

Klaipėdos uosto áplaukos kanalo tėkmės hidrodinaminio reþimo pokyèiai dėl molø pertvarkymo

**Brunonas Gailiuðis,
Júratė Kriauèiùnienė,
Romas Kriauèiùnas**

*Lietuvos energetikos institutas,
Hidrologijos laboratorija,
Breslaujos g. 3,
LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje analizuojama Klaipėdos uosto vartø rekonstrukcijos átaKa Klaipėdos sàsiaurio hidrodinaminiam reþimui. Pakeitus uosto vartø konstrukcijà (prailginus áiaurinà ir pietinà molus atitinkamai 202 ir 278 m), keièiasi tėkmio struktúra jūros áplaukos kanale, taip pat Klaipėdos sàsiaurio pralaidumas. Dvimaèiu hidrodinaminio modeliø MIKE 21 buvo sumodeliuota Klaipėdos sàsiaurio tėkmio struktúra prieš pertvarkant ir pertvarkius uosto vartus bei nustatyti hidrodinaminio reþimo pokyèiai.

Raktaþodþiai: Klaipėdos sàsiauris, áplaukos kanalas, hidrodinaminis modeliavimas, modelis MIKE 21, pralaidumas, tėkmio struktúra

1. ÁVADAS

Pastaraisiais metais ágyvendinami svarbūs Klaipėdos uosto plėtros projektai: gilinama Klaipėdos sàsiaurio akvatorija, pertvarkomas áplaukos kanalas, árengiamos naujos krantinės. Tokia veikla uoste turi átakos Klaipėdos sàsiaurio hidrodinaminiam reþimui: sàsiaurio pralaidumui ir tėkmės struktúrai [1, 4]. Dėl gilinamos uosto akvatorijos padidėja Klaipėdos sàsiaurio pralaidumas, nes didesnės vandens masės ið Baltijos jūros áteka á Kurðio marias ir atvirkðèiai. Padidėjusi Baltijos jūros sùraus vandens prietaka á Klaipėdos sàsiaurà ir Kurðio marias gali turėti neigiamos átakos gėlavandenėms ekosistemoms, pvz., pakeisti þuvø nerðto bei mitybos sàlygas. Hidrotechniniai statiniai (naujos krantinės ar pirsai) susiaurina Klaipėdos sàsiaurio akvatorijà, dėl to sumaþėja ir sàsiaurio pralaidumas. Todėl gilinant Klaipėdos sàsiaurà reikėtø numatyti papildomas priemones, kurios kompensuotø sàsiaurio pralaidumo padidėjimà dėl gilinimo darbø.

Ūkinė veikla uosto akvatorijoje keièia ir tėkmio struktúrà. Pakitusi tėkmio struktúra turi átakà neðmenø pernaðos procesams Klaipėdos sàsiauryje [5], t. y. atsiranda naujos dugno erozijos bei neðmenø akumuliacijos vietos. Padidėja tėkmės greièiai gali turėti neigiamos átakos ir laivybos sàlygoms uosto akvatorijoje. Norint iðvengti neigiamø pasekmiø gamtinei aplinkai, svarbu iðtirti ūkinės veiklos átakà Klaipėdos jūrø uosto akvatorijos hidrodinaminiam sàsiaurio reþimui. Darbuose [1–8] nagrinėti Klaipėdos sàsiaurio ir Baltijos priekrantės hidrodinaminiai reþimai, neðmenø pernaðos procesai ir tarðos sklaida

ávairiomis gamtinėmis bei antropogeninėmis sàlygomis.

1998–2002 m. Klaipėdos uosto akvatorijoje buvo ágyvendinamas jūrinio áplaukos kanalo ir uosto vartø pertvarkymo projektas [9]. Pertvarkius áiaurinis molas pailgėjo 202 m, o pietinis – 278 m. Uosto vartai susiaurėjo ir pasidarė „priverti“. Ðitaip siekta sumaþinti bangø, kurios susidaro puèiant áiaurės ir vakarø vėjams, poveikà laivø plaukiojimo ir stovėjimo sàlygoms uoste.

Tyrimø tikslas – sàsiaurio tėkmės struktúros ir pralaidumo pokyèio nustatymas dėl Klaipėdos uosto jūros vartø pertvarkymo. Tam tikslui panaudotas dvimatis skaitmeninis MIKE 21 modelio hidrodinaminis modulis. Modulis kalibruotas pagal iðmatuotus tėkmės greièius ir kryptis uosto áplaukos kanale.

2. MODELIO APRAŠYMAS IR KALIBRAVIMAS

Norėdami nustatyti tėkmės struktúros ir sàsiaurio pralaidumo pokyèius dėl jūros vartø pertvarkymo, naudojome MIKE 21 modelio hidrodinaminà modulà HD [10], kuris sukurtas Danijos hidraulikos institute. Tai dvimatis netolygiai kintanèios tėkmės modulis, kuriuo apskaièiuojami vandens lygio svyravimai, debito pokyèiai ir tėkmės greièio pasiskirstymas. HD modulis sudarytas pagal antro laipsnio tikslumo baigtiniø skurtumø elementø metodo ADI sprendimo schemà [10]. Vandens lygiai ir srovės apskaièiuojamos kiekvienam kvadratinio tinklelio elementui ávertinant vandens telkinio batimetrijà, dugno ðiurkðtumà, vėjø kryptis bei kraðtines sàlygas.

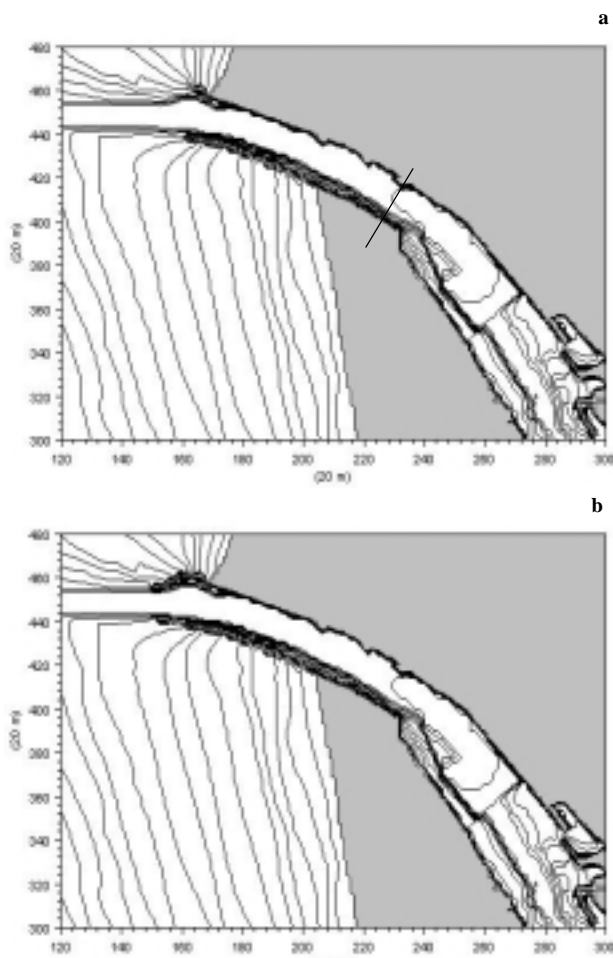
Gautø rezultatø patikimumui didelø reikðmø turi modelio kalibravimas naudojant stebëjimø bei matavimø duomenis. Kalibravimo procedūra reikalinga empiriniams modelio parametrøms bei koeficientams nustatyti, taip pat patikrinti, kaip kraðtinës ir pradinës sàlygos atitinka modelyje naudojamas sàlygas. MIKE 21 HD modulis kalibruojamas pagal ðiurkðtumo ir turbulentiðkumo koeficientus.

1 pav. pavaizduota uosto áplaukos kanalo batimetrija prieš pertvarkant ir pertvarkius jūros vartus. Ties Naftos terminalu paþymëtas pjūvis, kuriame 2001–2002 m. pagal monitoringo programà buvo matuojami tëkmës greiëiai ir pagal greiëiø epíúras apskaiëiuoti tuo momentu sàsiauriu tekëjusio vandens debitai.

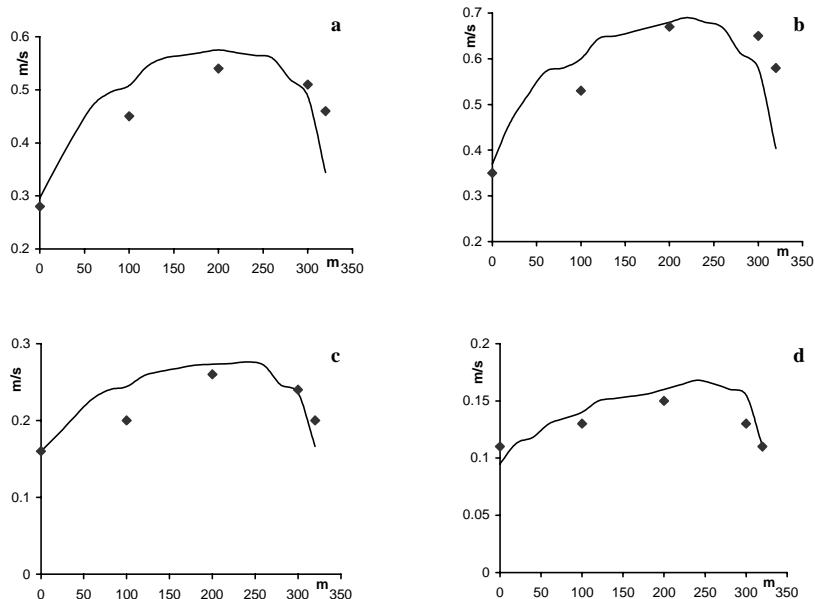
Modelis buvo kalibruotas naudojantis 2001 ir 2002 m. išmatuotais Klaipëdos sàsiaurio tëkmës greiëiais bei apskaiëiuotais debitaais ir uosto akvatorijos batimetrija iki jūros vartø pertvarkymo (1 pav. a), taip pat 2002 m. duomenimis bei batimetrija pertvarkius jūros vartus (1 pav. b). Klaipëdos sàsiaurio hidrodinaminis reþimas iki pertvarkant áplaukos kanalà apraðytas ankstesniuose darbuose [2, 7]. Todël, vadovaujantis 2002 m. monitoringo duomenimis, apraðomas modelio kalibravimas pagal batimetrijà, kai jūros vartai yra pertvarkyti. Panaudoti 4 ekspedicijø tëkmës greiëiø matavimø pjūvyje ties Naftos terminalu duomenys, kai:

1. 2002 03 27 sàsiauriu tekëjo 2300 m³/s debitas ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà ir pûtë 4 m/s PV vëjas,
2. 2002 04 12 – 2700 m³/s debitas puëiant 13 m/s PR vëjui,
3. 2002 07 10 – 1040 m³/s debitas puëiant 6 m/s PR vëjui,
4. 2002 09 09 – 600 m³/s debitas puëiant 6 m/s ÐR vëjui.

Modeliuojant HD moduli átrauktos realios vëjo reikðmës bei matavimo dienos debità atitinkantys lygio nuostoliai. Ðiurkðtumo bei turbulentiðkumo koeficientai buvo keiëiami taip, kad geriausiai atitiktø vidutinius iðmatuotus tëkmës greiëius vertikalëse. Tokiu būdu nustatytas ðiurkðtumo koeficientas $n = 0,032$, o turbulentiðkumo koeficientas $E = 0,50$ m²/s. Iðmatuotø ir sumodeliuotø tëkmës greiëiø reikðmës pavaizduotos 2 pav. Iðmatuotos tëkmës greiëiø reikðmës nuo sumodeliuotø tëkmës greiëiø reikðmiø skiriasi nuo –26 iki +21%. Taëiau tëkmës greiëiø profilio formos yra labai panaðios. Tai patvirtina dideli koreliacijos koeficientai (0,81 – 2002 03 27, 0,73 – 04 12 d., 0,83 – 07 10 d. ir 0,91 – 09 09 d.) tarp iðmatuotø ir



1 pav. Klaipëdos uosto áplaukos kanalo batimetrija: a) prieš pertvarkant jūros vartø molus (paþymëtame pjūvyje buvo vykdomi tëkmës greiëiø matavimai), b) pertvarkius jūros vartø molus



2 pav. Sumodeliuotos (linija) ir iðmatuotos (taðkai) tëkmës greiëiø pjūvyje ties Naftos terminalu (nuo Kurðio nerijos kranto) reikðmës: a – 2002 03 27, b – 04 12 d., c – 07 10 d., d – 09 09 d.

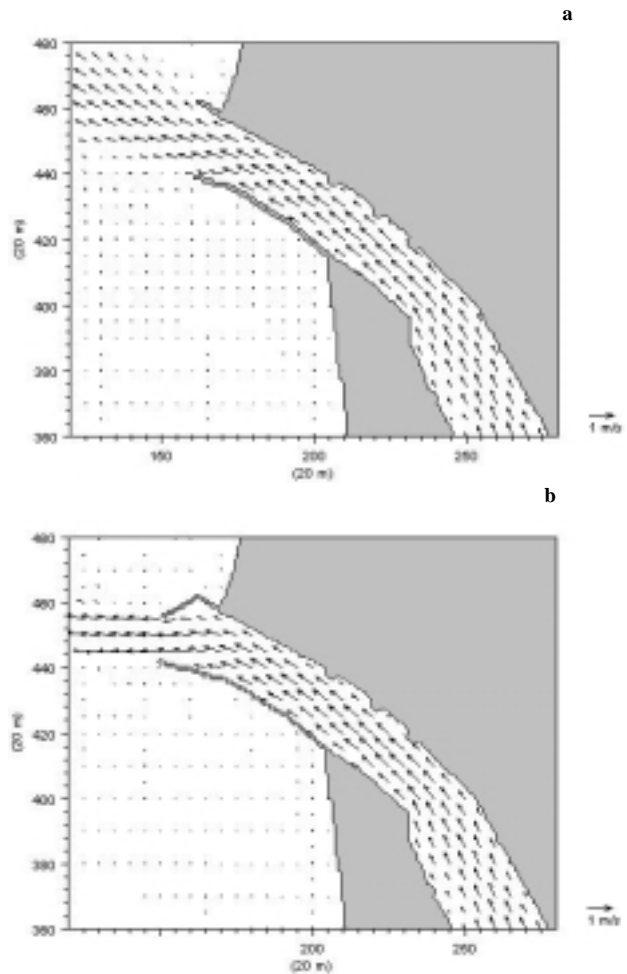
sumodeliuotø tēkmės greiėiø. Todėl galima padaryti iðvadà, kad modelis kalibruotas teisingai, o nustatytus ðiurkòtumø ir turbulentiðkumo koeficientus galima taikyti modeliuojant Klaipėdos sàsiaurio tēkmio struktūras ávairiomis gamtinėmis sàlygomis.

3. SÀSIAURIO PRALAUDUMO POKYĖIAI

Hidrodinaminis Klaipėdos sàsiaurio modeliavimas atliktas tekant 1660, 2700 ir 4250 m³/s debitams ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà bei 1450 ir 2200 m³/s debitams ið Baltijos jūros á Kurðio marias. Skaiėiavimai atlikti pradiniam batimetrijos variantui (prieð pertvarkant jūros vartus) ir pakeitus batimetrijà (pertvarkius jūros vartus). Tekant ávairiems debitams, nustatytas Klaipėdos sàsiaurio pralaidumas ir jo pokyėiai ðiems dviems variantams, t. y. apskaiėiuotas sàsiauriu tekančis debitas esant tam paėiam lygiø skirtumui tarp Kurðio mariø ir Baltijos jūros (lentelė). Klaipėdos uosto jūros vartø pertvarkymas turi átakos Klaipėdos sàsiaurio pralaidumui: dėl pertvarkymo sàsiaurio pralaidumas sumažėja iki 4,0% tekant debitui ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà ir iki 2,5% tekant debitui ið Baltijos jūros á Kurðio marias (lentelė). Dėl jūros vartø pertvarkymo mažiau sūraus vandens patenka á Kurðio marias bei sumažėja bangos aukštis áplaukos kanale. Ði hidrotechninė priemonė dalinai kompensuoja sàsiaurio pralaidumo padidėjimà, kuris atsiranda dėl sàsiaurio farvaterio gilinimo darbø.

4. TĖKMIØ STRUKTŪROS POKYĖIAI ÁPLAUKOS KANALE

Sumodeliuotos tēkmės struktūros rodo tēkmės greiėiø pokyėius, kurie atsiranda dėl jūros vartø per-



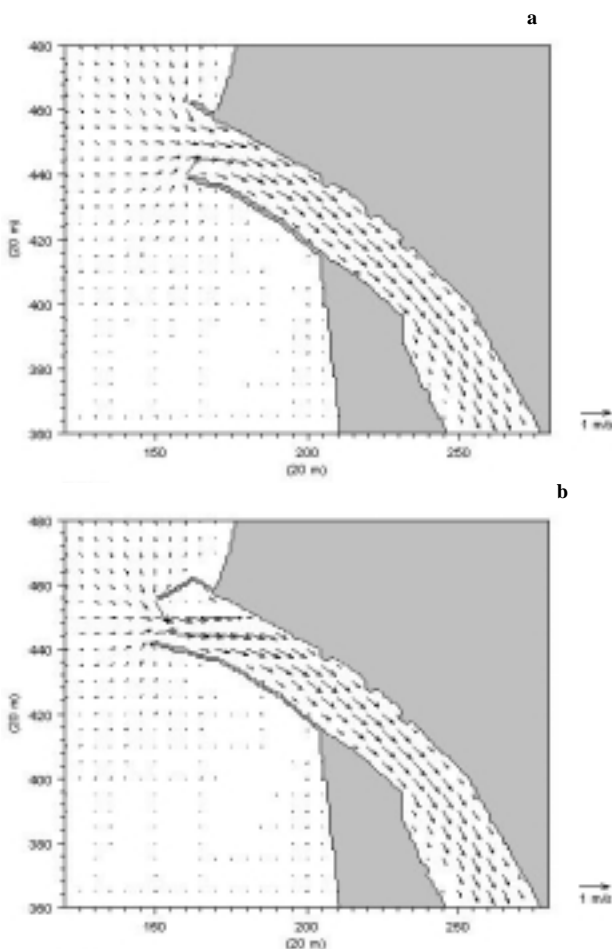
3 pav. Klaipėdos sàsiaurio tēkmės struktūra tekant 2700 m³/s debitui ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà: a) prieð pertvarkant jūros vartus, b) pertvarkius jūros vartus

tvarkymo. 3 pav. pavaizduoti tēkmės greiėiai ir kryptys tekant 2700 m³/s debitui ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà. Prieð pertvarkant jūros vartus didžiausi áplaukos kanalo tēkmės greiėiai siekia 0,8 m/s, o tarp jūros vartø molø – 0,7 m/s. Tēkmės, iðtekėjusios pro uosto vartus á Baltijos jūrà, greiėiai sparėiai sumažėja (3 pav. a). Pertvarkius jūros vartus, áplaukos kanale tēkmės greiėiai mažiau pakinta. Didžiausi tēkmės greiėiai apskaiėiuoti tarp pertvarkytø jūros vartø molø – iki 0,9 m/s. Baltijos jūros priekrantėje uþ uosto molø nustatyta 0,6–0,9 m/s tēkmė (3 pav. b). Pertvarkius jūros vartus, tēkmės greiėiai labai padidėja tarp molø galvø (iki 0,2 m/s, arba iki 28%). Tekant 4000 m³/s debitui ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà, tēkmės greiėiai dar labiau padidėja. Prieð pertvarkant jūros vartus tēkmės greitis tarp molø galø buvo 0,9 m/s, o per-

Lentelė. Klaipėdos sàsiaurio pralaidumo palyginimas			
Variantai, kai tēkmė sàsiauriu teka ið Kurðio mariø á Baltijos jūrà	Klaipėdos sàsiaurio pralaidumas, kai Kurðio mariø ir Baltijos jūros lygiø skirtumas		
	0,085 m	0,25 m	0,54 m
Prieð pertvarkant jūros vartus	1661	2844	4247
Su naujais jūros vartais	1595	2730	4083
	-4,0	-4,0	-3,9
Variantai, kai tēkmė sàsiauriu teka ið Baltijos jūros á Kurðio marias	Klaipėdos sàsiaurio pralaidumas, kai Kurðio mariø ir Baltijos jūros lygiø skirtumas		
	0,085 m	0,20 m	
Prieð pertvarkant jūros vartus	1445	2193	
Su naujais jūros vartais	1413	2138	
	-2,2	-2,5	
Pastaba: skaitiklyje – sàsiaurio pralaidumas m ³ /s, vardiklyje – pralaidumo pokytis %, palyginti su variantu prieð rekonstruojant jūros vartus			

tvarkius – 1,2 m/s. Džioje akvatorijoje dėl naujos jūros vartų molų konfigūracijos tėkmės greičiai padidėja iki 33%.

Tekant 2200 m³/s debitui į Baltijos jūras iš Kuršių marias, prieš pertvarkant uosto vartus tėkmės greičiai aplaukos kanale kinta nuo 0,5 iki 0,7 m/s (4 pav. a), o tarp molų apie 0,3–0,5 m/s. Pertvarkius uosto vartus aplaukos kanale nustatytas gerokas tėkmės greičių padidėjimas (0,7–0,9 m/s) (4 pav. b) bei dideli tėkmės greičių pokyčiai (iki 40%) tarp molų galvų ir iki 10% aplaukos kanalo akvatorijoje. Džius pokyčius reikėtų įvertinti nustatant saugias laivybos sąlygas Klaipėdos uoste.



4 pav. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės struktūra tekant 2200 m³/s debitui į Baltijos jūras iš Kuršių marias: a) prieš pertvarkant jūros vartus, b) pertvarkius jūros vartus

Įdėginėtas Klaipėdos uosto jūros vartų pertvarkymo poveikis hidrodinaminiam sąsiaurio režimui patvirtina monitoringo hidrologinių duomenų būtinumą. Modeliui kalibruoti reikalinga kuo švaresnė hidrologinė informacija: kai teka tėkmė Klaipėdos sąsiauriu iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir atvirkščiai, taip pat esant švaresnioms meteorologinėms sąlygoms (vėjo kryptims ir greičiams).

5. IŠVADOS

1. Svarbiausias Klaipėdos uosto plėtrai ribojantis veiksnys yra Klaipėdos sąsiaurio hidrodinaminis režimas (sąsiaurio vandens apykaita ir tėkmių struktūra), kuris lemia bangų bei nešmenų pernašos procesus bei ekosistemų egzistavimo sąlygas tiek sąsiauryje, tiek Kuršių mariose. Todėl pertvarkant Klaipėdos uosto aplaukos kanalą (keičiant uosto vartų molų konfigūraciją) būtina nustatyti galimą poveiką hidrodinaminiam sąsiaurio režimui.

2. Naudojant dvimatą hidrodinaminį modelį MIKE 21, sumodeliuota Klaipėdos sąsiaurio tėkmių struktūra prieš pertvarkant ir pertvarkius uosto vartus. Svarbią reikšmę sumodeliuotam hidrodinaminio režimo parametrų tikslumui turi modelio kalibravimas. Todėl būtina atlikti Klaipėdos sąsiaurio tėkmės matavimus švaresniomis gamtinėmis sąlygomis ir po kiekvieno baigto didesnio uosto plėtrų projekto.

3. Klaipėdos uosto jūros vartų pertvarkymas sumažina sąsiaurio pralaidumą iki 4,0% tekant debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iki 2,5% tekant debitui iš Baltijos jūras iš Kuršių marias. Ši priemonė dalinai kompensuoja Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo padidėjimą, kuris atsiranda dėl uosto farvaterio gilinimo.

4. Nustatyti tėkmės struktūros pokyčiai, kurie atsiranda pertvarkant jūros vartus. Tekant 2700 m³/s debitui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą, didžiausi tėkmės greičiai (iki 0,9 m/s) apskaičiuoti tarp pertvarkytų jūros vartų molų. Pertvarkius jūros vartus tėkmės greičiai labai padidėja tarp molų galvų (iki 0,2 m/s, arba iki 28%). Tekant 2200 m³/s debitui iš Baltijos jūras iš Kuršių marias, prieš pertvarkant uosto vartus tėkmės greičiai aplaukos kanale kinta nuo 0,5 iki 0,7 m/s, o tarp molų – 0,3–0,5 m/s. Pertvarkius jūros vartus nustatytas tėkmės greičių padidėjimas (40%) tarp molų galvų ir iki 10% aplaukos kanalo akvatorijoje. Džius tėkmės greičių pokyčius reikėtų įvertinti nustatant saugias laivybos sąlygas Klaipėdos uoste.

Gauta
2003 04 04

Literatūra

1. Gailiūdis B., Kriaušienė J. Anthropogenic changes of hydrological regime of the Kuršių Lagoon in Lithuania // Nordic Hydrological Programme, NHP. 1998. No. 44. P. 63–69.
2. Gailiūdis B., Kriaušienė J. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės planinės struktūros pokyčių modeliavimas // Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. 1999. Nr. 1. P. 18–24.
3. Kuršių marios. Vilnius, 1978. T. I ir II.
4. Gailiūdis B., Kriaušienė J. Changes in Baltic coastline flow structure induced by development of Klaipėda

- da port sea-gate // Nordic Hydrological Programme. NHP-Report. 2000. Vol. 2. N 46. P. 519–525.
5. Gailiuūis B., Kriauėiūnienė J. Velkamų neūmenų procesų modeliavimas Klaipėdos sūsiauryje // Aplinkos tyrimai, inūinerija ir vadyba. 2000. Nr. 3(13). P. 3–10.
 6. Dubra J., Dubra V. Jūrinio vandenų patvankos Klaipėdos sūsiauriu // Kurūiū mariū ir Baltijos jūros aplinkos būklė. Klaipėda, 1998. P. 39–48.
 7. Гайлюшис Б., Крячюнене Ю., Крячюнас Р. Изменение гидродинамического режима Клайпедского пролива при расширении порта // Гидротехническое строительство. Москва, 2002. № 7. С. 41–44.
 8. Galkus A., Jokūas K. Nuosėdinė medūiaga tranzitinėje akvasistemoje. Vilnius, 1997. 198 p.
 9. Galkus A. Klaipėdos uosto vystymo planai ir problemos // Geografijos metraūtis. 2001. T. XXXIV (2). P. 189–197.
 10. MIKE 21 Hydrodynamic Module. User Guide and Reference Manual. Danish Hydraulic Institute. 2002. 154 p.

**Brunonas Gailiuūis, Jūratė Kriauėiūnienė,
Romas Kriauėiūnas**

CHANGES OF HYDRODYNAMIC REGIME IN KLAIPĒDA HARBOUR ENTRANCE CHANNEL DUE TO REHABILITATION OF PORT SEA-GATE

S u m m a r y

The Klaipėda Seaport is located on the eastern coast of the Baltic Sea inside the Klaipėda Strait which joins the sea with the Curonian Lagoon. Recently the Klaipėda Port Entrance Rehabilitation Project has been carried into effect, including the dredging of the navigational channel to cater for increasing ship sizes and extensions of the existing breakwater protecting the port from waves from the Baltic Sea. One part of this reconstruction is prolongation of the northern pier of the sea-gate up to

202 m and the southern pier up to 278 m. The abrupt change in bathymetry and the extension of the breakwaters affect both the current conditions in the entrance and the permeability of the Klaipėda Strait. The aim of the investigation was to define changes of the hydrodynamic regime in the Klaipėda harbour entrance channel due to rehabilitation of the port sea-gate. The MIKE 21 hydrodynamic model (Danish Hydraulic Institute) was used for numerical simulations.

Key words: the Klaipėda Strait, entrance channel, hydrodynamic modeling, MIKE 21 modeling system, Strait permeability, flow structure

**Брунонас Гайлюшис, Юрате Крячюнене,
Ромас Крячюнас**

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА МОРСКОГО КАНАЛА КЛАЙПЕДСКОГО ПОРТА ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ МОЛОВ ПОРТА

Р е з ю м е

В статье анализируется влияние реконструкции морских ворот Клайпедского порта на гидродинамический режим пролива. После изменения конструкции морских ворот порта (северный и южный молы удлинены на 202 и 278 м соответственно) меняются структура течений в морском канале, а также водопропускная способность Клайпедского пролива. Двухмерной гидродинамической моделью MIKE 21 была промоделирована структура течений Клайпедского пролива до и после реконструкции морских ворот порта, а также установлены изменения гидродинамического режима.

Ключевые слова: Клайпедский пролив, морской канал, гидродинамическое моделирование, модель MIKE 21, водопропускная способность, структура течений