

## GĖLO IR DRUSKINGO VANDENS CIRKULIACIJOS YPATUMAI KLAIPĖDOS SAŠIAURYJE IR KURŠIŲ MARIŲ ŠIAURINĖJE DALYJE

Arūnas Galkus

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius

El. paštas: galkus@geo.lt

---

Galkus A. SPECIFIC FRESH AND SALINE WATER CIRCULATION PATTERNS IN THE KLAIPĖDA STRAIT AND NORTHERN PART OF CURONIAN LAGOON. *Annales Geographicae* 40(1), 2007.

**Abstract.** Based on available empirical data, the authors aim at revealing and detalizing the specific circulation patterns of different salinity water in the Klaipėda Strait, linking the Baltic Sea and Curonian lagoon, and in the northern part of Curonian lagoon. The analysed data on the velocity and direction of water streams and water salinity were collected during 37 expeditions to the Klaipėda Strait in 2001–2002 and 2005–2006 and during 4 expeditions to the Curonian lagoon in 2001–2002 and 2006. It was determined that fresh and saline water circulation patterns in the Klaipėda Strait are much more sophisticated than formerly assumed. Due to constant deepening of the strait, the values of water salinity and circulation patterns become ever more dependent on saline marine water inflows and the saline water returning from the Curonian lagoon into the Baltic Sea has become one of the main constituents of the spectrum of different genesis waters circulating in the strait. Nine types of water circulating in the Klaipėda Strait are distinguished. It was determined that the depth of subsidence of saline water forcing from the strait into the lagoon increases whereas its dispersion towards the shallow areas reduces with increasing water salinity values.

References 16. Figs. 8. Table 1. In Lithuanian, summary in English.

**Keywords:** Baltic Sea, Curonian lagoon, Klaipėda strait, water salinity, stream velocity, stream direction, water layers.

Received: 15 July 2007, accepted: 15 September 2007

---

### Įvadas

Kuršių marios yra tipiškas pratakus gėlo vandens baseinas. Marių vandens mineralizacija epizodiškai padidėja tik šiaurinėje jų dalyje dėl Baltijos jūros druskingo vandens prietakos. Pirmųjų žinių apie Kuršių marių druskingumą (ištirpusių druskų koncentracija promilėmis) randama A. Willer (1931, 1933), apie chloringumą (ištirpusių chloridų koncentracija) – H. Schmidt-Ries (1940) darbuose. Kiek vėliau marių vandens bendrąją mineralizaciją (ištirpusių vandenyje druskų bendroji koncentracija, mg/l) ir ištirpusių druskų sudėtį tyrė R. Jurevičius (1959). Atlikęs tyrimus jis nusprendė, kad terminas *druskingumas* nėra priimtinas kalbant apie Kuršių marias, kurios yra uždaro tipo gėlo vandens baseinas (Юревичюс, 1959, p. 90).

Kadangi ištirpusių vandens tūrio vienetė druskų bendrą kiekį nustatyti sudėtinga, o druskingumo ( $S$ ) ryšys su jūros vandenyje esančių chloro jonų koncentracija yra tiesioginis ir pastovus ( $S = 1,80655 Cl$ ), nuo ankstyvojo tyrimų etapo iki šiol stebėjimams dažniausiai buvo taikomas vandens chloringumo tyrimo metodas. Vandens chloringumas kartu su kitais hidrocheminiais rodikliais Kuršių mariose reguliariai stebėtas nuo 1959 metų (Stankevičius, 1998). Stebėjimai buvo atliekami pakrantės (Juodkrantė, Nida, Ventė, Lesnojus, Otkrytojė) ir atvirų marių stotyse. Druskingų jūros vandenų sklaidos Kuršių mariose tyrimams daug dėmesio skyrė ir tyrimų rezultatus aprašė J. Dubra (Dubra, 1972; Dubra, Dubra, 1998). 1978 m. leidinyje „Kuršių marios“ pateikti metų, sezonų vidurkiniai ir ekstremalūs vandens chloringumo dydžiai (Vaitkevičienė, Vaitkevičius, 1978). Kuršių marių Lietuvos akvatorijos vandens chloringumą tyrė ir rezultatus apibendrino I. Prochorova (1998).

I. Dailidienė išanalizavo Kuršių marių ir Baltijos jūros priekrantės ties Lietuva daugiametę vandens druskingumo kaitą (2007). Šiuo metu vandens druskingumo nuolatinius stebėjimus Kuršių mariose vykdo LR Aplinkos ministerijos Jūrinių tyrimų centras.

Vandens druskingumo dinamika Klaipėdos sąsiauryje ir ties juo esančiame marių rajone tiesiogiai priklauso nuo marių vandens apykaitos su Baltijos jūra. Šios apykaitos esminius bruožus pirmasis atskleidė E. Červinskas (1959). 1957–1966 metais žinybinius vandens cirkuliacijos Klaipėdos sąsiauriu tyrimus vykdė Leningrado jūrų projektavimo institutas. 1955–1998 metais vandens apykaita Klaipėdos sąsiauriu domėjosi hidrologas J. Dubra, kuris kartu su E. Červinsku apskaičiavo į Baltijos jūrą ištekancio gėlo ir iš jūros pritekančio druskingo vandens vidurkinius kiekius (Dubra, Červinskas, 1968) bei ištyrė Kuršių marių vandens lygio svyravimo, nuo kurio tiesiogiai priklauso vandens cirkuliacija Klaipėdos sąsiauriu, ypatybes (Dubra, 1970). Būta ir kitų epizodinių vandens apykaitos Klaipėdos sąsiauriu tyrimų. Šių tyrimų duomenys šiandien teikia žinių apie tam tikrais laiko tarpniais į jūrą ir į marias tekėjusio vandens kiekius, būdingą Klaipėdos sąsiauriui vandens sluoksniuotumą. Iki šiol dar nepakankamai atskleista vandens hidrodinaminė ir hidrocheminė struktūra skirtingo druskingumo vandens masių maišymosi zonoje bei druskingo jūros vandens sklaidos Kuršių mariose ypatybės.

Stebėjimais ne kartą nustatyta vandens druskingumo padidėjimas pietinėje marių dalyje. Tokie atvejai aiškinti nevienareikšmiai: ir jūros vandens prasiveržimais pro Kuršių neriją, ir galimybe druskingam vandeniui patekti iš Aistmarių Deimenos upe ir kt. Aiškių jūros vandens plūsmo kelių ir paplitimo ribų, esant konkrečioms hidrometeorologinėms sąlygoms, tyrėjai nenurodo. Nuo 1993 metų Lietuvos hidrometeorologai stebėjimus vykdo tik Lietuvos akvatorijoje gana retame stočių tinkle, todėl pateikiami vien bendro pobūdžio suvidurkinti tam tikro laiko tarpsnio duomenys apie jūros vandens proveržius į marias: teigiama, kad tokių atvejų būna ir jūriniam vandeniui būdinga tendencija skverbtis vis toliau. Vis dar labai trūksta detalių druskingumo bei druskingo vandens sklaidos tyrimų, kurie atskleistų gėlo ir druskingo vandens cirkuliacijos Klaipėdos sąsiauriu ir Kuršių mariomis erdvinis bruožas.

Jūros vandens paplitimo Kuršių mariose erdvinę charakteristiką galima gauti 1) teoriškai – apskaičiuojant per tam tikrą laiko tarpsnį pritekančio iš jūros vandens tūrį, įvertinant šio vandens talpos marių duburyje galimybes, dugno reljefą ir modeliuojant sklaidą, 2) empiriškai – tiesiogiai nustatant vandens rodiklius ir analizuojant jų erdvinis pokyčius. Nė vienas iš paminėtų būdų kol kas nėra taikomas taip plačiai ir intensyviai, kad būtų galima patikimai atsakyti į mokslininkus ir visuomenę dominančius klausimus. Bandymai modeliuoti tėkmių struktūrą apsiriboja tėkmės greičių pasiskirstymo skaičiavimais generalizavus vandens kryptį ir pasirinkus tam tikrus vandens debitus (Gailiušis, Kriaučiūnienė, Kriaučiūnas, 2004; Gailiušis, Kovalenkoviene, Kriaučiūnienė, 2005). Tokie „generalizuoti“ atvejai gamtai nėra būdingi. Realiai vandens stovymėje susidariusių tėkmių kryptys fluktuoja, kaip ir tekančio vandens hidrocheminiai rodikliai. Norint patikimai modeliuoti druskingo ir gėlo vandens cirkuliaciją Klaipėdos sąsiauryje, būtina sukaupti ir išanalizuoti nepalyginamai išsamesnį vandens druskingumo ir tėkmių empirinių tyrimo duomenų banką, negu dabar turimas. Dėl gilesnių žinių apie Klaipėdos sąsiauryje nuolat kintančią tėkmių struktūrą stokos sunku operuoti patikimais duomenimis net apie esminį teoriniam modeliavimui būtiną dydį: pritekančio ar ištekancio vandens kiekį.

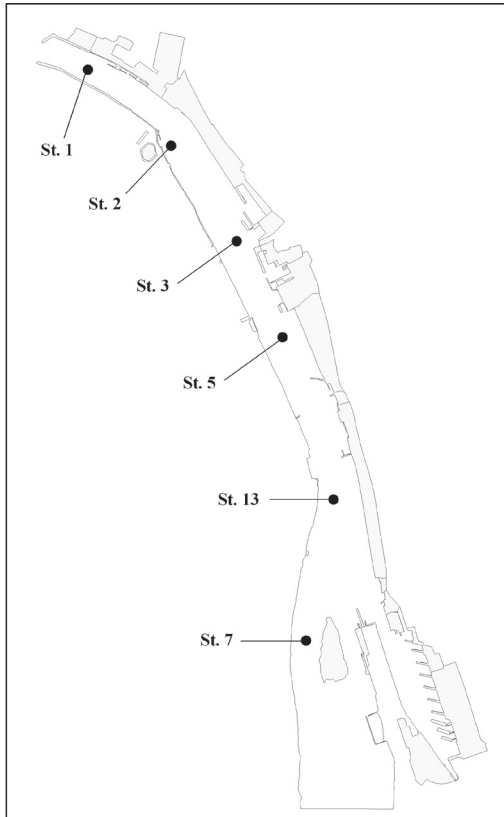
Jūros vandens plūsmo į Kuršių marias priežastys buvo aptariamoms minėtuose E. Červinsko, J. Dubros, I. Dailidienės ir kitų autorių darbuose. Šio straipsnio tikslas – sukauptų empirinių duomenų pagrindu atskleisti ir detalizuoti skirtingo druskingumo vandens cirkuliacijos ypatybes Klaipėdos sąsiauryje ir Kuršių marių šiaurinėje dalyje.

## 1. Medžiaga ir metodika

Lauko tyrimai Klaipėdos sąsiauryje atlikti 37 ekspedicijų metu 2001–2002 m. ir 2005–2006 m. tarpniais (lentelė), Kuršių mariose – 4 ekspedicijų metu (2001-07-09–11; 2002-04-10–11; 2002-08-26–29; 2006-07-11–12). Klaipėdos sąsiaurio atraminės tyrimų stotys išsidėsčiusios farvateryje nuo sąsiaurio žiočių (1 st. – 0,5 km nuo uosto vartų) iki vakarinės protakos ties Kiaulės Nugaros sala (7 st.) (1 pav.).

**Lentelė.** Vandens druskingumo (‰) dinamika ekspedicinių tyrimų tarpsniais: skaitiklyje – druskingumo reikšmių svyravimo ribos vertikalėje, vardiklyje – vidurkinė reikšmė  
**Table.** Water salinity (‰) dynamics at different time spans: in numerator – the vertical limits of salinity values, in denominator – the mean value

Matavimo data Date of measurement	Vėjo kryptis ir greitis Direction of wind, windspeed	Vandens lygis, cm Water-level, cm	Matavimo stotis / Station of measurement					
			1	3	5	13	7	Visos stotys All stations
2001-01-31	Š-ŠV/N-NW 1-2 m/s	-3	5,21-7,20 6,65	3,83-7,13 6,25	5,00-7,2 6,51	-	1,28-6,92 5,79	1,28-2,0 6,3
02-20	V-ŠV/W-NW 8-12 m/s	+7	1,05-2,25 1,48	0,64-2,22 1,2	0,64-1,94 1,11	-	0,37-0,50 0,47	0,37-2,25 1,06
03-22	V-PV/W-SW 7-11 m/s	-5	0,38-0,51 0,4	0,38-0,38 0,38	0,38-0,51 0,40	-	0,38-0,51 0,40	0,38-0,51 0,39
04-24	Š/N 1-2 m/s	+1	0,31-1,09 0,62	0,41-1,09 0,55	0,30-0,52 0,38	-	0,31-0,41 0,39	0,30-1,09 0,48
05-24	P-PV/S-SW 10-14 m/s	+8	5,69-7,07 6,79	5,57-6,38 6,01	5,32-6,38 5,81	-	3,85-6,13 5,17	3,85-7,07 5,94
06-21	V-PV/W-SW 5-7 m/s	+7	0,72-6,54 2,27	0,73-3,96 1,61	0,60-3,39 1,23	-	0,42-0,46 0,43	0,42-6,54 1,38
07-13	PV/SW 8-12 m/s	-13	0,64-6,71 3,21	0,53-5,8 1,81	0,37-6,15 1,78	-	0,33-0,37 0,34	0,33-6,71 1,78
08-23	R-ŠR/E-NE 2-3 m/s	+15	1,41-7,07 4,29	0,88-6,12 3,52	0,84-5,70 3,33	-	0,44-3,29 1,38	0,44-7,07 3,13
09-21	PR/SE 8-12 m/s	+21	0,81-0,90 0,88	0,81-0,95 0,87	0,76-0,81 0,80	-	0,44-0,72 0,65	0,44-0,95 0,80
10-18	ŠV/NW 2-3 m/s	+12	1,24-6,91 5,37	1,05-6,86 4,37	0,95-6,86 4,50	-	0,60-6,45 4,01	0,60-6,91 4,56
11-21	Kintantis/Variable 1-2 m/s	+36	0,98-2,55 1,29	0,43-1,04 0,90	0,98-1,04 0,99	-	0,85-0,98 0,94	0,43-2,55 1,03
12-12	Š-ŠR/N-NE 5-7 m/s	+2	1,07-6,99 4,79	1,13-6,91 4,45	0,65-6,92 4,27	-	0,65-5,68 3,06	0,65-6,99 4,14
2002-01-31	Kintantis/Variable 1-2 m/s	+52	0,91-0,98 0,96	0,71-0,77 0,76	0,77-0,77 0,77	-	0,43-0,57 0,53	0,43-0,98 0,75
02-20	ŠR/NE 2-4 m/s	+60	3,80-4,90 4,37	0,88-4,07 2,3	0,55-2,22 1,23	-	0,43-0,49 0,48	4,9-0,49 2,10
04-12	R-PR/E-SE 10-14 m/s	-15	0,15-0,35 0,25	0,15-0,31 0,26	0,15-0,36 0,32	-	0,15-0,36 0,32	0,15-0,36 0,29
05-16	PV-PR/SW-SE 6-8 m/s	-14	0,59-6,21 2,9	0,54-6,15 2,36	0,46-6,13 2,35	-	0,33-5,64 2,46	0,33-6,21 2,52
07-10	P-PR/S-SE 6-8 m/s	+13	1,16-6,1 2,45	1,16-6,39 2,40	0,48-5,90 2,00	-	0,52-1,08 0,86	0,48-6,39 1,93
09-10	Š-ŠR/N-NE 4-6 m/s	-7	6,29-6,67 6,62	6,24-6,78 6,51	6,06-6,69 6,39	-	5,59-6,37 6,03	5,59-6,78 6,39
10-24	P-PV/S-SW 7-11 m/s	-34	1,00-5,12 2,24	0,76-5,05 2,26	0,57-5,01 1,93	-	0,39-0,45 0,44	0,39-5,12 1,72
11-27	V/W 9-13 m/s	-1	0,76-6,92 3,85	0,52-6,85 3,35	0,52-6,53 3,32	-	0,52-0,84 0,61	0,52-6,92 2,78
12-11	V/W 6-8 m/s	-42	0,65-7,08 3,78	0,52-6,96 3,59	0,45-6,94 3,83	-	Ledas Ice covering	0,45-7,08 3,73
2005-06-02	V-ŠV/W-NW 2-3 m/s	+4	3,52-6,18 4,53	2,15-6,18 4,0	1,42-5,88 3,02	0,12-4,82 2,34	0,01-0,91 0,29	0,01-6,18 2,84
07-20	V/W 5-7 m/s	+21	6,46-6,68 6,59	6,53-6,68 6,63	6,49-6,68 6,62	5,77-6,37 6,23	6,36-6,41 6,40	5,77-6,68 6,49
09-13	V-ŠV/W-NW 1-2 m/s	+6	4,70-7,30 6,58	3,90-7,26 6,28	3,69-7,15 6,06	3,08-6,69 5,35	3,86-6,0 5,12	3,08-7,30 5,88
10-11	PR/SE 4-6 m/s	-6	1,00-6,51 3,95	0,45-6,30 3,27	0,50-6,50 3,30	0,10-1,0 0,75	0,00-0,01 0	0,00-6,51 2,25
11-14	PV/SW 6-8 m/s	+16	2,10-6,70 4,36	2,29-6,71 4,08	2,00-6,70 3,69	1,77-6,66 4,35	1,65-5,87 2,86	1,65-6,71 3,87
12-08	ŠR/NE 5-7 m/s	0	7,30-7,35 7,31	7,22-7,29 7,24	7,23-7,28 7,26	7,21-7,24 7,23	6,82-7,09 7,01	6,82-7,35 7,21
2006-01-10	P/S 4-6 m/s	-24	0,56-0,95 0,67	0,45-0,93 0,57	0,38-0,45 0,41	0,45-0,49 0,46	0,32-0,32 0,32	0,32-0,95 0,49
02-08	V-PV/W-SW 7-11 m/s	-10	2,10-6,40 4,44	1,80-6,40 4,24	1,30-5,90 3,30	1,20-5,50 3,05	Ledas Ice covering	1,20-6,40 3,76
03-16	ŠR/NE 6-8	-26	0,10-6,50 2,75	0,05-6,40 2,0	0,05-6,30 1,46	0,05-6,30 1,50	0,00-0,90 0,15	0,00-6,50 1,57
04-21	ŠV/NW 3-5 m/s	+9	0,38-6,57 2,33	0,00-6,10 1,57	0,00-94 1,24	0,37-2,15 0,64	0,38-0,38 0,38	0,00-6,57 1,23
05-17	ŠR/NE 4-6 m/s	-12	3,10-6,9 5,20	2,20-6,90 4,55	2,30-6,70 4,40	1,88-6,70 4,38	1,20-6,50 3,50	1,20-6,90 4,41
06-14	P-PV/S-SW 3-5 m/s	-5	0,00-7,11 1,15	0,00-6,90 0,99	0,00-0,00 0,00	0,26-0,55 0,40	0,00-0,26 0,06	0,00-7,11 0,52
07-11	P-PV/S-SW 3-5 m/s	-8	2,06-7,33 5,64	2,40-7,27 5,49	1,48-7,16 4,67	2,15-7,12 5,52	1,56-6,33 3,81	1,48-7,33 5,03
10-03	V/W 5-7 m/s	+14	0,00-6,86 3,54	0,00-6,51 1,78	0,00-6,32 2,41	0,00-6,32 1,43	0,00-0,16 0,1	0,00-6,86 1,85
11-08	V/W 12-16 m/s	+45	6,30-6,50 6,40	6,20-6,50 6,35	6,20-6,50 6,30	6,20-6,40 6,30	6,20-6,30 6,25	6,20-6,50 6,32
2006-12-06	P-PV/S-SW 10-14 m/s	+19	0,37-0,48 0,46	0,32-0,48 0,42	0,32-0,48 0,43	0,32-0,43 0,41	0,32-0,43 0,39	0,32-0,48 0,42



1 pav. Atraminės tyrimų stotys Klaipėdos sąsiauryje  
**Fig.1.** The key observation stations in the Klaipėda Strait

Vandens rodiklių matavimų 2 stotyje sukaupti duomenys panaudoti analizuojant vandens cirkuliaciją ir minimi straipsnyje, tačiau apibendrintų duomenų lentelėje nepateikiama, nes stebėjimų tarpsniu kiek keitėsi šios stoties padėtis ir gylis. Tam tikri pagalbiniai matavimai buvo atliekami ir kitose sąsiaurio vietose bei uosto įlankose. Klaipėdos sąsiaurio vandens rodikliai nustatyti vykdant Klaipėdos valstybinio jūrų uosto aplinkos monitoringą, kurio kompleksiniai tyrimai buvo papildyti, siekiant atsakyti į šiame straipsnyje gvildinamus klausimus.

Kuršių mariose tirta visa Lietuvos akvatorija. Lauko tyrimuose buvo atliekamas vandens storumės zondavimas. Kuršių mariose kas 1 m, Klaipėdos sąsiauryje kas 2 m (viršutinis matavimų horizontas – 1 m gylyje, apatinis – 0,5–1,5 m nuo dugno) buvo matuojami vandens tėkmės greitis ir kryptis, specifinis vandens laidumas. Matavimai atlikti norvegų firmos AANDERAA INSTRUMENTS multifunkciniu zondų RCM 9. Vandens specifinis laidumas perskaičiuotas į druskingumą naudojantis minėtos firmos programine įranga. Vėjo kryptis ir greitis bei vandens lygis sąsiauryje nustatyti Klaipėdos valstybinio jūrų uosto tarnybų.

Lauko tyrimų duomenys analizuoti ir apibendrinti pasitelkiant Microsoft Excel programą: tirta koreliacija tarp komponentų bei, grupuojant grafiškai vizualizuotus duomenų paketus, nustatyti būdingi Klaipėdos sąsiauriui vandens cirkuliacijos tipai.

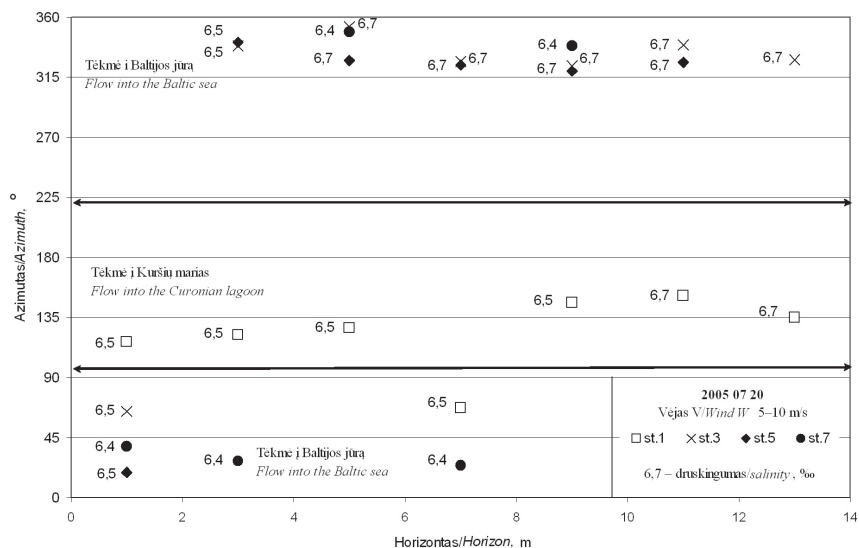
Kadangi ištekančio iš Kuršių marių bei įtekančio į jas vandens srauto kryptis kartu su Klaipėdos sąsiaurio konfiguracija nuo Kiaulės Nugaros salos iki žiočių šiek tiek keičiasi, apibendrinant viso sąsiaurio tyrimų duomenis buvo priimta, kad vandens pernašą į Kuršių marias reprezentuoja 105°–220° azimuto tėkmės.

## 2. Tyrimų rezultatų analizė

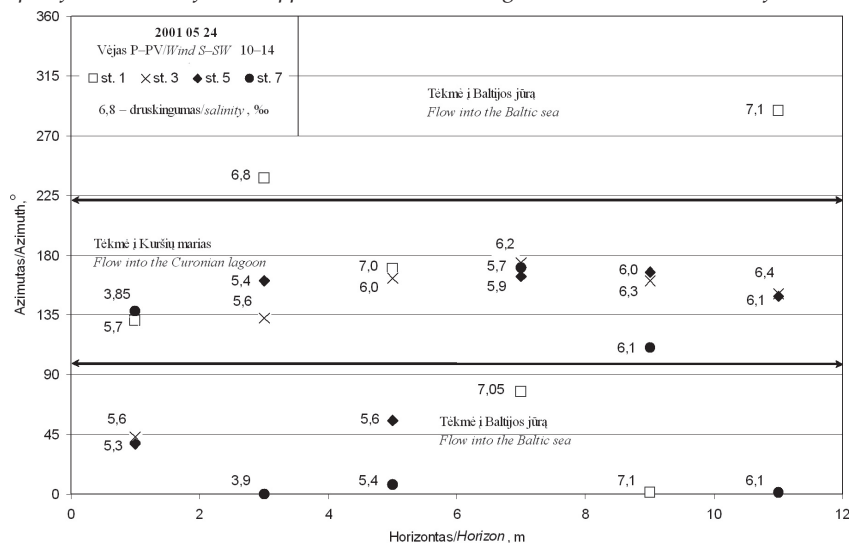
Vandens cirkuliacijos Klaipėdos sąsiauriu svarbiausių bruožų suvokimas praktiškai nepakito nuo to laiko, kai juos aprašė E. Červinskas (Червинскас, 1959). Tuomet buvo išskirta keletas vandens cirkuliacijos tipų: 1) tėkmė iš marių į jūrą; 2) tėkmė iš jūros į marias; 3) dvisluoksnė tėkmių sistema (apatinis sluoksnis – į marias, viršutinis – į jūrą); 4) tėkmių sistema, kai vanduo skirtingomis kryptimis srūva kaire ir dešine sąsiaurio pusėmis. Tekantis marių kryptimi vanduo buvo laikomas druskingu, jūros kryptimi – gėlu. Pagal šią schemą apskaičiuoti druskingo bei gėlo vandens debitai, Kuršių marių vandens balansas (Dubra, Červinskas, 1968). Pirmasis iš išvardintų vandens cirkuliacijos tipų buvo laikomas bene pagrindiniu, antrasis – trumpalaikiu, kurį sukelia stiprūs vakarų vėjai ar vandens lygių skirtumas, kiti du – susidarę dėl pirmųjų sąveikos. Nuo paminėtų tyrimų Klaipėdos sąsiaurio gylis daugelyje vietų išaugo dvigubai (nuo 6–7 iki 12–14 m), pasikeitė uosto vartų konfiguracija. Smarkiai padidėjus sąsiaurio skerspjūviui, Kuršių marių vanduo greičiau teka į jūrą. Pažemėjus vandens lygiui mariose, daugiau druskingo jūros vandens priteka į marias.

Autoriaus atliktais stebėjimais, visa vandens stovime iš marių į jūrą gėlas (<0,5 ‰) vanduo tekėjo tik pavasario potvynių metu bei išimtinai šiltą ir lietingą 2006 m. gruodį. Kasmet tokie atvejai tampa vis retesni ir trumpesni: 2006 metais net kovą ir balandį, kaip rodo atlikti matavimai, ties uosto vartais priedugnio vandens druskingumas siekė atitinkamai 6,5 ir 6,57 ‰, nors 1 m horizonte jis buvo lygus 0,1 ir 0,38 ‰. Pažymėtina, kad >0,5 ‰ druskingumas nebūtinai susijęs su jūros vandens poveikiu. Tirpalų prisotinto Nemuno žiočių vandens druskingumas, autoriaus atliktais tyrimais (vandens specifinio laidumo matavimais), kartais siekia iki 0,65 ‰.

Druskingo jūros vandens plūsmo į marias visu Klaipėdos sąsiaurio skerspjūviu atvejų nustatyta daug, tačiau išilginiame pjūvyje visa sąsiaurio stovimė tokiu (ir tik link marių tekančiu) vandeniu užsipildo labai retai. Per 37 ekspedicinių tyrimų tarpsnius tik 2005 m. gruodį nustatyta, kad druskingas jūros vanduo nuo viršutinių horizontų iki pat dugno ir nuo sąsiaurio žiočių iki Kiaulės Nugaros salos teka link marių. Vandens druskingumas tuo metu visoje stovimėje viršijo 7 ‰ ir tik toliausiai nuo jūros esančioje 7 st. viršutiniame vandens horizonte buvo kiek mažesnis – 6,82 ‰ (lentelė). Tačiau net ir šiuo ekstremaliu atveju ties Kuršių nerijos šlaitu net keliose vietose buvo išmatuotos pavienės link jūros srūvančios silpnos tėkmės (E. Červinsko paminėto cirkuliacijos tipo (4) neryškus atvejis). Dar 6 ekspedicijose viso Klaipėdos sąsiaurio vandens stovimėje vyravo didelio druskingumo vanduo: tyrimų stotyse išmatuoto vandens druskingumo vidurkinės reikšmės kito nuo 5,9 iki 6,5 ‰. Visais šiais atvejais vandens cirkuliacijos pobūdis jau neapibrėžiamas nei vienu iš minėtų 4 vandens cirkuliacijos tipų: vanduo tam tikrose sąsiaurio atkarpose teka skirtingomis kryptimis. Būdingas pavyzdys – 2005 m. liepos 20 d. susiklosčiusi situacija, kai vakarų vėjo supūstas ir visame sąsiauryje išplitęs beveik vienodo druskingumo (6,4–6,7 ‰) vanduo gilyn į marias apie 20 cm/s greičiu skverbėsi tik arčiausiai jūros esančioje sąsiaurio atkarpoje. Toliau sąsiauryje iki pat Kiaulės Nugaros salos šis druskingas vanduo jau suko atgal, link jūros (2 pav.). Dviejų priešpriešinių vandens srautų susidūrimo zonoje tėkmės kryptis kiekviename horizonte labai skiriasi, o greitis smarkiai sumažėja (2 st. 3–8 m horizontuose kinta 1–8 cm/s ribose). Vidurkinis vertikalėse ištekančio druskingo vandens greitis auga Kuršių marių kryptimi: 3 st. – 11 cm/s, 5 st. – 27 cm/s, 13 st. – 29 cm/s, 7 st. – 33 cm/s. Dviejų priešinga kryptimi plūstančių vandens masių sandūroje vandens lygis kyla ir susidaro savotiška lėkšta „banga“, kuri, aprašytu atveju, juda link jūros. Dėl priešpriešinių srautų sąveikos vandens stovimėje gali susiformuoti sudėtingos struktūros skirtingomis kryptimis tekančio vandens sluoksniai (3 pav.). Šiuo atveju vandens tėkmės sulėtėja. Pradinėje druskingo jūros vandens skverbimosi į marias stadijoje „banga“ kyla, susidūrus visa vandens stovime priešingomis kryptimis tekančiam druskingam ir gėlam vandeniui, ir juda link marių. Šiuo atveju neteko užfiksuoti priešingomis kryptimis srūvančio druskingo ar gėlo vandens, kuris iki pat susidūrimo ir maišymosi zonos plūsta visu sąsiaurio skerspjūviu – nuo dugno iki paviršiaus, todėl skirtingo vandens susidūrimo efektas yra mažesnis ir „bangos“ ne tokios ryškios. Skirtingo druskingumo vandens kontaktas visais tirtaisiais atvejais vyko druskingam vandeniui „pleištu“ skverbiantis po gėlu vandeniu, o pastarajam tokiu pat būdu stengiantis prasiveržti virš druskingo vandens. Šie druskingo ir gėlo vandens „pleištai“ ypač energingo jų susidūrimo metu sutrumpėja, o juos skirianti įžambi riba tampa statesnė. Lėtesnės cirkuliacijos tarpsniais „pleištai“ nutįsta per visą sąsiaurio ilgį ir formuojasi tipiška dvisluoksnė dviejų kryptių cirkuliacija. Kai priedugniu į marias skverbiantis jūros vandeniui sustiprėja ŠV vėjas (2002 m. lapkričio 27 d.), paviršinė gėlo vandens tėkmė gali pakeisti kryptį. Šiuo atveju į marias visa stovimė teka vanduo, kuris paviršiuje yra gėlas, o prie dugno – sūrus (6,5 ‰). Pritekęs į marias kritiniam vandens kiekiui, druskingas vanduo pasuka atgal, dažnai visu skerspjūviu, kaip parodyta 2 paveiksle. Greitai kintant hidrometeorologinėms sąlygoms, aprašytas procesas gali ne kartą keisti kryptį ir suformuoti keletą priešpriešinių vandens srautų bei jų sąveikos sukeltų „bangų“. Įsivyravus grįžtamajai druskingo vandens pernašai, kartais (pavyzdžiui, tai buvo nustatyta 2001 m. sausio 31 d.) visa sąsiaurio stovimė iš gėlo vandens baseino – Kuršių marių į jūrą plūsta druskingas vanduo! Druskingam vandeniui grįžus į jūrą, jo dar kurį laiką lieka gilesnėse marių dugno įdubose ir uosto įlankose.

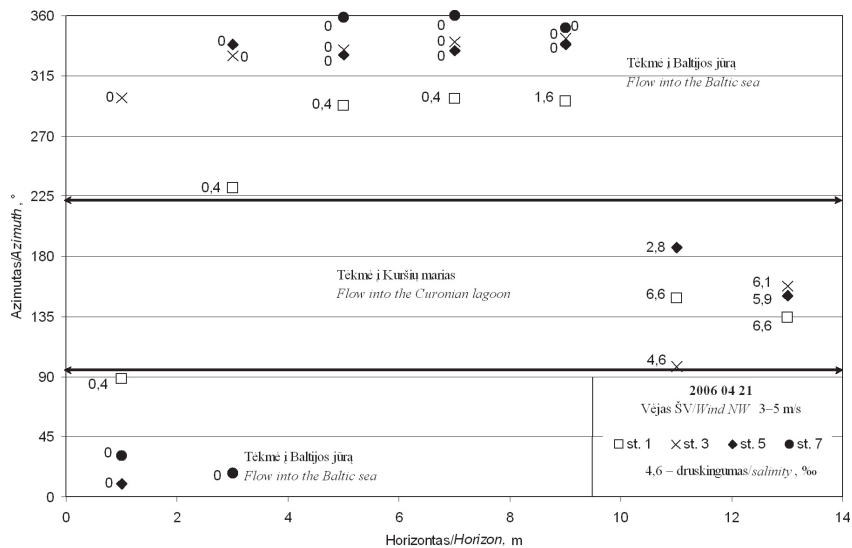


2 pav. Druskingo vandens priešpriešinio tekėjimo visa Klaipėdos sąsiaurio vandens stovyme pavyzdys  
 Fig.2. Example of saline water flow in opposite directions through the whole cross-section of the Klaipėda Strait



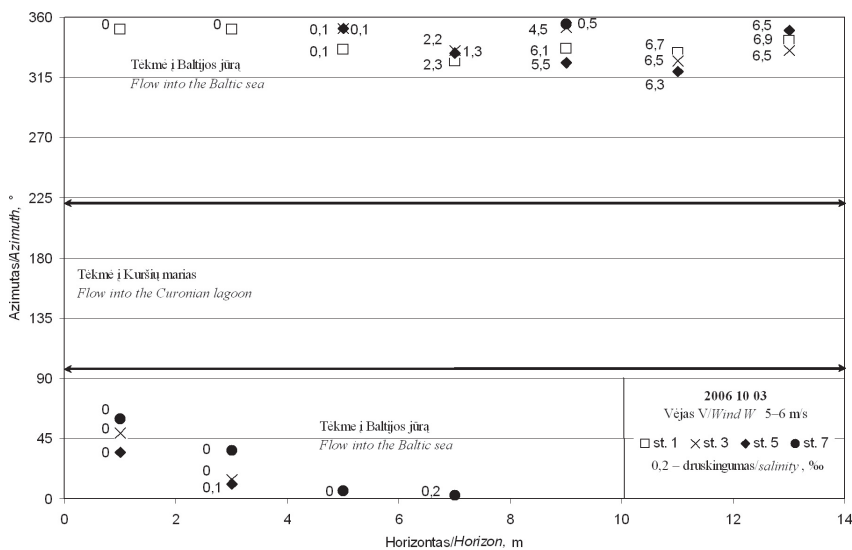
3 pav. Sudėtingos daugiasluoksnės priešpriešinės druskingo vandens cirkuliacijos Klaipėdos sąsiauriu pavyzdys  
 Fig.3. Example of complex pattern of multi-layer opposite saline water circulation in the Klaipėda Strait

Gėlo ir druskingo vandens priešingų kryptių dvisluksnė cirkuliacija pasižymi tuo, kad druskingas vanduo į marias skverbiasi gana plonu, palyginus su sąsiaurio gyliu, priedugnio sluoksniu. Būdinga šio tipo cirkuliacija buvo nustatyta 2006 m. balandžio 21 d., kai marių link plūstančio druskingo vandens sluoksnio storis sudarė 2–3 m. Nuo dugno 1 m druskingas vanduo tekėjo 13–21 cm/s greičiu, 2,5–3 m – tėkmės greitis buvo sumažėjęs iki 3–4 cm/s. Jūros kryptimi judanti gėlo vandens tėkmė didžiausią greitį (>30 cm/s) pasiekė ties sąsiaurio žiotimis esančioje 1 st.: 36 cm/s – 5 m ir 33 cm/s – 7 m gylyje. Esant apie 1 m iki vandens masių priešpriešinio judėjimo kontakto zonos, gėlo vandens tėkmės greitis dar siekė apie 20 cm/s. Druskingas vanduo į marias skverbėsi ne mažesniame negu 10–11 m gylyje, todėl ties Kiaulės Nugaros sala esančioje sekiausioje 7 st. visoje stovmėje buvo išplitęs gėlas vanduo (4 pav.). Panašus į aprašytąją vandens cirkuliacijos tipas vyravo ir 2002 m. gruodžio 11 d., 2005 spalio 11 d. bei 2006 m. kovo 16 d., esant ne tik skirtingam metų sezonui, bet ir pučiant nevienodos krypties bei stiprumo vėjams bei nusistovėjus gana skirtingiems vandens lygiams (lentelė).



4 pav. Gēlo ir druskingo vandens dvisluoksnēs priešingū kryptīcīu cirkuliacīos pavyzdys  
 Fig.4. Example of fresh and saline water double-layer opposite circulation pattern

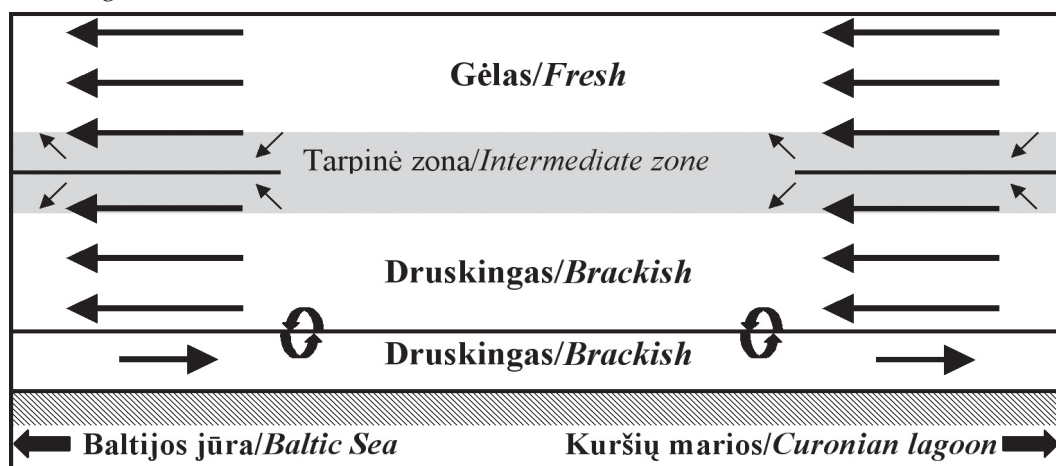
Per vandens tēkmīu ir druskingumo instrumentinius tyrimus pasitaikē atveju, kai dvisluoksnēs stratifikacīos (viršuje – gēlas, apačioje – druskingas) vanduo juda viena kryptimi – j jūrā. Taip būna, kai intensyvėjanti kontinentinio vandens tēkmē baigia išstumti iš sąsiaurio anksčiau priplūdusio druskingo jūros vandens likučius. 2006 m. birželio 14 d. toks vandens cirkuliacīos pobūdis buvo užfiksuotas tik šiauriau Danės upės žiočių (iki 2 m nuo dugno vandens druskingumas siekē 7 ‰, viršutiniuose horizontuose buvo gēlas vanduo), o tų pačių metų spalio 3 d. – visame sąsiauryje (5 pav.). Gēlo vandens tēkmės vidurkinis greitis 7 st. tuo metu siekē net 47 cm/s. Žiočių kryptimi jis palaipsniui mažėjo ir 1 st. gēlo vandens horizontuose buvo lygus 29 cm/s. Druskingas vanduo priedugniu tekėjo lēčiau: viršutinėje sluoksnio dalyje – apie 20 cm/s, ties dugnu – 10–15 cm/s. Vienos krypties vandens tēkmē ir didelis tekėjimo greitis lemia mažā tēkmės krypties įvairovę: aprašomuoju atveju tēkmės krypties variacīos matavimo taškuose buvo mažiausios, palyginus su kitais tyrimū tarpniais. Tik paviršinēs tēkmės dėl vakarū vėjo poveikio kiek nukrypo link rytū (5 pav.).



5 pav. Gēlo ir druskingo vandens dvisluoksnēs tēkmės viena kryptimi (j jūrā) pavyzdys  
 Fig.5. Example of fresh and saline water double-layer one-direction (into the sea) circulation

Straipsnyje detaliau aprašyti tik tie vandens cirkuliacijos atvejai, kurie geriausiai parodo gėlo ir druskingo vandens cirkuliacijos būdingus tipus. Stebėjimų metu dažnai susiduriama su aprašytų tipų įvairiais tarpiniais variantais, kurie, pirmiausia, pasižymi tuo, kad Klaipėdos sąsiauriu cirkuliuoja įvairiomis proporcijomis susimaišęs nevienodo druskingumo vanduo (1–5 ‰). Mišrios genezės apdruskėjusio vandens tėkmės pasižymi tiek greičio, tiek tekėjimo krypties kaitumu: 1 m gylyje (3,5 ‰) – 47 cm/s ir 24°; 5 m (4 ‰) – 26 cm/s ir 358°; 10 m (5,4 ‰) – 19 cm/s ir 278° (1 st., 2005-06-02). Autoriaus tyrimais, maišantis jūrinės ir kontinentinės kilmės vandens masės tarpinio druskingumo vanduo su maždaug vienodomis druskingumo reikšmėmis išsivyrąja tik nedideliuose arealuose ir neilgai. Tokio vandens druskingumas greitai kinta tiek laike, tiek erdvėje. Dėl šios priežasties ir dėl nepakankamo matavimų dažnio nedaug prasmės turi operavimas tokiais rodikliais, kaip vidurkinis Kuršių marių šiaurinės dalies ar Klaipėdos sąsiaurio vandens druskingumas.

Remiantis visais tyrimų etapais, įvairaus ilgio sąsiaurio atkarpoje priedugnio horizontuose vyravo druskingas jūros vanduo (2005 m. tyrimuose tokių atvejų buvo 100 %, kitais metais – 60–80 %) ir šis vanduo dažniau teka į marias: 2001 m. – 70 % visų atvejų, 2002 m. ir 2005 m. – po 67 %, 2006 m. – 75 %. Besiskverbiančio į marias didelio druskingumo (6–7,2 ‰) vandens sluoksnis dažniausiai būna gana plonas (1–2 m), o virš jo vyrauja kiek mažesnio (kartais – tokio pat) druskingumo į jūrą grįžtantis vanduo. Paviršiniai horizontai būna iš gėlo ar beveik gėlo į jūrą tekančio vandens. Tokį apibendrintą vandens cirkuliacijos Klaipėdos sąsiauriu vaizdą (6 pav.) per 37 lauko tyrimų tarpsnius teko stebėti dažniausiai. Be abejo, nuolat kito 6 paveiksle parodytų sluoksnių apimtys ir druskingo bei gėlo (ar kiek apdruskėjusio) vandens rodikliai. Priedugniu į marias besiskverbiančio vandens tėkmės greitis visada buvo mažesnis už grįžtančio jūron druskingo vandens tėkmės greitį.



6 pav. Gėlo ir druskingo vandens būdingos cirkuliacijos Klaipėdos sąsiauryje principinė schema  
 Fig.6. Principal scheme of typical fresh and saline water circulation pattern in the Klaipėda Strait

Nustačius, kad Klaipėdos sąsiauriui būdinga sudėtinga ir labai nepastovi vandens cirkuliacija, nebuvo labai netikėta tai, kad skaičiuojant neaptikta patikimų koreliacinių ryšių tarp vėjo krypties ir greičio, vandens lygio, vandens druskingumo, vandens tėkmės krypties ir greičio nei koreliacijų skaičiavimams naudojant vidurkinės sąsiauriui, nei detalizuotas vandens tėkmę bei druskingumą aprašančias reikšmes.

Kuršių marių tyrinėtojus, gamtosaugininkus, žvejus labai domina klausimas: kaip toli į marias prasiskverbia druskingas jūros vanduo? LR Aplinkos ministerijos Jūrinių tyrimų centro atliekami paviršinio vandens kasdieniai stebėjimai Klaipėdos, Juodkrantės, Nidos ir Ventės postuose parodė, kad marių vandens druskingumas per paskutinius dešimtmečius turi tendenciją didėti (Dailidienė, 2005), tačiau druskingo vandens sklaidos dinamika dar beveik netyrinėta.

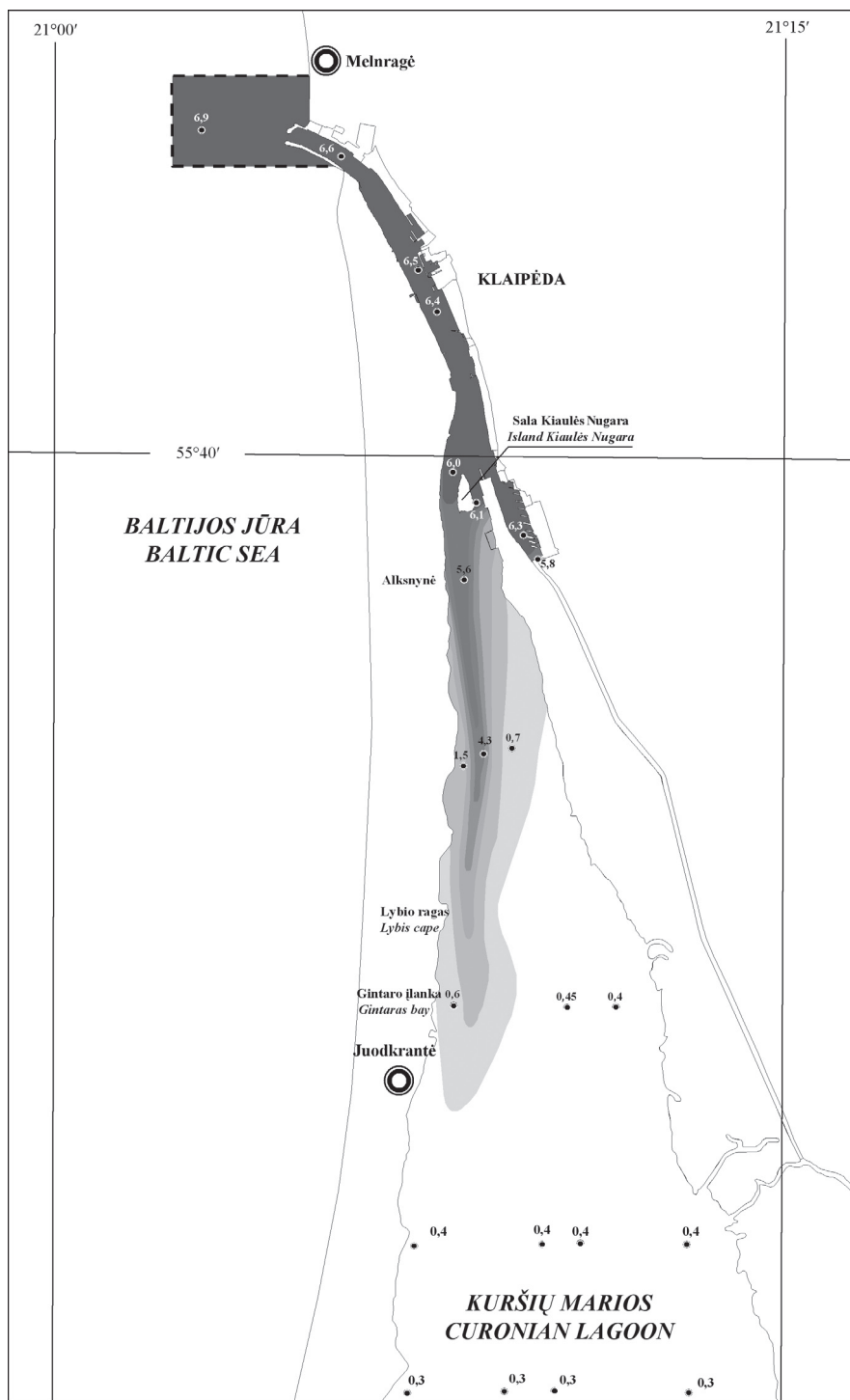


Kuršių marių Lietuvos akvatorijos druskingumas tirtas keturioje ekspedicijoje, iš kurių dviejose (2001-07-09–11; 2002-04-10–11) visose mariose vyravo gėlas (<0,5 ‰) vanduo. Tik Klaipėdos sąsiaurio priedugnyje 2001 m. liepą buvo druskingo (6,7 ‰ – ties žiotimis, 1,8 ‰ – ties Kiaulės Nugaros sala) vandens. 2002 m. rugpjūčio pabaigoje, po ilgos sausros nusekus Kuršių marioms, susidarė palankios sąlygos druskingam jūros vandeniui skverbti į marių gilumą (7 pav.). Klaipėdos sąsiaurio vandens storumėje išmatuotos druskingumo reikšmės iki pat Kiaulės Nugaros salos nenukrito žemiau kaip 6 ‰ ir tik protakose ties šia sala paviršiniuose vandens horizontuose buvo kiek mažesnės negu 6 ‰. Alksnių įlankoje priedugniniame 7 m horizonte vandens druskingumas dar siekė 6 ‰ (1 m nuo dugno – 5,2 ‰). Mažai skiestas gėlu vandeniu jūros vanduo visu farvaterio skerspjūviu į pietus skverbėsi iki povandeninės įdubos šlaito, kuriame gylis nuo 5–6 m sumažėja iki 3 m. Į mažesnių negu 3 m gylių zoną link Juodkrantės prasiskverbęs druskingo vandens atskiedimo gėlu vandeniu laipsnis jau gerokai didesnis: ties Lybio ragu – apie 2 ‰, Gintaro įlanka – 1 ‰. Ties Juodkrante vidurkinis vandens druskingumas vandens storumėje sumažėja iki 0,5 ‰. Mažėjant gyliui, vandens druskingumo reikšmės paviršiniame ir priedugnio horizontuose minėtose vietose skiriasi vis mažiau: atitinkamai 46 %, 20 % arba nesiskiria.

Į marias apdruskėjęs vanduo sparčiai veržiasi ir pro rytinį povandeninės įdubos šlaitą, padidindamas seklios rytinės marių dalies vandens druskingumą. Jūros vandeniui artimas druskingumo reikšmės sekliojoje marių dalyje galima išmatuoti tik ties giliavandenės įdubos šlaitu. Toliau nuo jo vandens druskingumas sparčiai mažėja (7 pav.).

Nors aprašytu atveju druskingo vandens skverbimasis į Kuršių marias yra gana ryškus, jūros vanduo užfiksuotas jau „grįžtantis“: nuo Juodkrantės iki pat Klaipėdos sąsiaurio žiočių visoje vandens storumėje vyravo tėkmės jūros link. Kuršių marių farvateriu druskingas vanduo grįžo gana sparčiai: ties Alksnyne 5 m ir 7 m gylyje tėkmės greitis viršijo 50 cm/s (Klaipėdos sąsiauryje vyravo 10–20 cm/s tėkmės). Tik šiauriau Danės upės žiočių 11 m gylyje ir giliau epizodiškai fiksuota silpna (4–8 cm/s) marių krypties tėkmė.

Kitas druskingo jūros vandens skverbimasis į marias užfiksuotas 2006 m. liepą (8 pav.), po ekstremalių kaitrų tarpsnio. Jūrai būdingo druskingumo (>7 ‰) vanduo tyrimų metu buvo pasklidęs priedugniu (>7 m gylyje ties sąsiaurio žiotimis, >9 m gylyje pietinėje sąsiaurio dalyje) per visą Klaipėdos sąsiaurį, o viršutinėje vandens storumės dalyje (1–4 m gylyje) vyravo gerokai apgėlėjęs vanduo (1–4 ‰). Didelis skirtumas tarp vandens druskingumo reikšmių viršutiniame ir apatiniame horizontuose išliko ir Kuršių marių giliavandenėje įduboje: 1 m gylyje – 0,4–1 ‰, 4–6 m – 5,4–5,8 ‰. Kadangi didelio druskingumo vanduo buvo pasklidęs tik priedugnyje, jis neįveikė Kuršių marių giliavandenės įdubos šlaitų ir praktiškai nepateko į sekliavandenę sritį. Ties Juodkrante vidurkinis vandens storumės druskingumas siekė vos 0,1 ‰ (8 pav.).

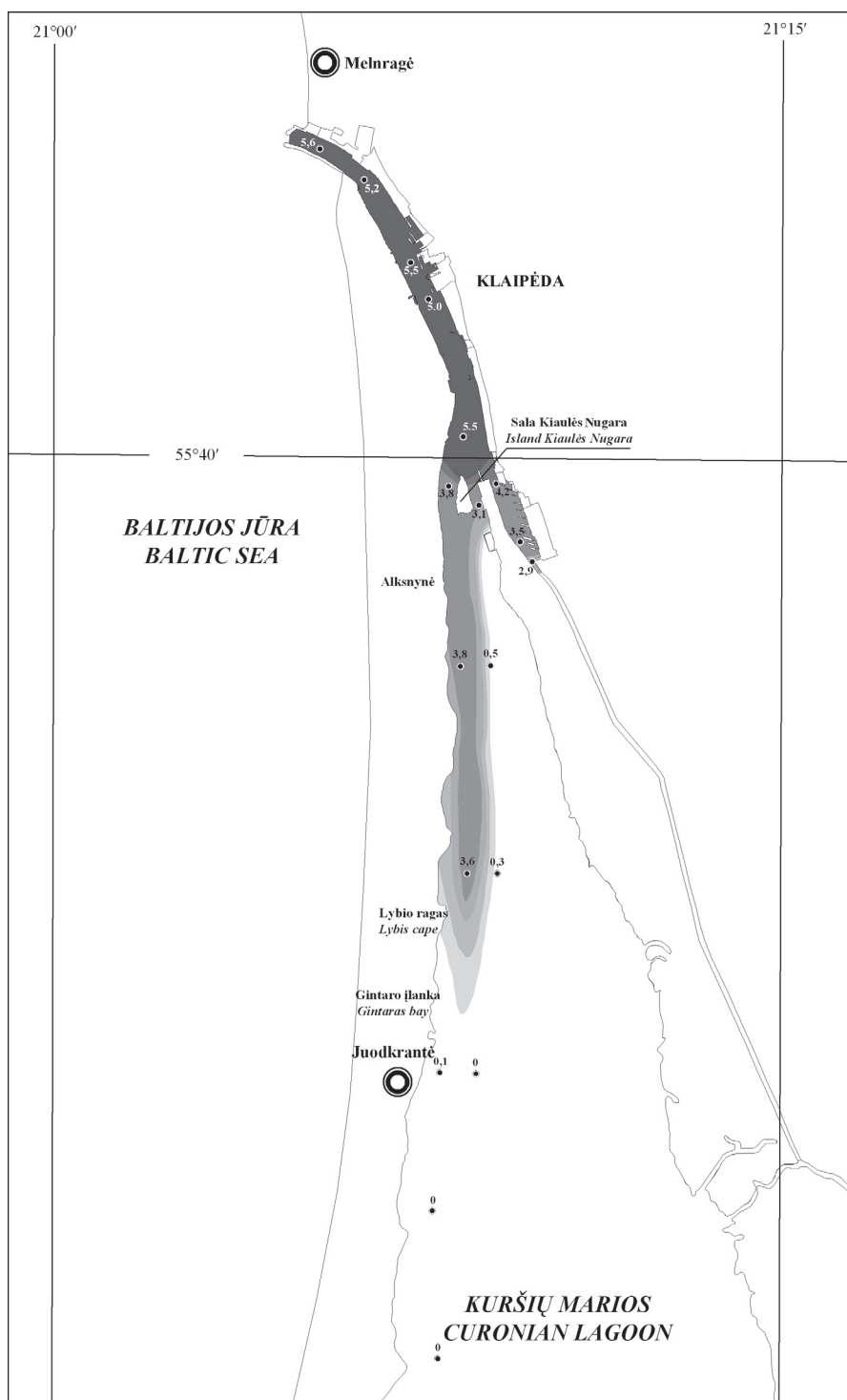


Druskingumas, ‰ / Salinity, ‰ :

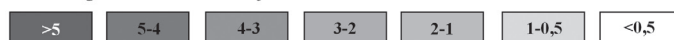


\*<sup>0,3</sup> - Druskingumas (‰) matavimo vietoje / Salinity (‰) in the measuring site

7 pav. Vidurkinis vandens stovymės druskingumas Kuršių marių šiaurinėje dalyje 2002 m. rugpjūčio 26–29 d.  
 Fig.7. The average salinity of water column in the northern part of Curonian lagoon on August 26–29, 2002



Druskingumas, ‰ / Salinity, ‰ :



•<sup>0,3</sup> - Druskingumas (‰) matavimo vietoje / Salinity (‰) in the measuring site

**8 pav.** Vidurkinis vandens storumės druskingumas Kuršių marių šiaurinėje dalyje 2006 m. liepos 11–12 d.  
**Fig.8.** The average salinity of water column in the northern part of Curonian lagoon on July 11-12, 2006

## Išvados

1. Nustatyta, kad gėlo ir druskingo vandens cirkuliacija Klaipėdos sąsiauriu yra sudėtingesnė, negu yra parodęs E. Červinskas 1959 metų leidinyje.

2. Nuolat gilinant Klaipėdos sąsiaurį, vandens druskingumo reikšmės ir cirkuliacijos pobūdis jame vis labiau priklauso nuo druskingo jūros vandens įsiveržimų, kuriuos jau reiktų traktuoti ne kaip atskirus atvejus, o kaip nuolat vykstantį procesą.

3. Iš Kuršių marių į Baltijos jūrą grįžtantis druskingas vanduo yra tapęs viena svarbiausių Klaipėdos sąsiauriu cirkuliuojančių skirtingos genezės vandens dalių.

4. Vandens tėkmės krypties ir greičio bei vandens druskingumo reikšmių analizės duomenimis, išskirti šie Klaipėdos sąsiauriui būdingi vandens cirkuliacijos tipai:

1) gėlas vanduo visu sąsiaurio skerspjūviu plūsta į jūrą (šio tipo cirkuliacija nustatoma vis rečiau ir tik pagausėjusio kontinentinio nuotėkio tarpsniais; ryškėja gėlo vandens apdruskėjimo tendencija);

2) druskingas vanduo visu sąsiaurio skerspjūviu plūsta į marias (labai retai pasireiškia visame sąsiauryje);

3) druskingas vanduo visu sąsiaurio skerspjūviu teka priešingomis kryptimis atskirose Klaipėdos sąsiaurio atkarpose (būdinga energingo druskingo vandens veržimosi į marias baigiamajai stadijai);

4) druskingas vanduo plūsta priešingomis kryptimis atskirais vandens sluoksniais (dažniausiai tokių sluoksnių būna du: plonesnis apatinis – į marias, storesnis viršutinis – į jūrą; smarkiai sulėtėjęs vandens tėkmėms, padidėja priešpriešinių srautų dalijimosi į daugiau sluoksnių galimybė);

5) druskingas vanduo visu sąsiaurio skerspjūviu plūsta į jūrą (būdinga jūros vandens grįžimo iš marių atvejams, kai jau nutrūksta šio vandens veržimasis į marias);

6) gėlas ar silpnai druskingas vanduo viršutiniu sluoksniu plūsta į jūrą, druskingas – apatiniu sluoksniu į marias (druskingas vanduo į marias skverbiasi plonu, palyginus su sąsiaurio gyliu, priedugnio sluoksniu);

7) link jūros visu sąsiaurio skerspjūviu teka vanduo, kuris viršutiniame sluoksnyje yra gėlas, apatiniame – druskingas (būdinga tiems atvejams, kai intensyvėjanti kontinentinė vandens prietaka baigia išstumti iš sąsiaurio anksčiau priplūdusio druskingo jūros vandens likučius);

8) visu sąsiaurio skerspjūviu vienu metu į marias plūsta viršuje gėlas, apačioje – druskingas vanduo (tokia cirkuliacija susidaro stipraus vakarų krypties vėjo poveikio pradinėje stadijoje, kol gėlo vandens vietą viršutiniame sluoksnyje užima druskingas jūros vanduo).

9) plonu priedugnio sluoksniu į marias skverbiasi didelio druskingumo vanduo, virš kurio storesniu sluoksniu kiek mažesnio druskingumo vanduo teka į jūrą, kaip ir paviršiniuose horizontuose esantis gėlas ar beveik gėlas vanduo (dažniausias Klaipėdos sąsiauryje vandens cirkuliacijos tipas; 6 pav.).

5. Ryški tėkmių sistema, kai vanduo skirtingomis kryptimis teka kaire ir dešine Klaipėdos sąsiaurio pusėmis (Червинскас, 1959), nenustatyta. Aptikta tokios cirkuliacijos požymių.

6. Druskingam vandeniui grįžus Klaipėdos sąsiauriu į jūrą, jo likučiai dar kurį laiką užsilaiko dugno įdubose ir pusiau uždaroje uosto įlankose.

7. Visais priešpriešinių vandens tėkmių atvejais tėkmės į Kuršių marias greitis yra mažesnis negu tėkmės iš marių. Iš jūros besiskverbiantčio vandens tėkmė link marių nuolat lėtėja.

8. Į Kuršių marias Klaipėdos sąsiauriu atitekančio druskingo vandens horizontaliosios sklaidos mastas auga kartu su vertikaliąja druskingo vandens sklaida priedugnio–paviršius kryptimi. Druskingam jūros vandeniui skverbiantis į marias priedugniu, jo paplitimo arealą riboja dugno įdubų šlaitai.

## Literatūra

- Dailidienė I.** 2005. Kuršių marių vandens druskingumo pokyčiai. *Meteorologija ir hidrologija Lietuvoje: raida ir perspektyvos*. Vilniaus universiteto leidykla, p. 80-81.
- Dailidienė I.** 2007. Hydroclimatic Changes in the Southeastern Part of the Baltic Sea and Curonian Lagoon: Summary of Doctoral Dissertation. Vilnius, 43 p.
- Dubra J., Červinskas E.** 1968. Kuršių marių gėlo vandens balansas. Lietuvos TSR Aukšt. m-klų mokslo darbai. *Geografija ir geologija*, t. 5, p. 19–26.
- Dubra J.** 1970. Vandens lygio svyravimai Kuršių mariose. *Hidrometeorologiniai straipsniai*, t. 3, p. 99–106.
- Dubra J.** 1972. Sūrių vandenių išplitimas Kuršių mariose. *Hidrometeorologiniai straipsniai*, t.5, p. 46–56.
- Dubra J., Dubra V.** 1998. Jūrinių vandenių patvankos Klaipėdos sąsiauriu. *Kuršių marių ir Baltijos jūros aplinkos būklė*. Klaipėda, p. 39–48.
- Gailiusis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R.** 2004. Klaipėdos uosto įplaukos kanalo tėkmės hidrodinaminio režimo pokyčiai dėl molų pertvarkymo. *Energetika*, t. 1, p. 57–61.
- Gailiusis B., Kovalenkoviienė M., Kriaučiūnienė.** 2005. Hidrologiniai ir hidrauliniai tyrimai Kuršių marių akvatorijoje tarp Kiaulės nugaros ir Alksnynės. *Energetika*, t. 4, p. 34–41.
- Prochorova I.** 1998. Kai kurie vandens temperatūros ir chloringumo svyravimų ypatumai Kuršių mariose 1992–1996 metais (pagal sezonines nuotraukas). *Kuršių marių ir Baltijos jūros aplinkos būklė*. Klaipėda, p. 30–38.
- Schmidt-Ries H.** 1940. Untersuchungen zur Kenntnis des Pelagials eines Strandgewasser (Kurisches Haff). *Zeitschrift für Fischerei*, Bd 37(2), p. 183–322.
- Stankevičius A.** 1998. Kuršių marių ir Baltijos jūros monitoringas. *Kuršių marių ir Baltijos jūros aplinkos būklė*. Klaipėda, p. 5–14.
- Vaitkevičienė O., Vaitkevičius K.** 1978. Hydrocheminis režimas. *Kuršių marios*, Vilnius, d. II, p. 81–111.
- Willer A.** 1931. Vergleichende Untersuchungen an den Strandgewasser. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, Bd 5(1), p. 197–231.
- Willer A.** (1933). Das Kurische haff als Grenzgewasser. *Schriften der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg*, Bd 38(1), p. 17–40.
- Червинская Э.** 1959. Основные черты гидрологического режима. *Kuršių marios*. Vilnius, p. 47–68.
- Юревичюс Р.** 1959. Гидрохимическая характеристика залива Куршою Марес. *Kuršių marios*. Vilnius, p. 69–107.

## **Specific Fresh and Saline Water Circulation Patterns in the Klaipėda Strait and Northern Part of Curonian Lagoon**

### **Summary**

Since 1959, the concept of fresh and saline water circulation in the Klaipėda Strait, linking the Baltic Sea and Curonian lagoon, almost has not changed though the parameters of the strait itself and circulation conditions in it have changed in the essence. The new data collected by the authors in the Klaipėda Strait and Curonian lagoon motivated a new approach towards the water circulation patterns. The aim of the present article is to reveal and elaborate the specific circulation patterns of different salinity water in the Klaipėda Strait and northern part of Curonian lagoon based on available new empirical data.

The Klaipėda Strait was investigated during 37 expeditions (2001–2002 and 2005–2006) to the Klaipėda Strait and four expeditions (2001–2002 and 2006) to the Curonian lagoon. The water column was explored using the Recording Current Meter RCM 9 with optional sensor for conductivity manufactured by AANDERAA INSTRUMENTS (Norway). The water conductivity values were converted to salinity values using the software manufactured by the mentioned company.

It was determined that fresh–saline water circulation patterns in the Klaipėda Strait are more sophisticated than formerly assumed by E. Červinskas (1959). Due to constant deepening of the strait, the water salinity values and circulation patterns in it become ever more dependent on the saline marine water inflows which must be treated not as discrete cases but as a continuous process. The saline water returning from the Curonian lagoon into the Baltic Sea has become one of the main constituents of the spectrum of different genesis waters circulating in the strait.

Analysis of stream velocity and direction and water salinity values allowed distinguishing the following types of water circulation patterns in the Klaipėda Strait:

1) The fresh water flows into the sea through the whole cross-section of the strait (this type of circulation occurs ever more rarely and only at times of increased continental runoff; there is a tendency of fresh water salinization);

2) The saline water flows into the lagoon through the whole cross-section of the strait (very rarely occurs in the strait);

3) The saline water flows in opposite directions through the whole cross-section in some segments of the strait (it is characteristic of the final stage of intensive saline water inflow into the lagoon);

4) The saline water flows in opposite direction in certain water layers (in most cases there are two such layers: the thinner lower one flows into the lagoon and the thicker upper one into the sea; the marked slowing down of the streams create preconditions for breaking of the opposite streams into a greater number of layers);

5) The saline water flows into the sea through the whole cross-section of the strait (this pattern is characteristic of the marine water return from the lagoon, i.e. when saline water does not penetrate into the lagoon);

6) The fresh or weakly saline water flows into the sea through the upper layer and the saline water flows into the lagoon through the lower layer (the saline water penetrates into the lagoon through a thin near-bottom layer);

7) The water flow consisting of fresh water in the upper part and saline water in the lower part is directed towards the sea through the whole cross-section of the strait (characteristic of the cases when the intensifying flow of continental water is in the final stage of pushing out of the remains of saline marine water from the strait);

8) The flow composed of the upper layer of fresh water and the lower layer of saline water heads towards the lagoon through the whole cross-section of the strait (this type of circulation occurs under the impact of strong western wind in its initial stage until the fresh water in the upper layer is replaced by saline marine water);

9) The high salinity water penetrates into the lagoon through a thin near-bottom layer underlying a thicker layer of lower salinity water directed towards the sea in the same pattern as the fresh or almost water filling the upper horizons (the most frequently occurring type of water circulation pattern in the Klaipėda Strait; Fig. 5).

It was determined that after returning of the saline marine water into the sea its remains for some time stay in the depressions of the Klaipėda Strait bottom and semi-closed port bays. In all cases of opposite water movement, the velocity of water stream into the lagoon is lower than the velocity of the stream from the lagoon. The velocity of marine water flow into the lagoon permanently reduces. The subsidence depth of saline water layer headed to the Curonian lagoon increases whereas its spatial distribution towards the eastern shoals reduces with the increasing salinity value of this water layer.