07E+04	-7,49E+01	-3,08E+04
1,14E+02	7,80E+02	-2,86E+04	-7,47E+01	-2,87E+04
1,15E+02	7,79E+02	-2,67E+04	-7,47E+01	-2,68E+04
1,16E+02	7,79E+02	-2,47E+04	-7,46E+01	-2,48E+04
1,17E+02	7,80E+02	-2,36E+04	-7,47E+01	-2,37E+04
1,18E+02	7,78E+02	-2,57E+04	-7,47E+01	-2,58E+04
1,19E+02	7,77E+02	-2,57E+04	-7,47E+01	-2,57E+04
1,20E+02	7,76E+02	-2,68E+04	-7,46E+01	-2,69E+04

**2 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,0 m/s, ORAS TIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU.**

Laikas, sek.	Suvilgyto paviršiaus plotas, m^2	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
2,00E+01	6,89E+02	-2,07E+05	-6,45E+01	-2,07E+05
2,08E+01	6,91E+02	-3,88E+04	-7,29E+01	-3,89E+04
2,16E+01	6,87E+02	-4,83E+04	-7,45E+01	-4,84E+04
2,24E+01	6,76E+02	-4,77E+04	-7,64E+01	-4,78E+04
2,25E+01	6,76E+02	-4,68E+04	-7,63E+01	-4,69E+04
2,32E+01	6,67E+02	-4,83E+04	-7,40E+01	-4,84E+04
2,40E+01	6,56E+02	-5,31E+04	-7,36E+01	-5,32E+04
2,48E+01	6,53E+02	-5,12E+04	-7,25E+01	-5,12E+04
2,56E+01	6,48E+02	-5,22E+04	-6,80E+01	-5,23E+04
2,64E+01	6,42E+02	-5,30E+04	-6,69E+01	-5,31E+04
2,72E+01	6,35E+02	-5,63E+04	-6,29E+01	-5,64E+04
2,80E+01	6,28E+02	-5,45E+04	-6,07E+01	-5,46E+04
2,88E+01	6,20E+02	-5,89E+04	-6,13E+01	-5,89E+04
2,96E+01	6,14E+02	-5,98E+04	-5,81E+01	-5,98E+04
3,04E+01	6,04E+02	-5,23E+04	-5,87E+01	-5,24E+04
3,12E+01	5,95E+02	-6,30E+04	-5,69E+01	-6,30E+04
3,20E+01	5,85E+02	-5,99E+04	-5,45E+01	-6,00E+04
3,28E+01	5,67E+02	-6,81E+04	-5,44E+01	-6,82E+04
3,36E+01	5,57E+02	-6,59E+04	-5,35E+01	-6,60E+04
3,44E+01	5,49E+02	-5,59E+04	-5,07E+01	-5,60E+04
3,52E+01	5,42E+02	-6,17E+04	-4,96E+01	-6,17E+04
3,60E+01	5,33E+02	-6,33E+04	-4,95E+01	-6,34E+04
3,68E+01	5,27E+02	-6,83E+04	-5,00E+01	-6,83E+04
3,76E+01	5,18E+02	-8,58E+04	-5,13E+01	-8,58E+04
3,84E+01	5,13E+02	-6,08E+04	-4,92E+01	-6,09E+04
3,92E+01	5,02E+02	-6,78E+04	-4,48E+01	-6,79E+04
4,00E+01	4,94E+02	-9,30E+04	-4,45E+01	-9,30E+04
4,08E+01	4,91E+02	-5,85E+04	-4,44E+01	-5,86E+04
4,16E+01	4,89E+02	-9,17E+04	-4,43E+01	-9,18E+04
4,24E+01	4,88E+02	-6,88E+04	-4,40E+01	-6,88E+04
4,32E+01	4,85E+02	-7,91E+04	-4,38E+01	-7,91E+04
4,40E+01	4,81E+02	-7,20E+04	-4,35E+01	-7,21E+04
4,48E+01	4,76E+02	-8,21E+04	-4,31E+01	-8,21E+04
4,56E+01	4,71E+02	-7,99E+04	-4,26E+01	-7,99E+04
4,64E+01	4,66E+02	-8,50E+04	-4,21E+01	-8,51E+04
4,72E+01	4,60E+02	-8,63E+04	-4,16E+01	-8,63E+04
4,80E+01	4,53E+02	-8,79E+04	-4,10E+01	-8,79E+04
4,88E+01	4,50E+02	-8,80E+04	-4,07E+01	-8,81E+04
4,96E+01	4,47E+02	-8,66E+04	-4,05E+01	-8,67E+04
5,04E+01	4,43E+02	-8,68E+04	-4,02E+01	-8,69E+04
5,12E+01	4,39E+02	-8,88E+04	-4,00E+01	-8,88E+04
5,20E+01	4,36E+02	-8,84E+04	-3,97E+01	-8,85E+04
5,28E+01	4,33E+02	-8,88E+04	-3,94E+01	-8,89E+04
5,36E+01	4,30E+02	-8,83E+04	-3,92E+01	-8,83E+04
5,44E+01	4,27E+02	-8,65E+04	-4,03E+01	-8,65E+04
5,52E+01	4,24E+02	-8,87E+04	-4,11E+01	-8,87E+04

5,60E+01	4,19E+02	-8,34E+04	-4,42E+01	-8,34E+04
5,68E+01	4,13E+02	-8,17E+04	-5,63E+01	-8,18E+04
5,76E+01	4,11E+02	-8,13E+04	-6,44E+01	-8,14E+04
5,84E+01	4,12E+02	-7,14E+04	-1,00E+02	-7,15E+04
5,92E+01	4,03E+02	-8,94E+04	-7,72E+01	-8,95E+04
6,00E+01	4,23E+02	-1,10E+05	-6,27E+01	-1,10E+05

3 Priedas

3 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,5 m/s, ORAS NETIEKIAMAS

Laikas, sek.	Suvilgyto paviršiaus plotas, m^2	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
1,39E-03	9,51E+02	-6,27E+07	-5,84E+01	-6,27E+07
2,00E+00	9,42E+02	-1,39E+05	-5,96E+01	-1,39E+05
4,00E+00	9,32E+02	-1,46E+05	-6,07E+01	-1,46E+05
6,00E+00	9,20E+02	-1,43E+05	-6,17E+01	-1,43E+05
8,00E+00	9,11E+02	-1,40E+05	-6,27E+01	-1,41E+05
1,00E+01	9,03E+02	-1,37E+05	-6,35E+01	-1,37E+05
1,20E+01	8,92E+02	-1,56E+05	-6,40E+01	-1,56E+05
1,40E+01	8,83E+02	-1,62E+05	-6,48E+01	-1,63E+05
1,60E+01	8,75E+02	-1,73E+05	-6,55E+01	-1,73E+05
1,80E+01	8,67E+02	-1,80E+05	-6,63E+01	-1,80E+05
2,00E+01	8,58E+02	-1,85E+05	-6,72E+01	-1,85E+05
2,20E+01	8,51E+02	-1,87E+05	-6,82E+01	-1,87E+05
2,40E+01	8,46E+02	-1,87E+05	-6,93E+01	-1,87E+05
2,60E+01	8,40E+02	-1,86E+05	-7,04E+01	-1,86E+05
2,80E+01	8,33E+02	-1,83E+05	-7,13E+01	-1,83E+05
3,00E+01	8,26E+02	-1,83E+05	-7,21E+01	-1,84E+05
3,20E+01	8,18E+02	-1,88E+05	-7,30E+01	-1,88E+05
3,40E+01	8,12E+02	-1,90E+05	-7,39E+01	-1,90E+05
3,60E+01	8,05E+02	-1,93E+05	-7,47E+01	-1,93E+05
3,80E+01	8,00E+02	-1,93E+05	-7,54E+01	-1,93E+05
4,00E+01	7,91E+02	-1,91E+05	-7,60E+01	-1,91E+05
4,20E+01	7,86E+02	-1,89E+05	-7,66E+01	-1,89E+05
4,40E+01	7,78E+02	-1,85E+05	-7,69E+01	-1,86E+05
4,60E+01	7,73E+02	-1,86E+05	-7,73E+01	-1,86E+05
4,80E+01	7,69E+02	-1,81E+05	-7,77E+01	-1,81E+05
5,00E+01	7,68E+02	-1,80E+05	-7,81E+01	-1,80E+05
5,20E+01	7,65E+02	-1,78E+05	-7,84E+01	-1,78E+05
5,40E+01	7,63E+02	-1,78E+05	-7,86E+01	-1,78E+05
5,60E+01	7,59E+02	-1,78E+05	-7,89E+01	-1,78E+05
5,80E+01	7,57E+02	-1,80E+05	-7,92E+01	-1,80E+05
6,00E+01	7,54E+02	-1,83E+05	-7,95E+01	-1,83E+05
6,20E+01	7,53E+02	-1,87E+05	-7,99E+01	-1,87E+05
6,40E+01	7,52E+02	-1,90E+05	-8,04E+01	-1,90E+05
6,60E+01	7,52E+02	-1,92E+05	-8,10E+01	-1,92E+05
6,80E+01	7,52E+02	-1,90E+05	-8,17E+01	-1,90E+05
7,00E+01	7,52E+02	-1,86E+05	-8,22E+01	-1,86E+05
7,20E+01	7,50E+02	-1,81E+05	-8,23E+01	-1,81E+05
7,40E+01	7,48E+02	-1,77E+05	-8,23E+01	-1,77E+05
7,60E+01	7,46E+02	-1,75E+05	-8,21E+01	-1,75E+05
7,80E+01	7,43E+02	-1,74E+05	-8,19E+01	-1,74E+05
8,00E+01	7,41E+02	-1,73E+05	-8,19E+01	-1,73E+05
8,20E+01	7,40E+02	-1,73E+05	-8,18E+01	-1,73E+05
8,40E+01	7,38E+02	-1,73E+05	-8,19E+01	-1,73E+05
8,60E+01	7,37E+02	-1,74E+05	-8,20E+01	-1,74E+05
8,80E+01	7,37E+02	-1,74E+05	-8,22E+01	-1,75E+05
9,00E+01	7,36E+02	-1,74E+05	-8,24E+01	-1,74E+05
9,20E+01	7,36E+02	-1,73E+05	-8,26E+01	-1,73E+05

9,40E+01	7,35E+02	-1,72E+05	-8,26E+01	-1,72E+05
9,60E+01	7,35E+02	-1,70E+05	-8,27E+01	-1,71E+05
9,80E+01	7,35E+02	-1,69E+05	-8,27E+01	-1,69E+05
1,00E+02	7,34E+02	-1,68E+05	-8,27E+01	-1,68E+05
1,02E+02	7,33E+02	-1,67E+05	-8,27E+01	-1,68E+05
1,04E+02	7,32E+02	-1,67E+05	-8,27E+01	-1,67E+05
1,06E+02	7,31E+02	-1,67E+05	-8,27E+01	-1,67E+05
1,08E+02	7,30E+02	-1,66E+05	-8,28E+01	-1,66E+05
1,10E+02	7,29E+02	-1,66E+05	-8,28E+01	-1,66E+05
1,12E+02	7,28E+02	-1,65E+05	-8,28E+01	-1,65E+05
1,14E+02	7,28E+02	-1,65E+05	-8,29E+01	-1,65E+05
1,15E+02	7,28E+02	-1,65E+05	-8,29E+01	-1,65E+05

**4 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,5 m/s, ORAS TIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU**

Laikas, sek.	Suvilgyto paviršiaus plotas, m^2	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
1,00E-03	7,28E+02	-4,92E+05	-8,29E+01	1,00E-03
1,00E+00	7,22E+02	-1,61E+05	-8,56E+01	1,00E+00
2,00E+00	7,13E+02	-1,59E+05	-8,34E+01	2,00E+00
3,00E+00	7,01E+02	-1,56E+05	-8,04E+01	3,00E+00
4,00E+00	6,92E+02	-1,54E+05	-7,93E+01	4,00E+00
5,00E+00	6,83E+02	-1,53E+05	-7,78E+01	5,00E+00
6,00E+00	6,75E+02	-1,54E+05	-7,64E+01	6,00E+00
7,00E+00	6,67E+02	-1,53E+05	-7,42E+01	7,00E+00
8,00E+00	6,60E+02	-1,52E+05	-7,25E+01	8,00E+00
9,00E+00	6,54E+02	-1,52E+05	-7,21E+01	9,00E+00
1,00E+01	6,48E+02	-1,52E+05	-7,09E+01	1,00E+01
1,10E+01	6,42E+02	-1,52E+05	-7,01E+01	1,10E+01
1,20E+01	6,37E+02	-1,51E+05	-6,92E+01	1,20E+01
1,30E+01	6,32E+02	-1,51E+05	-6,89E+01	1,30E+01
1,40E+01	6,27E+02	-1,51E+05	-6,99E+01	1,40E+01
1,50E+01	6,20E+02	-1,50E+05	-6,88E+01	1,50E+01
1,60E+01	6,12E+02	-1,50E+05	-6,74E+01	1,60E+01
1,70E+01	6,04E+02	-1,49E+05	-6,72E+01	1,70E+01
1,80E+01	5,96E+02	-1,49E+05	-6,59E+01	1,80E+01
1,90E+01	5,87E+02	-1,49E+05	-6,47E+01	1,90E+01
2,00E+01	5,79E+02	-1,48E+05	-6,54E+01	2,00E+01
2,10E+01	5,71E+02	-1,48E+05	-6,37E+01	2,10E+01
2,20E+01	5,62E+02	-1,47E+05	-6,27E+01	2,20E+01
2,30E+01	5,52E+02	-1,47E+05	-6,16E+01	2,30E+01
2,40E+01	5,42E+02	-1,45E+05	-6,13E+01	2,40E+01
2,50E+01	5,26E+02	-1,45E+05	-5,87E+01	2,50E+01
2,60E+01	5,12E+02	-1,45E+05	-5,85E+01	2,60E+01
2,70E+01	5,02E+02	-1,44E+05	-5,70E+01	2,70E+01
2,80E+01	4,96E+02	-1,43E+05	-5,92E+01	2,80E+01
2,90E+01	4,89E+02	-1,44E+05	-6,15E+01	2,90E+01
3,00E+01	4,87E+02	-1,43E+05	-6,33E+01	3,00E+01
3,10E+01	4,80E+02	-1,44E+05	-5,81E+01	3,10E+01
3,20E+01	4,71E+02	-1,44E+05	-5,97E+01	3,20E+01
3,30E+01	4,64E+02	-1,45E+05	-6,74E+01	3,30E+01
3,40E+01	4,59E+02	-1,45E+05	-6,48E+01	3,40E+01
3,50E+01	4,51E+02	-1,45E+05	-4,41E+01	3,50E+01
3,60E+01	4,46E+02	-1,43E+05	-4,36E+01	3,60E+01
3,70E+01	4,51E+02	-1,44E+05	-4,37E+01	3,70E+01
3,80E+01	4,48E+02	-1,44E+05	-4,33E+01	3,80E+01
3,90E+01	4,42E+02	-1,43E+05	-4,26E+01	3,90E+01
4,00E+01	4,36E+02	-1,42E+05	-4,18E+01	4,00E+01
4,10E+01	4,30E+02	-1,41E+05	-4,09E+01	4,10E+01
4,20E+01	4,24E+02	-1,41E+05	-4,02E+01	4,20E+01
4,30E+01	4,17E+02	-1,40E+05	-3,93E+01	4,30E+01
4,40E+01	4,10E+02	-1,41E+05	-3,84E+01	4,40E+01
4,50E+01	4,03E+02	-1,41E+05	-3,74E+01	4,50E+01

4,60E+01	4,01E+02	-1,15E+05	-3,74E+01	4,60E+01
4,70E+01	5,41E+02	-1,46E+05	-7,10E+01	4,70E+01
4,80E+01	5,60E+02	-1,43E+05	-7,59E+01	4,80E+01
4,90E+01	5,62E+02	-1,43E+05	-7,91E+01	4,90E+01
5,00E+01	5,67E+02	-1,44E+05	-8,14E+01	5,00E+01
5,10E+01	5,70E+02	-1,45E+05	-8,25E+01	5,10E+01
5,20E+01	5,70E+02	-1,44E+05	-8,51E+01	5,20E+01
5,30E+01	5,67E+02	-1,44E+05	-8,69E+01	5,30E+01
5,40E+01	5,61E+02	-1,44E+05	-7,84E+01	5,40E+01
5,50E+01	5,57E+02	-1,44E+05	-7,84E+01	5,50E+01
5,60E+01	5,55E+02	-1,43E+05	-7,31E+01	5,60E+01
5,70E+01	5,51E+02	-1,43E+05	-7,59E+01	5,70E+01
5,80E+01	5,50E+02	-1,43E+05	-8,23E+01	5,80E+01
5,90E+01	5,48E+02	-1,43E+05	-7,25E+01	5,90E+01
6,00E+01	5,40E+02	-1,44E+05	-6,99E+01	6,00E+01
6,10E+01	5,34E+02	-1,42E+05	-6,78E+01	6,10E+01
6,20E+01	5,31E+02	-1,43E+05	-6,58E+01	6,20E+01
6,30E+01	5,22E+02	-1,43E+05	-6,91E+01	6,30E+01
6,34E+01	5,23E+02	-1,43E+05	-7,76E+01	6,34E+01
6,40E+01	5,21E+02	-1,43E+05	-7,25E+01	6,40E+01
6,50E+01	5,17E+02	-1,43E+05	-6,68E+01	6,50E+01

5 Priedas

5 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 4,0 m/s, ORAS NETIEKIAMAS

Laikas, sek.	Suvilgyto paviršiaus plotas, m^2	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
2,28E-03	9,51E+02	-4,33E+07	-6,68E+01	-4,33E+07
1,00E+00	9,53E+02	-2,13E+05	-6,74E+01	-2,13E+05
2,00E+00	9,43E+02	-1,71E+05	-6,81E+01	-1,71E+05
2,55E+00	9,38E+02	-1,75E+05	-6,84E+01	-1,75E+05
3,00E+00	9,39E+02	-1,76E+05	-6,87E+01	-1,76E+05
4,00E+00	9,32E+02	-1,79E+05	-6,92E+01	-1,79E+05
5,00E+00	9,26E+02	-1,91E+05	-6,98E+01	-1,92E+05
6,00E+00	9,19E+02	-1,97E+05	-7,02E+01	-1,97E+05
7,00E+00	9,15E+02	-1,95E+05	-7,09E+01	-1,96E+05
8,00E+00	9,08E+02	-1,89E+05	-7,12E+01	-1,89E+05
9,00E+00	9,02E+02	-1,80E+05	-7,13E+01	-1,80E+05
1,00E+01	8,98E+02	-1,80E+05	-7,15E+01	-1,80E+05
1,10E+01	8,91E+02	-1,93E+05	-7,15E+01	-1,93E+05
1,16E+01	8,86E+02	-2,00E+05	-7,15E+01	-2,00E+05
1,20E+01	8,84E+02	-2,04E+05	-7,15E+01	-2,04E+05
1,30E+01	8,79E+02	-2,05E+05	-7,16E+01	-2,05E+05
1,40E+01	8,72E+02	-2,10E+05	-7,16E+01	-2,10E+05
1,50E+01	8,67E+02	-2,14E+05	-7,17E+01	-2,14E+05
1,60E+01	8,62E+02	-2,23E+05	-7,18E+01	-2,23E+05
1,70E+01	8,56E+02	-2,30E+05	-7,19E+01	-2,30E+05
1,80E+01	8,51E+02	-2,38E+05	-7,21E+01	-2,38E+05
1,90E+01	8,46E+02	-2,44E+05	-7,24E+01	-2,44E+05
2,00E+01	8,41E+02	-2,47E+05	-7,26E+01	-2,47E+05
2,10E+01	8,35E+02	-2,51E+05	-7,29E+01	-2,51E+05
2,20E+01	8,30E+02	-2,52E+05	-7,33E+01	-2,52E+05
2,30E+01	8,23E+02	-2,54E+05	-7,36E+01	-2,54E+05
2,40E+01	8,17E+02	-2,56E+05	-7,39E+01	-2,56E+05
2,50E+01	8,12E+02	-2,54E+05	-7,42E+01	-2,54E+05
2,60E+01	8,07E+02	-2,53E+05	-7,45E+01	-2,53E+05
2,70E+01	8,05E+02	-2,52E+05	-7,49E+01	-2,52E+05
2,80E+01	8,02E+02	-2,51E+05	-7,52E+01	-2,51E+05
2,90E+01	8,00E+02	-2,49E+05	-7,56E+01	-2,49E+05
3,00E+01	7,98E+02	-2,47E+05	-7,59E+01	-2,48E+05
3,10E+01	7,95E+02	-2,46E+05	-7,63E+01	-2,46E+05
3,20E+01	7,94E+02	-2,44E+05	-7,67E+01	-2,44E+05
3,30E+01	7,93E+02	-2,43E+05	-7,71E+01	-2,43E+05
3,40E+01	7,90E+02	-2,42E+05	-7,75E+01	-2,42E+05
3,50E+01	7,89E+02	-2,40E+05	-7,78E+01	-2,40E+05
3,60E+01	7,87E+02	-2,38E+05	-7,82E+01	-2,38E+05
3,70E+01	7,85E+02	-2,36E+05	-7,85E+01	-2,36E+05
3,80E+01	7,83E+02	-2,33E+05	-7,88E+01	-2,33E+05
3,90E+01	7,82E+02	-2,31E+05	-7,91E+01	-2,31E+05
4,00E+01	7,80E+02	-2,29E+05	-7,93E+01	-2,30E+05
4,10E+01	7,80E+02	-2,28E+05	-7,96E+01	-2,28E+05
4,20E+01	7,78E+02	-2,26E+05	-7,99E+01	-2,26E+05
4,30E+01	7,77E+02	-2,25E+05	-8,02E+01	-2,25E+05
4,40E+01	7,78E+02	-2,23E+05	-8,06E+01	-2,23E+05
4,50E+01	7,76E+02	-2,22E+05	-8,09E+01	-2,22E+05

4,60E+01	7,76E+02	-2,20E+05	-8,11E+01	-2,21E+05
4,70E+01	7,75E+02	-2,19E+05	-8,14E+01	-2,19E+05
4,80E+01	7,73E+02	-2,17E+05	-8,15E+01	-2,17E+05
4,90E+01	7,73E+02	-2,16E+05	-8,17E+01	-2,16E+05
5,00E+01	7,72E+02	-2,15E+05	-8,19E+01	-2,15E+05
5,10E+01	7,71E+02	-2,14E+05	-8,21E+01	-2,14E+05
5,20E+01	7,70E+02	-2,13E+05	-8,23E+01	-2,13E+05
5,30E+01	7,70E+02	-2,12E+05	-8,25E+01	-2,12E+05
5,40E+01	7,69E+02	-2,11E+05	-8,27E+01	-2,11E+05
5,50E+01	7,68E+02	-2,10E+05	-8,28E+01	-2,10E+05
5,60E+01	7,68E+02	-2,09E+05	-8,30E+01	-2,09E+05
5,70E+01	7,67E+02	-2,09E+05	-8,32E+01	-2,09E+05
5,80E+01	7,67E+02	-2,08E+05	-8,33E+01	-2,08E+05
5,90E+01	7,66E+02	-2,07E+05	-8,35E+01	-2,07E+05
6,00E+01	7,65E+02	-2,07E+05	-8,36E+01	-2,07E+05
6,10E+01	7,65E+02	-2,06E+05	-8,38E+01	-2,06E+05
6,20E+01	7,65E+02	-2,06E+05	-8,39E+01	-2,06E+05
6,30E+01	7,64E+02	-2,06E+05	-8,41E+01	-2,06E+05
6,40E+01	7,64E+02	-2,07E+05	-8,42E+01	-2,07E+05
6,50E+01	7,63E+02	-2,08E+05	-8,44E+01	-2,08E+05
6,60E+01	7,63E+02	-2,09E+05	-8,46E+01	-2,09E+05
6,70E+01	7,63E+02	-2,10E+05	-8,48E+01	-2,10E+05
6,80E+01	7,63E+02	-2,12E+05	-8,50E+01	-2,12E+05
6,90E+01	7,62E+02	-2,14E+05	-8,52E+01	-2,14E+05
7,00E+01	7,63E+02	-2,16E+05	-8,55E+01	-2,16E+05
7,10E+01	7,63E+02	-2,18E+05	-8,59E+01	-2,18E+05
7,20E+01	7,64E+02	-2,20E+05	-8,62E+01	-2,20E+05
7,30E+01	7,64E+02	-2,20E+05	-8,66E+01	-2,20E+05
7,40E+01	7,64E+02	-2,20E+05	-8,69E+01	-2,20E+05
7,50E+01	7,64E+02	-2,18E+05	-8,72E+01	-2,18E+05
7,60E+01	7,63E+02	-2,16E+05	-8,74E+01	-2,16E+05
7,70E+01	7,63E+02	-2,14E+05	-8,76E+01	-2,14E+05
7,80E+01	7,62E+02	-2,12E+05	-8,77E+01	-2,12E+05
7,90E+01	7,61E+02	-2,09E+05	-8,77E+01	-2,09E+05
8,00E+01	7,60E+02	-2,07E+05	-8,78E+01	-2,07E+05
8,10E+01	7,58E+02	-2,06E+05	-8,77E+01	-2,06E+05
8,20E+01	7,57E+02	-2,04E+05	-8,76E+01	-2,05E+05
8,30E+01	7,55E+02	-2,04E+05	-8,75E+01	-2,04E+05
8,40E+01	7,53E+02	-2,03E+05	-8,75E+01	-2,03E+05
8,50E+01	7,53E+02	-2,03E+05	-8,75E+01	-2,03E+05
8,60E+01	7,51E+02	-2,03E+05	-8,75E+01	-2,03E+05
8,70E+01	7,50E+02	-2,02E+05	-8,76E+01	-2,02E+05
8,80E+01	7,49E+02	-2,02E+05	-8,76E+01	-2,02E+05
8,90E+01	7,49E+02	-2,01E+05	-8,78E+01	-2,02E+05
9,00E+01	7,48E+02	-2,02E+05	-8,79E+01	-2,02E+05
9,10E+01	7,48E+02	-2,02E+05	-8,80E+01	-2,02E+05
9,20E+01	7,46E+02	-2,02E+05	-8,82E+01	-2,02E+05
9,30E+01	7,46E+02	-2,02E+05	-8,84E+01	-2,02E+05
9,40E+01	7,45E+02	-2,02E+05	-8,85E+01	-2,02E+05
9,50E+01	7,45E+02	-2,02E+05	-8,87E+01	-2,02E+05
9,60E+01	7,44E+02	-2,01E+05	-8,89E+01	-2,02E+05
9,70E+01	7,43E+02	-2,01E+05	-8,91E+01	-2,01E+05
9,80E+01	7,43E+02	-2,01E+05	-8,92E+01	-2,01E+05
9,90E+01	7,42E+02	-2,00E+05	-8,94E+01	-2,00E+05
1,00E+02	7,41E+02	-2,00E+05	-8,96E+01	-2,00E+05

1,01E+02	7,40E+02	-1,99E+05	-8,98E+01	-1,99E+05
1,02E+02	7,40E+02	-1,99E+05	-8,99E+01	-1,99E+05
1,03E+02	7,39E+02	-1,98E+05	-9,01E+01	-1,98E+05
1,04E+02	7,38E+02	-1,98E+05	-9,02E+01	-1,98E+05
1,05E+02	7,37E+02	-1,97E+05	-9,03E+01	-1,98E+05
1,06E+02	7,36E+02	-1,97E+05	-9,04E+01	-1,97E+05
1,07E+02	7,35E+02	-1,97E+05	-9,05E+01	-1,97E+05
1,07E+02	7,35E+02	-1,97E+05	-9,05E+01	-1,97E+05
1,08E+02	7,33E+02	-1,96E+05	-9,06E+01	-1,97E+05
1,08E+02	7,33E+02	-1,97E+05	-9,06E+01	-1,97E+05
1,09E+02	7,33E+02	-1,96E+05	-9,08E+01	-1,96E+05
1,10E+02	7,32E+02	-1,96E+05	-9,08E+01	-1,96E+05
1,10E+02	7,32E+02	-1,96E+05	-9,09E+01	-1,96E+05
1,11E+02	7,30E+02	-1,95E+05	-9,10E+01	-1,95E+05
1,12E+02	7,29E+02	-1,96E+05	-9,11E+01	-1,96E+05
1,13E+02	7,28E+02	-1,95E+05	-9,12E+01	-1,95E+05
1,14E+02	7,27E+02	-1,95E+05	-9,14E+01	-1,95E+05
1,15E+02	7,26E+02	-1,95E+05	-9,15E+01	-1,95E+05
1,16E+02	7,25E+02	-1,95E+05	-9,17E+01	-1,95E+05
1,17E+02	7,24E+02	-1,94E+05	-9,19E+01	-1,94E+05
1,18E+02	7,23E+02	-1,94E+05	-9,20E+01	-1,94E+05
1,19E+02	7,22E+02	-1,94E+05	-9,22E+01	-1,94E+05

6 Priedas

**6 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 4,0 m/s, ORAS TIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU.**

Laikas, sek.	Suvilgyto paviršiaus plotas, m^2	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
3,69E-03	7,21E+02	-2,99E+05	-9,23E+01	-2,99E+05
9,99E-01	7,16E+02	-1,93E+05	-9,33E+01	-1,93E+05
2,00E+00	7,10E+02	-1,89E+05	-9,87E+01	-1,89E+05
2,48E+00	7,07E+02	-1,92E+05	-9,73E+01	-1,92E+05
3,00E+00	7,04E+02	-1,90E+05	-9,67E+01	-1,90E+05
4,00E+00	6,97E+02	-1,90E+05	-9,77E+01	-1,90E+05
5,00E+00	6,90E+02	-1,90E+05	-9,66E+01	-1,90E+05
6,00E+00	6,82E+02	-1,89E+05	-9,33E+01	-1,89E+05
7,00E+00	6,73E+02	-1,88E+05	-9,02E+01	-1,88E+05
8,00E+00	6,65E+02	-1,89E+05	-8,99E+01	-1,89E+05
9,00E+00	6,59E+02	-1,90E+05	-9,06E+01	-1,90E+05
1,00E+01	6,52E+02	-1,87E+05	-9,28E+01	-1,87E+05
1,10E+01	6,46E+02	-1,87E+05	-9,42E+01	-1,87E+05
1,20E+01	6,45E+02	-1,87E+05	-1,02E+02	-1,87E+05
1,30E+01	6,49E+02	-1,89E+05	-1,04E+02	-1,89E+05
1,40E+01	6,57E+02	-1,85E+05	-1,15E+02	-1,85E+05
1,50E+01	6,68E+02	-1,87E+05	-1,03E+02	-1,87E+05
1,60E+01	6,63E+02	-1,86E+05	-9,79E+01	-1,86E+05
1,70E+01	6,56E+02	-1,86E+05	-8,88E+01	-1,86E+05
1,80E+01	6,50E+02	-1,88E+05	-8,34E+01	-1,88E+05
1,90E+01	6,43E+02	-1,89E+05	-8,26E+01	-1,89E+05
2,00E+01	6,38E+02	-1,89E+05	-8,88E+01	-1,89E+05
2,10E+01	6,35E+02	-1,90E+05	-9,66E+01	-1,90E+05
2,20E+01	6,27E+02	-1,91E+05	-9,80E+01	-1,91E+05
2,30E+01	6,25E+02	-1,93E+05	-1,10E+02	-1,94E+05
2,40E+01	6,23E+02	-1,91E+05	-1,17E+02	-1,91E+05
2,50E+01	6,35E+02	-1,89E+05	-1,14E+02	-1,89E+05
2,60E+01	6,42E+02	-1,93E+05	-1,12E+02	-1,93E+05
2,70E+01	6,42E+02	-1,93E+05	-1,17E+02	-1,94E+05
2,80E+01	6,37E+02	-1,94E+05	-1,30E+02	-1,94E+05
2,90E+01	6,33E+02	-1,96E+05	-1,21E+02	-1,96E+05
3,00E+01	6,20E+02	-2,00E+05	-1,25E+02	-2,00E+05
3,10E+01	6,16E+02	-2,00E+05	-1,31E+02	-2,00E+05
3,20E+01	6,38E+02	-2,26E+05	-1,29E+02	-2,26E+05
3,30E+01	6,39E+02	-1,98E+05	-1,33E+02	-1,98E+05
3,40E+01	6,36E+02	-1,99E+05	-1,16E+02	-1,99E+05
3,50E+01	6,29E+02	-1,93E+05	-1,09E+02	-1,93E+05
3,60E+01	6,32E+02	-1,94E+05	-1,04E+02	-1,94E+05
3,70E+01	6,34E+02	-1,95E+05	-1,02E+02	-1,95E+05
3,80E+01	6,30E+02	-1,92E+05	-9,33E+01	-1,92E+05
3,90E+01	6,22E+02	-1,92E+05	-8,93E+01	-1,92E+05
4,00E+01	6,19E+02	-1,90E+05	-8,93E+01	-1,91E+05
4,10E+01	6,18E+02	-1,93E+05	-9,13E+01	-1,93E+05
4,20E+01	6,21E+02	-1,93E+05	-1,03E+02	-1,93E+05
4,30E+01	6,41E+02	-1,93E+05	-1,09E+02	-1,93E+05
4,40E+01	6,50E+02	-1,92E+05	-1,15E+02	-1,92E+05

4,50E+01	6,42E+02	-1,90E+05	-1,07E+02	-1,91E+05
4,60E+01	6,37E+02	-1,89E+05	-1,04E+02	-1,89E+05
4,70E+01	6,37E+02	-1,89E+05	-1,03E+02	-1,89E+05
4,80E+01	6,35E+02	-1,88E+05	-9,94E+01	-1,88E+05
4,90E+01	6,32E+02	-1,90E+05	-1,07E+02	-1,90E+05
5,00E+01	6,56E+02	-1,89E+05	-1,22E+02	-1,89E+05
5,10E+01	6,52E+02	-1,89E+05	-1,07E+02	-1,89E+05
5,20E+01	6,53E+02	-1,97E+05	-1,17E+02	-1,97E+05
5,30E+01	6,42E+02	-1,87E+05	-1,11E+02	-1,87E+05
5,40E+01	6,43E+02	-1,98E+05	-1,05E+02	-1,98E+05
5,50E+01	6,40E+02	-1,88E+05	-1,02E+02	-1,88E+05
5,60E+01	6,37E+02	-1,88E+05	-1,01E+02	-1,88E+05
5,70E+01	6,30E+02	-1,87E+05	-9,55E+01	-1,88E+05
5,80E+01	6,26E+02	-1,89E+05	-1,03E+02	-1,89E+05
5,90E+01	6,28E+02	-1,91E+05	-1,06E+02	-1,91E+05
6,00E+01	6,44E+02	-1,88E+05	-1,19E+02	-1,88E+05
6,10E+01	6,44E+02	-1,88E+05	-1,12E+02	-1,88E+05
6,20E+01	6,40E+02	-1,88E+05	-9,85E+01	-1,88E+05
6,30E+01	5,74E+02	-2,63E+05	-7,81E+02	-2,63E+05

**7 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,0 m/s, ORAS NETIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU BE APTAKAUS GUMBO FORMOS.**

Laikas, sek.	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
1.59E-03	-5.45E+07	-5.88E+01	-5.45E+07
9.97E-01	-1.75E+05	-5.96E+01	-1.75E+05
2.00E+00	-1.35E+05	-6.02E+01	-1.36E+05
3.00E+00	-1.37E+05	-6.08E+01	-1.37E+05
4.00E+00	-1.37E+05	-6.13E+01	-1.37E+05
5.00E+00	-1.36E+05	-6.18E+01	-1.36E+05
6.00E+00	-1.32E+05	-6.23E+01	-1.32E+05
7.00E+00	-1.32E+05	-6.29E+01	-1.32E+05
8.00E+00	-1.28E+05	-6.34E+01	-1.28E+05
9.00E+00	-1.26E+05	-6.37E+01	-1.26E+05
1.00E+01	-1.28E+05	-6.39E+01	-1.28E+05
1.10E+01	-1.36E+05	-6.41E+01	-1.36E+05
1.20E+01	-1.46E+05	-6.44E+01	-1.46E+05
1.30E+01	-1.51E+05	-6.48E+01	-1.51E+05
1.40E+01	-1.53E+05	-6.52E+01	-1.53E+05
1.50E+01	-1.48E+05	-6.57E+01	-1.48E+05
1.60E+01	-1.37E+05	-6.59E+01	-1.37E+05
1.70E+01	-1.24E+05	-6.59E+01	-1.24E+05
1.80E+01	-1.18E+05	-6.57E+01	-1.18E+05
1.90E+01	-1.22E+05	-6.56E+01	-1.22E+05
2.00E+01	-1.27E+05	-6.54E+01	-1.27E+05
2.10E+01	-1.23E+05	-6.53E+01	-1.23E+05
2.20E+01	-1.25E+05	-6.52E+01	-1.25E+05
2.30E+01	-1.30E+05	-6.52E+01	-1.30E+05
2.40E+01	-1.31E+05	-6.52E+01	-1.31E+05
2.50E+01	-1.35E+05	-6.54E+01	-1.35E+05
2.60E+01	-1.38E+05	-6.57E+01	-1.38E+05
2.70E+01	-1.40E+05	-6.62E+01	-1.40E+05
2.80E+01	-1.39E+05	-6.68E+01	-1.39E+05
2.90E+01	-1.27E+05	-6.73E+01	-1.27E+05
3.00E+01	-1.29E+05	-6.79E+01	-1.29E+05
3.10E+01	-1.27E+05	-6.83E+01	-1.27E+05
3.20E+01	-1.22E+05	-6.88E+01	-1.22E+05
3.30E+01	-1.18E+05	-6.92E+01	-1.18E+05
3.40E+01	-1.12E+05	-6.96E+01	-1.12E+05
3.50E+01	-1.12E+05	-6.99E+01	-1.12E+05
3.60E+01	-1.11E+05	-7.01E+01	-1.11E+05
3.70E+01	-1.08E+05	-7.04E+01	-1.08E+05
3.80E+01	-1.05E+05	-7.07E+01	-1.05E+05
3.90E+01	-1.02E+05	-7.10E+01	-1.02E+05
4.00E+01	-9.88E+04	-7.13E+01	-9.88E+04
4.10E+01	-9.68E+04	-7.16E+01	-9.68E+04
4.20E+01	-9.57E+04	-7.20E+01	-9.57E+04
4.30E+01	-9.54E+04	-7.23E+01	-9.55E+04
4.40E+01	-9.62E+04	-7.25E+01	-9.63E+04
4.50E+01	-9.72E+04	-7.28E+01	-9.73E+04
4.60E+01	-9.60E+04	-7.31E+01	-9.61E+04

4.70E+01	-9.62E+04	-7.33E+01	-9.63E+04
4.80E+01	-9.77E+04	-7.36E+01	-9.78E+04
4.90E+01	-9.71E+04	-7.39E+01	-9.72E+04
5.00E+01	-9.90E+04	-7.41E+01	-9.91E+04
5.10E+01	-1.03E+05	-7.43E+01	-1.03E+05
5.20E+01	-1.00E+05	-7.45E+01	-1.00E+05
5.30E+01	-9.88E+04	-7.47E+01	-9.89E+04
5.40E+01	-1.02E+05	-7.49E+01	-1.02E+05
5.50E+01	-1.01E+05	-7.50E+01	-1.01E+05
5.60E+01	-9.94E+04	-7.51E+01	-9.95E+04
5.70E+01	-9.91E+04	-7.53E+01	-9.92E+04
5.73E+01	-9.61E+04	-7.54E+01	-9.62E+04

**8 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,0 m/s, ORAS TIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU BE APTAKAUS GUMBO FORMOS.**

Laikas, sek.	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
1.59E-03	-5.46E+07	-5.88E+01	-5.46E+07
1.20E+00	-1.83E+05	-6.46E+01	-1.83E+05
2.40E+00	-1.42E+05	-6.69E+01	-1.42E+05
3.60E+00	-1.46E+05	-6.34E+01	-1.46E+05
4.80E+00	-1.60E+05	-6.05E+01	-1.60E+05
5.78E+00	-1.48E+05	-5.97E+01	-1.48E+05
6.00E+00	-1.53E+05	-5.94E+01	-1.53E+05
7.20E+00	-1.44E+05	-5.98E+01	-1.44E+05
8.40E+00	-1.41E+05	-6.15E+01	-1.41E+05
9.60E+00	-1.39E+05	-6.15E+01	-1.39E+05
1.08E+01	-1.59E+05	-6.16E+01	-1.59E+05
1.20E+01	-1.66E+05	-6.27E+01	-1.66E+05
1.32E+01	-1.72E+05	-6.23E+01	-1.73E+05
1.44E+01	-1.91E+05	-6.37E+01	-1.91E+05
1.56E+01	-1.57E+05	-6.33E+01	-1.57E+05
1.68E+01	-1.49E+05	-6.15E+01	-1.49E+05
1.80E+01	-1.58E+05	-6.26E+01	-1.58E+05
1.92E+01	-1.47E+05	-6.97E+01	-1.47E+05
2.04E+01	-1.46E+05	-6.92E+01	-1.46E+05
2.16E+01	-1.53E+05	-6.63E+01	-1.54E+05
2.28E+01	-1.55E+05	-6.93E+01	-1.55E+05
2.40E+01	-1.61E+05	-6.66E+01	-1.61E+05
2.52E+01	-1.58E+05	-6.32E+01	-1.58E+05
2.64E+01	-1.67E+05	-6.31E+01	-1.67E+05
2.76E+01	-1.72E+05	-6.65E+01	-1.72E+05
1.59E-03	-5.46E+07	-5.88E+01	-5.46E+07
1.20E+00	-1.83E+05	-6.46E+01	-1.83E+05
2.40E+00	-1.42E+05	-6.69E+01	-1.42E+05
3.60E+00	-1.46E+05	-6.34E+01	-1.46E+05
4.80E+00	-1.60E+05	-6.05E+01	-1.60E+05
5.78E+00	-1.48E+05	-5.97E+01	-1.48E+05
6.00E+00	-1.53E+05	-5.94E+01	-1.53E+05
7.20E+00	-1.44E+05	-5.98E+01	-1.44E+05
8.40E+00	-1.41E+05	-6.15E+01	-1.41E+05
9.60E+00	-1.39E+05	-6.15E+01	-1.39E+05
1.08E+01	-1.59E+05	-6.16E+01	-1.59E+05
1.20E+01	-1.66E+05	-6.27E+01	-1.66E+05
1.32E+01	-1.72E+05	-6.23E+01	-1.73E+05
1.44E+01	-1.91E+05	-6.37E+01	-1.91E+05
1.56E+01	-1.57E+05	-6.33E+01	-1.57E+05
1.68E+01	-1.49E+05	-6.15E+01	-1.49E+05
1.80E+01	-1.58E+05	-6.26E+01	-1.58E+05
1.92E+01	-1.47E+05	-6.97E+01	-1.47E+05

2.04E+01	-1.46E+05	-6.92E+01	-1.46E+05
2.16E+01	-1.53E+05	-6.63E+01	-1.54E+05
2.28E+01	-1.55E+05	-6.93E+01	-1.55E+05
2.40E+01	-1.61E+05	-6.66E+01	-1.61E+05
2.52E+01	-1.58E+05	-6.32E+01	-1.58E+05
2.64E+01	-1.67E+05	-6.31E+01	-1.67E+05
2.76E+01	-1.72E+05	-6.65E+01	-1.72E+05

**9 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,5 m/s, ORAS NETIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU BE APTAKAUS GUMBO FORMOS.**

Laikas, sek.	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
1.59E-03	-5.44E+07	-5.88E+01	-5.44E+07
9.97E-01	-1.77E+05	-5.96E+01	-1.77E+05
2.00E+00	-1.37E+05	-6.02E+01	-1.37E+05
3.00E+00	-1.37E+05	-6.08E+01	-1.37E+05
4.00E+00	-1.39E+05	-6.13E+01	-1.39E+05
5.00E+00	-1.39E+05	-6.19E+01	-1.39E+05
6.00E+00	-1.35E+05	-6.24E+01	-1.35E+05
7.00E+00	-1.33E+05	-6.30E+01	-1.33E+05
8.00E+00	-1.30E+05	-6.35E+01	-1.30E+05
9.00E+00	-1.27E+05	-6.38E+01	-1.27E+05
1.00E+01	-1.29E+05	-6.41E+01	-1.29E+05
1.10E+01	-1.38E+05	-6.43E+01	-1.38E+05
1.20E+01	-1.47E+05	-6.45E+01	-1.47E+05
1.30E+01	-1.52E+05	-6.50E+01	-1.52E+05
1.40E+01	-1.57E+05	-6.54E+01	-1.57E+05
1.50E+01	-1.59E+05	-6.59E+01	-1.60E+05
1.60E+01	-1.61E+05	-6.64E+01	-1.61E+05
1.70E+01	-1.63E+05	-6.69E+01	-1.63E+05
1.80E+01	-1.67E+05	-6.74E+01	-1.67E+05
1.90E+01	-1.68E+05	-6.79E+01	-1.68E+05
2.00E+01	-1.69E+05	-6.85E+01	-1.69E+05
2.10E+01	-1.70E+05	-6.90E+01	-1.70E+05
2.20E+01	-1.72E+05	-6.96E+01	-1.72E+05
2.30E+01	-1.72E+05	-7.01E+01	-1.72E+05
2.40E+01	-1.72E+05	-7.07E+01	-1.72E+05
2.50E+01	-1.72E+05	-7.13E+01	-1.72E+05
2.60E+01	-1.71E+05	-7.19E+01	-1.71E+05
2.70E+01	-1.71E+05	-7.24E+01	-1.71E+05
2.80E+01	-1.70E+05	-7.29E+01	-1.70E+05
2.90E+01	-1.71E+05	-7.34E+01	-1.71E+05
3.00E+01	-1.70E+05	-7.38E+01	-1.70E+05
3.10E+01	-1.69E+05	-7.43E+01	-1.69E+05
3.20E+01	-1.66E+05	-7.47E+01	-1.66E+05
3.30E+01	-1.65E+05	-7.51E+01	-1.65E+05
3.40E+01	-1.63E+05	-7.54E+01	-1.64E+05
3.50E+01	-1.63E+05	-7.55E+01	-1.64E+05
3.60E+01	-1.65E+05	-7.57E+01	-1.65E+05
3.70E+01	-1.62E+05	-7.58E+01	-1.62E+05
3.80E+01	-1.60E+05	-7.60E+01	-1.60E+05
3.90E+01	-1.60E+05	-7.62E+01	-1.60E+05
4.00E+01	-1.60E+05	-7.65E+01	-1.60E+05
4.10E+01	-1.61E+05	-7.68E+01	-1.61E+05
4.20E+01	-1.62E+05	-7.71E+01	-1.62E+05
4.30E+01	-1.59E+05	-7.74E+01	-1.59E+05
4.40E+01	-1.56E+05	-7.76E+01	-1.56E+05
4.50E+01	-1.57E+05	-7.79E+01	-1.57E+05

4.60E+01	-1.55E+05	-7.82E+01	-1.55E+05
4.70E+01	-1.53E+05	-7.84E+01	-1.53E+05
4.80E+01	-1.53E+05	-7.85E+01	-1.53E+05
4.90E+01	-1.56E+05	-7.89E+01	-1.56E+05
5.00E+01	-1.56E+05	-7.94E+01	-1.56E+05
5.10E+01	-1.60E+05	-7.97E+01	-1.60E+05
5.20E+01	-1.61E+05	-7.99E+01	-1.61E+05
5.30E+01	-1.62E+05	-8.01E+01	-1.62E+05
5.40E+01	-1.63E+05	-8.02E+01	-1.63E+05
5.50E+01	-1.63E+05	-8.02E+01	-1.63E+05
5.60E+01	-1.64E+05	-8.03E+01	-1.64E+05
5.70E+01	-1.63E+05	-8.04E+01	-1.63E+05
5.80E+01	-1.63E+05	-8.05E+01	-1.63E+05
5.90E+01	-1.63E+05	-8.06E+01	-1.63E+05
6.00E+01	-1.66E+05	-8.08E+01	-1.66E+05
6.10E+01	-1.67E+05	-8.10E+01	-1.68E+05
6.20E+01	-1.69E+05	-8.12E+01	-1.69E+05
6.30E+01	-1.74E+05	-8.14E+01	-1.74E+05
6.40E+01	-1.77E+05	-8.16E+01	-1.77E+05
6.50E+01	-1.80E+05	-8.18E+01	-1.80E+05
6.60E+01	-1.83E+05	-8.20E+01	-1.83E+05
6.70E+01	-1.85E+05	-8.21E+01	-1.85E+05
6.80E+01	-1.84E+05	-8.23E+01	-1.85E+05
6.90E+01	-1.84E+05	-8.25E+01	-1.84E+05
7.00E+01	-1.82E+05	-8.28E+01	-1.82E+05
7.10E+01	-1.80E+05	-8.29E+01	-1.80E+05
7.20E+01	-1.78E+05	-8.31E+01	-1.78E+05
7.30E+01	-1.76E+05	-8.32E+01	-1.76E+05
7.40E+01	-1.74E+05	-8.32E+01	-1.74E+05
7.50E+01	-1.72E+05	-8.32E+01	-1.72E+05
7.60E+01	-1.71E+05	-8.31E+01	-1.71E+05
7.70E+01	-1.70E+05	-8.30E+01	-1.70E+05
7.80E+01	-1.68E+05	-8.29E+01	-1.68E+05
7.90E+01	-1.67E+05	-8.28E+01	-1.67E+05
8.00E+01	-1.66E+05	-8.28E+01	-1.66E+05
8.10E+01	-1.66E+05	-8.27E+01	-1.66E+05
8.20E+01	-1.66E+05	-8.27E+01	-1.66E+05
8.30E+01	-1.66E+05	-8.27E+01	-1.66E+05
8.40E+01	-1.65E+05	-8.27E+01	-1.65E+05
8.50E+01	-1.65E+05	-8.28E+01	-1.65E+05
8.60E+01	-1.65E+05	-8.28E+01	-1.65E+05
8.70E+01	-1.65E+05	-8.29E+01	-1.65E+05
8.80E+01	-1.65E+05	-8.30E+01	-1.65E+05
8.90E+01	-1.65E+05	-8.31E+01	-1.65E+05
9.00E+01	-1.65E+05	-8.32E+01	-1.65E+05
9.10E+01	-1.64E+05	-8.33E+01	-1.64E+05
9.20E+01	-1.64E+05	-8.34E+01	-1.64E+05
9.30E+01	-1.63E+05	-8.34E+01	-1.63E+05
9.40E+01	-1.62E+05	-8.35E+01	-1.62E+05
9.50E+01	-1.61E+05	-8.36E+01	-1.61E+05
9.60E+01	-1.60E+05	-8.36E+01	-1.60E+05
9.70E+01	-1.59E+05	-8.36E+01	-1.59E+05
9.80E+01	-1.58E+05	-8.36E+01	-1.59E+05
9.90E+01	-1.58E+05	-8.36E+01	-1.58E+05
1.00E+02	-1.57E+05	-8.36E+01	-1.57E+05

**10 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 3,5 m/s, ORAS TIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU BE APTAKAUS GUMBO FORMOS.**

Laikas, sek.	Slėgio jėga x ašimi, N	Gniuždymo jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
3.61E-03	-1.91E+05	-8.36E+01	-1.91E+05
1.20E+00	-1.61E+05	-8.49E+01	-1.61E+05
2.40E+00	-1.55E+05	-8.64E+01	-1.55E+05
3.60E+00	-1.51E+05	-8.72E+01	-1.52E+05
4.80E+00	-1.51E+05	-8.56E+01	-1.51E+05
6.00E+00	-1.55E+05	-8.23E+01	-1.55E+05
7.20E+00	-1.51E+05	-7.94E+01	-1.51E+05
8.40E+00	-1.51E+05	-7.76E+01	-1.51E+05
9.60E+00	-1.52E+05	-7.70E+01	-1.52E+05
1.08E+01	-1.51E+05	-7.50E+01	-1.51E+05
1.20E+01	-1.44E+05	-7.34E+01	-1.44E+05
1.32E+01	-1.50E+05	-7.17E+01	-1.50E+05
1.44E+01	-1.48E+05	-7.09E+01	-1.48E+05
1.56E+01	-1.49E+05	-7.15E+01	-1.49E+05
1.68E+01	-1.46E+05	-7.12E+01	-1.46E+05
1.80E+01	-1.48E+05	-7.28E+01	-1.48E+05
1.92E+01	-1.46E+05	-7.11E+01	-1.46E+05
1.96E+01	-1.47E+05	-7.42E+01	-1.47E+05
2.04E+01	-1.46E+05	-8.02E+01	-1.46E+05
2.06E+01	-1.45E+05	-7.89E+01	-1.45E+05
3.61E-03	-1.91E+05	-8.36E+01	-1.91E+05

**11 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 4,0 m/s, ORAS NETIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU BE APTAKAUS GUMBO FORMOS.**

Laikas, sek.	Slėgio jėga x ašimi, N	Trinties jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
1.59E-03	-5.44E+07	-5.88E+01	-5.44E+07
1.00E+00	-1.78E+05	-5.97E+01	-1.78E+05
2.00E+00	-1.36E+05	-6.02E+01	-1.37E+05
3.00E+00	-1.38E+05	-6.08E+01	-1.38E+05
4.00E+00	-1.40E+05	-6.14E+01	-1.40E+05
5.00E+00	-1.41E+05	-6.19E+01	-1.41E+05
6.00E+00	-1.38E+05	-6.24E+01	-1.38E+05
7.00E+00	-1.36E+05	-6.31E+01	-1.36E+05
8.00E+00	-1.34E+05	-6.35E+01	-1.34E+05
9.00E+00	-1.34E+05	-6.39E+01	-1.34E+05
1.00E+01	-1.37E+05	-6.42E+01	-1.37E+05
1.10E+01	-1.48E+05	-6.44E+01	-1.48E+05
1.20E+01	-1.59E+05	-6.47E+01	-1.59E+05
1.30E+01	-1.68E+05	-6.52E+01	-1.68E+05
1.40E+01	-1.78E+05	-6.58E+01	-1.78E+05
1.50E+01	-1.97E+05	-6.65E+01	-1.97E+05
1.60E+01	-2.27E+05	-6.76E+01	-2.27E+05
1.70E+01	-2.33E+05	-6.87E+01	-2.33E+05
1.80E+01	-2.25E+05	-6.98E+01	-2.25E+05
1.90E+01	-2.32E+05	-7.11E+01	-2.32E+05
2.00E+01	-2.33E+05	-7.22E+01	-2.33E+05
2.10E+01	-2.35E+05	-7.34E+01	-2.35E+05
2.20E+01	-2.37E+05	-7.45E+01	-2.37E+05
2.30E+01	-2.37E+05	-7.56E+01	-2.37E+05
2.40E+01	-2.31E+05	-7.66E+01	-2.31E+05
2.50E+01	-2.27E+05	-7.72E+01	-2.27E+05
2.60E+01	-2.28E+05	-7.77E+01	-2.28E+05
2.70E+01	-2.33E+05	-7.81E+01	-2.33E+05
2.80E+01	-2.35E+05	-7.86E+01	-2.35E+05
2.90E+01	-2.36E+05	-7.90E+01	-2.36E+05
3.00E+01	-2.38E+05	-7.94E+01	-2.38E+05
3.10E+01	-2.41E+05	-7.97E+01	-2.41E+05
3.20E+01	-2.40E+05	-8.00E+01	-2.40E+05
3.30E+01	-2.40E+05	-8.03E+01	-2.40E+05
3.40E+01	-2.40E+05	-8.07E+01	-2.40E+05
3.50E+01	-2.41E+05	-8.10E+01	-2.41E+05
3.60E+01	-2.40E+05	-8.12E+01	-2.40E+05
3.70E+01	-2.38E+05	-8.14E+01	-2.38E+05
3.80E+01	-2.36E+05	-8.17E+01	-2.37E+05
3.90E+01	-2.37E+05	-8.19E+01	-2.37E+05
4.00E+01	-2.35E+05	-8.21E+01	-2.35E+05
4.10E+01	-2.32E+05	-8.23E+01	-2.33E+05
4.20E+01	-2.31E+05	-8.25E+01	-2.31E+05
4.30E+01	-2.28E+05	-8.28E+01	-2.28E+05
4.40E+01	-2.26E+05	-8.29E+01	-2.26E+05
4.50E+01	-2.26E+05	-8.31E+01	-2.26E+05

4.60E+01	-2.27E+05	-8.33E+01	-2.28E+05
4.70E+01	-2.29E+05	-8.35E+01	-2.29E+05
4.80E+01	-2.31E+05	-8.37E+01	-2.31E+05
4.90E+01	-2.30E+05	-8.39E+01	-2.30E+05
5.00E+01	-2.29E+05	-8.41E+01	-2.29E+05
5.10E+01	-2.28E+05	-8.42E+01	-2.28E+05
5.20E+01	-2.25E+05	-8.44E+01	-2.25E+05
5.30E+01	-2.24E+05	-8.44E+01	-2.24E+05
5.40E+01	-2.23E+05	-8.43E+01	-2.23E+05
5.50E+01	-2.21E+05	-8.43E+01	-2.21E+05
5.60E+01	-2.19E+05	-8.44E+01	-2.20E+05
5.70E+01	-2.18E+05	-8.44E+01	-2.18E+05
5.71E+01	-2.18E+05	-8.44E+01	-2.18E+05

**12 EKSPERIMENTAS. SROVĖS GREITIS 4,0 m/s, ORAS TIEKIAMAS PO LAIVO
KORPUSU BE APTAKAUS GUMBO FORMOS.**

Laikas, sek.	Slėgio jėga x ašimi, N	Trinties jėga, N	Bendras pasipriešinimas, N
3.62E-03	-2.55E+05	-8.44E+01	-2.55E+05
6.99E-01	-2.13E+05	-8.55E+01	-2.13E+05
1.40E+00	-2.18E+05	-8.44E+01	-2.18E+05
2.10E+00	-2.12E+05	-8.56E+01	-2.12E+05
2.80E+00	-2.14E+05	-8.72E+01	-2.14E+05
3.50E+00	-2.13E+05	-8.74E+01	-2.13E+05
4.20E+00	-2.11E+05	-8.72E+01	-2.11E+05
4.90E+00	-2.13E+05	-8.74E+01	-2.13E+05
5.60E+00	-2.13E+05	-8.52E+01	-2.13E+05
6.30E+00	-2.20E+05	-8.43E+01	-2.20E+05
7.00E+00	-2.16E+05	-8.29E+01	-2.16E+05
7.70E+00	-2.13E+05	-8.34E+01	-2.14E+05
8.40E+00	-2.11E+05	-8.18E+01	-2.11E+05
9.10E+00	-2.18E+05	-8.05E+01	-2.18E+05
9.80E+00	-2.17E+05	-7.96E+01	-2.17E+05
1.05E+01	-2.14E+05	-8.09E+01	-2.14E+05
1.12E+01	-2.17E+05	-7.84E+01	-2.17E+05
1.19E+01	-2.15E+05	-7.84E+01	-2.15E+05
1.26E+01	-2.11E+05	-7.89E+01	-2.11E+05
1.33E+01	-2.13E+05	-8.02E+01	-2.13E+05
1.40E+01	-2.12E+05	-7.76E+01	-2.12E+05
1.47E+01	-2.08E+05	-7.79E+01	-2.08E+05
1.54E+01	-2.10E+05	-7.73E+01	-2.10E+05
1.61E+01	-2.07E+05	-7.75E+01	-2.07E+05
1.68E+01	-2.05E+05	-7.64E+01	-2.05E+05
1.75E+01	-2.04E+05	-7.71E+01	-2.04E+05
1.82E+01	-2.02E+05	-7.61E+01	-2.02E+05
1.89E+01	-2.02E+05	-7.58E+01	-2.02E+05
1.96E+01	-2.01E+05	-7.55E+01	-2.01E+05
2.03E+01	-2.00E+05	-7.57E+01	-2.00E+05
2.10E+01	-1.98E+05	-7.54E+01	-1.98E+05
2.17E+01	-2.09E+05	-7.46E+01	-2.09E+05
2.24E+01	-1.96E+05	-7.67E+01	-1.96E+05
2.31E+01	-1.99E+05	-7.41E+01	-1.99E+05
2.38E+01	-2.01E+05	-7.52E+01	-2.01E+05
2.45E+01	-1.96E+05	-7.46E+01	-1.97E+05
2.52E+01	-1.96E+05	-1.13E+02	-1.96E+05
2.59E+01	-1.95E+05	-1.06E+02	-1.95E+05
2.66E+01	-1.96E+05	-1.08E+02	-1.96E+05
2.73E+01	-1.95E+05	-1.03E+02	-1.95E+05
2.80E+01	-1.96E+05	-9.98E+01	-1.96E+05
2.87E+01	-1.95E+05	-1.03E+02	-1.95E+05
2.94E+01	-1.99E+05	-9.17E+01	-1.99E+05
3.01E+01	-1.96E+05	-9.88E+01	-1.97E+05
3.08E+01	-1.98E+05	-8.49E+01	-1.98E+05
3.15E+01	-1.97E+05	-8.22E+01	-1.97E+05

3.22E+01	-2.02E+05	-8.93E+01	-2.03E+05
3.29E+01	-2.02E+05	-8.99E+01	-2.02E+05
3.36E+01	-2.04E+05	-8.89E+01	-2.04E+05
3.43E+01	-2.01E+05	-8.88E+01	-2.02E+05
3.50E+01	-2.01E+05	-9.22E+01	-2.02E+05
3.57E+01	-2.02E+05	-9.91E+01	-2.02E+05