

Latvijas Universitāte
Bioloģijas fakultāte

**Latvijas dziļo ezeru pelagiāla zooplanktona
faunistiskās un laiktelpiskās struktūras raksturojums**

Promocijas darbs
bioloģijas doktora zinātniskā grāda iegūšanai
hidrobioloģijas apakšnozarē

Darba autors: Inta Dimante-Deimantoviča

Darba vadītājs: Dr. biol., prof. Artūrs Škute

Rīga 2012



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Šis darbs izstrādāts ar Daugavpils Universitātes, Latvijas Universitātes un Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektos

„Starpdisciplināras zinātniskās grupas izveidošana Latvijas lašveidīgo zivju ezeru ilgtspējības nodrošināšanai” 2009/0214/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/089 laika periodā no 2010. g. līdz 2012. g.

„Doktorantu un jauno zinātnieku pētniecības darba atbalsts Latvijas Universitātē” 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0001/0063 laika periodā no 2006. g. līdz 2008. g.

Kopsavilkums

Darba mērķis ir apzināt Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu sugu daudzveidību un Latvijas dziļo ezeru pelagiāla zooplanktona vertikālo dinamiku atkarībā no diennakts laika, sezonas un dažādiem ietekmējošiem abiotiskiem un biotiskiem faktoriem.

Pētījums veikts laika posmā no 2007. līdz 2012. gadam, tā ietvaros analizēta literatūra un nepublicēti materiāli par Latvijas saldūdens brīvi dzīvojošo airkājvēžu faunu, kā arī apsekoti seši Latgales dziļūdens ezeri, no kuriem ievākti zooplanktona paraugi gan sezonas laikā, gan arī veikti diennakts vertikālās zooplanktona struktūras novērojumi un noteikti dažādi ūdens fizikālie un ķīmiskie parametri.

Disertācijas izstrādes laikā iegūtie un publicētie dati ne tikai sniedz informāciju par Latvijas airkājvēžu faunas daudzveidību, bet arī pilnveido esošās zināšanas par sugu izplatības areālu un sastopamību Eiropā. Darbs papildina līdz šim esošo informāciju par Latgales dziļo ezeru hidroķīmiju un hidrobioloģiju, sniedz datus par veiktajiem fizikālo parametru mērījumiem. Diennakts vertikālo izmaiņu pētījumi raksturo dažādu sugu populāciju lomu ūdenstilpes ekosistēmas trofiskajā tīklā.

Pēc apkopotajiem materiāliem tika secināts, ka Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkāju fauna ir pārstāvēta ar 60 sugām un divām pasugām. Zooplanktona populāciju struktūrā var tikt novērota izteikta sezonālā un vertikālā segregācija starp dažādām zooplanktona sugām un indivīdu grupām. Zooplanktona vertikālo struktūru pavasarī jūtami ietekmē temperatūras gradients. Ūdenim noslāņojoties, vasaras un rudens mēnešos, pieaug citu zooplanktona struktūru ietekmējošo abiotisko un biotisko gradientu nozīme. Attiecībā uz skābekļa daudzuma samazināšanos, pastāv iespēja, ka zooplanktona īpatņi tam laika gaitā ir adaptējušies. Dažos ezeros pēdējo 50 gadu laikā notikušās izmaiņas sugu sastāvā un skābekļa apstākļos liecina par ezeru trofijas pakāpes izmaiņām eitrofikācijas virzienā. Diennakts vertikālo migrāciju pētījumos zooplanktonam kopumā tika novērots skaidri izteikts dalījums nevis pēc diennakts laika, bet gan pēc ezera dziļuma. Individuālu zooplanktona sugu diennakts vertikālās migrācijas var atšķirties vienai un tai pašai sugai ne tikai dažādās ūdenstilpēs, bet arī dažādās sezonās.

Abstract

The aim of the study is to explore the diversity of the Latvian free-living freshwater copepod fauna and describe patterns of the vertical dynamics of zooplankton population, species' interactions in relation to season, diel variation and influence of different abiotic and biotic factors in deep lakes in Latvia.

The study was carried out from 2007 to 2012. Within this study literature and the unpublished data on free-living freshwater copepods of Latvia was analysed, as well as six deep lakes in Latgale – the eastern part of Latvia – were surveyed and zooplankton samples were collected both during season and day-and-night period. Several physical and chemical parameters of the water were measured.

Data obtained and published during this thesis study provide information not only about diversity of free-living Copepoda species in the Latvian fresh waters, but also supplement knowledge on species' distribution area and occurrence in Europe. This study provides additional information to existing knowledge about hydrochemistry and hydrobiology, as well as about the physical parameters of deep lakes in Latgale. Diel vertical migration survey characterizes the role of various species groups' populations in the trophic network of ecosystem of the lakes.

According to the collected data, in total 60 species and two subspecies of free-living copepods are reported from inland waters of Latvia. There can be observed a pronounced seasonal and vertical segregation between different zooplankton species and groups of individuals. The vertical structure of zooplankton is strongly affected by temperature gradient during the spring time. The importance of other abiotic and biotic gradients affecting zooplankton structure increases when stratification appears during the months in summer and autumn. As for oxygen limitation, it is most likely that zooplankton specimens have adapted to low oxygen concentration over the time.

Decrease in oxygen concentration and slight changes of species composition during the last 50 years in some of the investigated lakes suggest succession towards eutrophication.

Diel vertical migration survey indicated a clear division of zooplankton individuals rather by depth than day-and-night period. Diel vertical migration behaviour of individual zooplankton species can be varied within a single species not only in different water bodies, but also in different seasons.

Saturs

1.	Ievads	7
2.	Literatūras apskats	9
2.1.	Ezeru planktons	9
2.2.	Ezeru zooplanktona iedalījums	9
2.3.	Ezeru zooplanktona nozīme	10
2.4.	Ezeru zooplanktona faunas pētījumi Latvijā	12
2.5.	Dziļie ezeri un zooplanktona pētniecība Latvijā	14
2.6.	Dziļo ezeru zooplanktona populācijas struktūra, sezonālitate un to ietekmējošie faktori	20
2.6.1.	Dziļo ezeru zooplanktona populācijas struktūra un sezonālitate	20
2.6.2.	Dziļo ezeru zooplanktona populāciju ietekmējošie faktori	22
2.6.3.	Zooplanktona vertikālās migrācijas klasiskā izpratnē un skaidrojumos	26
2.6.4.	Aktuālākās atziņas par zooplanktona vertikālajām migrācijām	31
3.	Materiāls un metodes	32
3.1.	Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) sugu pārskats	32
3.2.	Dziļo ezeru ekoloģisko vidi raksturojošie abiotiskie faktori un pelagiāla zooplanktona vertikālā struktūra	33
3.2.1.	Paraugu ievākšanas plāns, paraugu ievākšana un saglabāšana	33
3.2.2.	Pētījumā apsekoto ezeru īss raksturojums	36
3.2.2.1.	Ilzas-Geraņimova ezers	36
3.2.2.2.	Riča ezers	37
3.2.2.3.	Dridža ezers	38
3.2.2.4.	Sventes ezers	40
3.2.2.5.	Brīgenes ezers	41
3.2.2.6.	Garais ezers	42
3.2.3.	Zooplanktona paraugu noteikšana	43
3.2.4.	Datu analizēšana	43
4.	Rezultāti	44
4.1.	Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) fauna – pārskats	44
4.2.	<i>Cyclops bohater</i> Kozminski, 1933 – jauna suga Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu faunā	46

4.3.	Dziļo ezeru ekoloģija un pelagiāla zooplanktona vertikālā struktūra	47
4.3.1.	Vidi raksturojošie abiotiskie faktori	47
4.3.1.1.	2007. gadā apsekotie ezeri – Dridzis, Ilzas-Geraņimova, Riča, Sventes, Garais ezers	47
4.3.1.2.	2008. gadā apsekotie ezeri – Sventes un Briģenes ezers	49
4.3.2.	Biotiskie faktori – zooplanktons, tā daudzums, sugu daudzveidība un vertikālais sadalījums	51
4.3.2.1.	2007. gadā apsekotie ezeri – Dridzis, Ilzas-Geraņimova, Riča, Sventes, Garais ezers	51
4.3.2.2.	2008. gadā apsekotie ezeri – Sventes un Briģenes ezers	57
4.3.3.	Datu analīze pēc RDA un DCA metodēm	63
4.3.3.1.	2007. gadā apsekotie ezeri – Dridzis, Ilzas-Geraņimova, Riča, Sventes, Garais ezers	63
4.3.3.2.	2008. gadā apsekotie ezeri – Sventes un Briģenes ezers	66
4.4.	Zooplanktona diennakts vertikālā dinamika Sventes un Briģenes ezeros	67
4.5.	Kalanoīdu sugu vertikālās izplatības dinamika – pieņēmums par uzvedības noteiktu izvairīšanās stratēģiju no plēsējiem	73
5.	Diskusija	75
5.1.	Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) fauna un jauna suga Latvijas faunā - <i>Cyclops bohater</i> Kozminski, 1933	75
5.2.	Dziļo ezeru ekoloģija un zooplanktona vertikālās struktūras sezonālā dinamika	81
5.3.	Zooplanktona diennakts vertikālā dinamika	93
5.4.	Kalanoīdu sugu vertikālās izplatības dinamika – pieņēmums par uzvedības noteiktu izvairīšanās stratēģiju no plēsējiem	98
6.	Secinājumi	102
7.	Pateicības	104
8.	Literatūras saraksts	104

Pielikums

1. Ievads

Latvijā ezeri ir nozīmīgs ainavas elements, zināmi vairāk nekā 2200 dabīgie ezeri. Tā kā tie iekļaujas ekoloģiskajās attiecībās, ezeru attīstība laika gaitā norāda uz apkārtējās vides apstākļiem un mainību, klimata izmaiņām, cilvēka darbības ietekmi. Lielākā daļa Latvijas ezeru raksturojami kā sekli, tikai septiņi no Latvijā sastopamajiem ezeriem ir dziļāki par 40 m. Dridža ezers ir ne tikai Latvijā, bet arī Baltijas valstīs dziļākais ezers. Tomēr laika gaitā sedimentēšanās un eitroficēšanās dēļ dziļajiem ezeriem ir tendence kļūt seklākiem (Glazačeva, 2004).

Zooplanktons veido svarīgu posmu ezeru ekoloģiskajā sistēmā. Sezonas laikā zooplanktona sugu daudzveidībai un īpatņu daudzumam ir dinamisks raksturs, turklāt tas atšķiras dažādos biotopos viena ezera robežās. Dziļajos ezeros, kuriem raksturīga sezonālās noteikta stratifikācija, zooplanktona attīstības dinamiku raksturo tā populāciju vertikālā struktūra. Zooplanktona organismu uzvedība ir mainīga. Tā ir virzīta uz to, lai populācijas augšanai, attīstībai, barošanās un vairošanās realizēšanai nepieciešamie apstākļi tiktu sinhronizēti ar reāli pieejamajiem resursiem un dažādiem ietekmējošiem abiotiskiem un biotiskiem (gaisma, temperatūra, skābeklis, barības resursi, plēsēju ietekme) faktoriem. Mainoties ietekmējošo faktoru rādītājiem sezonas laikā, mainās arī vertikālās struktūras modelis gan populāciju, gan indivīdu līmenī. Dziļie ezeri Latvijā pārsvarā ir aizsargājami biotopi ar lielu ekoloģisku un saimniecisku nozīmi - prioritārie lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņi. Tāpēc zooplanktona kā nozīmīga zivju barības bāzes elementa izpēte ir būtiska.

Zooplanktona dzīves vidi raksturojošie faktori un arī zooplanktona sugu sastāvs mainās tādu stresa faktoru, kā eitroficēšanās un paskābināšanās gadījumos. Sugu sastāva izmaiņu analīze ļauj novērtēt stresa faktoru ietekmes uz vidi būtiskumu.

Latvijā ezeru zooplanktona pētījumos salīdzinoši retāk tiek pievērsta uzmanība dziļo ūdens slāņu zooplanktona analīzei un pētīšanai. To vertikālā dinamika sezonālā un diennakts aspektā ir maz apskatīta. Faunistikas pētījumi ir samērā labi izvērsti virpotājiem un zarūsaiņiem, bet tādai zooplanktona funkcionālajai grupai kā saldūdenī brīvi dzīvojoši airkājvēži sugu daudzveidība nav apzināta, un pēdējie ar to saistītie pētījumi un sugu apskati meklējami vairāku gadu desmitu tālā pagātnē. Elektroniskajā datubāzē par Eiropā sastopamajām dzīvnieku sugām „Fauna Europae” (Boxshall, 2004) nav ziņu vismaz par 27 Latvijā konstatētām airkājvēžu sugām. Dažas sugas konstatētas tikai vienu reizi, un ziņas par to piederību Latvijas saldūdens faunai atrodamas tikai diplomdarbu tēzēs un disertācijās,

kuru rezultāti nav tālāk publicēti. Atsevišķi materiāli nav nekādā veidā bibliogrāfiski pieejami vispār, vai arī to lasītāju loks ir ierobežots. Līdz ar to šāda materiāla apkopošana un publicēšana papildina zināšanas par sugu izplatību un sastopamību ne tikai Latvijā, bet arī Eiropā kopumā.

Darba **mērķis** ir apzināt Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu sugu daudzveidību un Latvijas dziļo ezeru pelagiāla zooplanktona vertikālo dinamiku atkarībā no diennakts laika, sezonas un dažādiem ietekmējošiem abiotiskiem un biotiskiem faktoriem.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti sekojoši **uzdevumi**:

1. Apkopot pieejamos publicētos un npublicētos materiālus par Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošajiem airkājvēžiem.
2. Izveidot Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu pārskatu saskaņā ar mūsdienu sistemātikas un taksonomijas principiem.
3. Analizēt zooplanktona vertikālo struktūru sešos dziļajos ezeros Latvijā, gan sezonālītātes, gan diennakts aspektā.
4. Izvērtēt dažādu vides faktoru ietekmi uz zooplanktona vertikālo struktūru un tās dinamiku un, salīdzināt ar attiecīgajiem vēsturiskajiem datiem, kad tas ir iespējams.
5. Novērtēt atsevišķu plēsīgu zooplanktona sugu klātbūtnes ietekmi uz citu zooplanktona sugu vertikālo izplatību.

Aizstāvēšanai tika izvirzītas sekojošas **tēzes**:

1. Analizējot un apkopojot dažādus materiālus par Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošām airkājvēžu (Copepoda) sugām, pastāv iespējamība papildināt esošo informāciju par konstatētajām sugām un to skaitu.
2. Zooplanktona vertikālajai izplatībai dziļajos Latvijas ezeros ir sezonāls raksturs - primārais ietekmējošais faktors ir temperatūra.
3. Latvijas dziļo ezeru zooplanktonam raksturīgas diennakts vertikālās migrācijas, tomēr sezonas laikā tās var būt mainīgas.
4. Plēsīgu zooplanktona sugu klātbūtne var ietekmēt citu zooplanktona sugu vertikālo sastopamību.

2. Literatūras apskats

2.1. Ezeru planktons

Planktonu veido ūdenī brīvi dzīvojošu, pasīvi peldošu organismu kopums. Tā kā planktona saistība ar ūdenstilpes gultni ir neliela (tas pasīvi pakļaujas ūdens viļņojumam), tad planktona organismu tipiskā dzīves vieta ir atvērtā ūdens zona jeb pelagiāle, kur zooplanktona organismi koncentrējās lielos daudzumos arī ezera vidēji dziļos un dziļākajos slāņos. Tomēr daudzas planktona sugas sastopamas arī ūdenstilpju litorāles daļā (Tauriņš & Ozols, 1957; Kačalova & Laganovska, 1961; Cole, 1979; Cimdiņš, 2001).

Pastāv dažādi planktona iedalījuma veidi. Pēc funkcionālās darbības planktonu iedala bakterioplanktonā (baktēriju), ciliātu (vienšūņu) planktonā, fitoplanktonā (augu) un zooplanktonā (dzīvnieku). Pēc barošanās planktona organismus iedala augēdājos, visēdājos, plēsējos, detritēdājos (Cole, 1994). Pēc lieluma klasēm, planktonu iedala femtoplanktonā (vīrusi) 0,02 – 0,2 μm, pikoplanktonā (aļģes, baktērijas) 0,2 – 2 μm, nanoplanktonā 2 – 20 μm, mikrozooplanktonā 20 – 200 μm, mezoplanktonā 0,2 – 20 mm (Cimdiņš, 2001).

2.2. Ezeru zooplanktona iedalījums

Ezeru zooplanktonā parasti apskata trīs ekoloģiski svarīgās un taksonomiski plaši pārstāvētās grupas: Rotifera – virpotāji, Cladocera – kladoceras, zarūsaiņi jeb ūdensblusas, Copepoda – kopepodi jeb airkājvēži.

Rotifera (virpotāji) pieder pie veltņtārpu tipa. Tie ir mikroskopiski, morfoloģiski un ekoloģiski daudzveidīgi un plaši izplatīti dzīvnieki, daudzas sugas ir kosmopolītiskas (Кутикова & Старобогатов, 1977). Virpotāji sastopami dažādos biotopos, galvenokārt saldūdeņos, bet arī mitrās sūnās, notekās, pelķēs, jūrās (Tauriņš & Ozols, 1957). Virpotāju ķermeņa garums nepārsniedz 0,04 – 1,2 mm. Ķermenim raksturīgi trīs nodalījumi – galva, viduklis un kāja. Ķermeņa priekšgalā – virpotājaparāts, kam ir gan lokomotīvās, gan barības ievadīšanas mutē funkcijas. Vidukli pilnībā vai daļēji var ietvert hitīnveida vielas čaula - vairogs, kas var būt ļoti dažāds pēc formas, struktūras un zīmējuma, un atšķir dažādu sugu īpatņus (Кутикова & Старобогатов, 1977). Virpotāju ķermenis un vairogs var būt ar dažāda veida izaugumiem saru, lapiņu, dzelkšņu veidā. Dažām sugām raksturīga sezonālā mainība - ciklomorfoze (Tauriņš & Ozols, 1957). Virpotāji ir filtrētāji, barojas ar fitoplanktonu un baktērijām, tāpat patērē arī detritu, ir sastopamas plēsīgas sugas. Tie pārvietojas peldot, rāpojot, bet ir arī sēdošas formas sugas un tādas sugas, kas veido kolonijas (Paidere & Škute,

2011). Virpotāji ir šķirtdzimuma dzīvnieki ar izteiktu dzimuma dimorfismu, tēviņi ir mazāki par mātītēm. Vasaras laikā virpotāji vairojas galvenokārt partenogēnētiski (Tauriņš & Ozols, 1957).

Cladocera (zarūsaiņi, lapkājvēžu Phyllozoa kārtas Diplostraca apakškārta) un **Copepoda** (airkājvēži, žoklkājvēžu Maxillozoa apakšklase) pieder pie vēžveidīgo (Crustacea) apakštipa. Zarūsaiņi ir šķirtdzimuma dzīvnieki ar izteiktu dzimuma dimorfismu, tēviņi ir mazāki par mātītēm (labvēlīgos apstākļos vairojas partenogēnētiski). Tie ir plaši izplatīti saldūdeņos un jūrās. Ļoti daudzveidīgi dzīvnieki pēc savas ārējās uzbūves. Zarūsaiņu ķermeņa garums ir 0,2 – 10 mm. Vairumam sugu ķermeni (galvu, krūtis un vēderu) ietver plāna, hitinizēta, no sāniem saplacināta divvāku čaula (plēsīgajiem zarūsaiņiem tā ir reducēta – nesedz visu ķermeni, bet atrodas tikai muguras daļā). Vairākām sugām (ģintis *Daphnia*, *Bosmina*) vasaras laikā raksturīga ciklomorfoze (Мануйлова, 1964; Sloka, 1995a, 1981). Zarūsaiņi barojas filtrējot, ar krūšu kāju palīdzību tās atfiltrē fitoplanktonu un detrita daļiņas, baktērijas, kā arī ir plēsīgās sugas (Мануйлова, 1964). Dzīvnieki pārvietojas lēcienveidīgi vai peldot.

Airkājvēži ir ārkārtīgi daudzveidīgi pēc ārējās uzbūves un izmēra (0,3 – 30 mm), īpaši parazitiskās formas (Dussart & Defaye, 1995; Boxshall & Halsey 2004). Tie ir sastopami gan dažāda veida saldūdeņu biotopos, gan jūrās. Brīvi dzīvojošās sugas var būt sastopamas gan bentosā, gan planktonā, gan piekrastē starp augiem, mitros biotopos smiltīs u.tml. (Tauriņš & Ozols, 1957). Brīvi dzīvojošo airkājvēžu ķermenis, kājas un divi taustekļi pāri ir posmoti. Taustekļiem ir stabilizatora, lokomotorās, piestiprināšanās un vairošanās funkcijas, krūšu kājas nodrošina peldēšanu. Šķirtdzimuma dzīvnieki, pēc apaugļošanās veido olas, no kurām izšķiļas naupliji (kāpuri), tam seko vairākas attīstības stadijas ciklopoīdu formā kamēr tiek sasniegta pieaugušu īpatņu stadija (Tauriņš & Ozols, 1957). Harpaktikoīdiem ir zināmi partenogēnēzes vairošanās gadījumi. Barojas filtrējot, ir gan augēdāji, gan plēsēji, parazīti, detritēdāji un omnivori, pastāv kanibālisms un koprofāģija (Dussart & Defaye, 1995). Latvijā salīdzinoši maz pētīti. Saldūdeņos parasti ir sastopamas kalanoīdu (Calanoida), ciklopoīdu (Cyclopoida) un harpaktikoīdu (Harpacticoida) kārtu brīvi dzīvojošo kopepodu sugas.

2.3. Ezeru zooplanktona nozīme

Zooplanktonam ir ārkārtīgi liela ekoloģiskā un praktiskā nozīme, īpaši ekoloģiskajās barošanās attiecībās kā starpposmam, enerģijas pārnēsējam starp fitoplanktonu un zivīm.

Zooplanktons barojas ar baktērijām un aļģēm, kas zivīm ir grūtāk pieejamas, tādā veidā pārveidojot šos organismus labāk pieejamā barībā. Vislielākā barības vērtība ir vēžveidīgajiem, jo virpotāji ir izmēros salīdzinoši nelieli organismi. No zooplanktona dzīvniekiem galvenokārt pārtiek visu zivju mazuļi, kā arī dažas zivis (repši *Coregonus albula*, salakas *Osmerus eperlanus*, viķes *Alburnus alburnus*) turpina baroties ar zooplanktonu visas dzīves garumā (Tauriņš & Ozols, 1957). Zooplanktona sugu īpatņi tiek audzēti zivsaimnieciski vērtīgu zivju barošanai (Sloka, 1995a). Ar zooplanktona dzīvniekiem barojas arī citas ūdens dzīvnieku sugas, ne tikai zivis (Sloka, 1994b).

Daudzas zooplanktona sugas, filtrējot barību, mazina ūdenstilpes eitrofikācijas draudus, jo kontrolē dažādu aļģu, baktēriju daudzumu, piedalās ūdens bioloģiskās pašattīrīšanās procesā. Vēl zooplanktona organismus var izmantot par bioindikatoriem ūdens kvalitātes izvērtēšanā, tīrības pakāpes raksturošanai, toksicitātes noteikšanai, eksperimentāliem nolūkiem pētniecībā ekoloģijas un ģenētikas jomā, mikrokosmiem laboratorijās, mezokosmiem ezeros. Zooplanktona organismus ir ērti izmantot dažāda veida eksperimentālos pētījumos, jo tiem raksturīgs ne tikai mazs izmērs, bet arī īss ģenerācijas laiks un liels jauno īpatņu blīvums. Partenogēnētiskās vairošanās stratēģijas rezultātā var iegūt klonus. Zooplanktona dzīvniekiem tipiska ir relatīvi homogēna dzīvesvieta, kultūra ir viegli iegūstama, atjaunojama, un tai ir novērota izteikta atbildes reakcija (Tauriņš & Ozols, 1957; Dussart & Defaye, 1995; Sloka, 1998; Rothhaupt, 2000).

Zooplanktona dzīvnieku sugas var izmantot kā indikatorsugas attiecībā uz trofijas un pH gradientiem ezeros (Karabin, 1985; Berzins & Bertilsson, 1989; Lyche, 1990; Walseng & Schartau, 2001). Tā kā zarūsaiņu hitīna čaulas labi saglabājas ezeru sedimentos (Dodson & Frey, 2001), tās izmanto paleolimnoloģiskajiem pētījumiem, lai rekonstruētu informāciju par izmaiņām ezeros ilgākā laika posmā. Tādā veidā iespējams atspoguļot izmaiņas attiecībā uz klimatu, eitrofikāciju, paskābināšanos, introducētu sugu ietekmi u.tml (Nilssen & Sandoy, 1990; Suchy & Hann, 2007; Korponai et al., 2011; Milecka et al., 2011).

2010. gadā (Colbourne et al., 2011) tika veiksmīgi sekvenēts *Daphnia (Daphnia) pulex* genoms (tikai 200 megabāzes garš un satur vismaz 30.907 gēnus). Lielais gēnu skaits ir aktīvās gēnu duplikācijas rezultāts, izveidojoties gēnu klasteru tandēmiem.). Trešdaļai dafnijas gēnu nav atrasti homologi nevienā no pieejamajām proteomām, un visvairāk amplificētās gēnu saimes ir specifiskas tikai *Daphnia* ģintij. Dafnijas genoma pētījumi sniedz jaunas iespējas veikt atklājumus par dažādu vides apstākļu ietekmi uz sugu.

Airkājvēžus var izmantot bioloģiskajā kontrolē (Dussart & Defaye, 1995), piemēram, reģionos, kuros izplatīta malārija, noteiktas airkājvēžu sugas (ģinšu *Macrocyclops*, *Megacyclops* un *Mesocyclops* sugas) tiek izmantotas malārijas izplatības kontrolē - malārijas odu apkarošanā, jo airkājvēži barojas ar šo odu kāpuriem (Marten & Reid, 2007).

Tāpat arī vairākas airkājvēžu sugas ir starpsaimnieki parazitiskajiem tārpiem (piemēram, platajam lentenim *Diphyllbothrium latum*) (Dussart & Defaye, 1995). Citas airkājvēžu sugas ir zivju ārējie parazīti, piemēram, *Eragasilus sieboldi* un *E. gibbus* (Sloka, 1994a). Šī iemesla dēļ airkājvēžu ekoloģijas un bioloģijas pētniecībai attiecīgajos reģionos tiek pievērsta liela uzmanība.

2.4. Ezeru zooplanktona faunas pētījumi Latvijā

Zooplanktona faunistikas pētījumi gan dziļajos ezeros, gan Latvijas saldūdens biotopos kopumā ir maz izvērsti, un informācija par zooplanktona faunas daudzveidību ir nepilnīga. Īpaši tas atzīmējams par vienu no grupām, kas veido zooplanktonu, – airkājvēžiem, par kuru faunas izpēti Latvijas saldūdeņos vismaz pēdējos desmit gadus gandrīz nekas nav publicēts.

Latvijā **Rotifera** (virpotāju) faunu pētījuši P. Cimdiņš, N. Sloka, B. Bērziņš u.c. (Sloka, 1998). Pētījumi atkal kļuvuši aktuāli pēdējos gados, īpašu uzmanību virpotāju faunas izpētei pievērsuši pētnieki no Daugavpils Universitātes Ekoloģijas institūta - R. Škute un J. Paidere.

E. Tauriņš & E. Ozols (1957) Latvijas PSR dzīvnieku noteicējā norāda, ka Latvijā konstatētas 196 sugas (dažādos biotopos, tai skaitā arī jūrā). No šīm sugām astoņas ir zinātnei jaunas, un tās aprakstījis Latvijas virpotāju pētnieks B. Bērziņš. Pašlaik ir zināms, ka lielākā daļa no B. Bērziņa sugām ir jau aprakstītu sugu sinonīmi. No jaunajām, B. Bērziņa aprakstītajām, 1957. gada dzīvnieku noteicējā minētajām sugām (Tauriņš & Ozols, 1957) mūsdienās par atsevišķu sugu tiek uzskatīta *Lepadella (Lepadella) princisi* Bērziņš 1943 (Paidere & Škute, 2011).

Latvijas virpotāju faunas katalogā (Sloka, 1975, 1976) apkopoti dati par 130 virpotāju Ploima kārtas sugām un 35 pasugām. N. Sloka (1998) norāda, ka Latvijā zināmas aptuveni 400 virpotāju sugas. Savukārt lielu ieguldījumu virpotāju faunas izpētē Latvijā sniedza J. Paideres un R. Škutes (2011) darbs par virpotājiem, kurā minētas 279 Latvijā konstatētās sugas (104 no tām ir aprakstītas pēc to morfoloģiskajām un ekoloģiskajām pazīmēm). Šajā izdevumā nav iekļautas apakšklases Bdelloidea sugas (Paidere & Škute, 2011). Visbiežāk

sastopamā virpotāju suga Latvijā ir *Keratella cochlearis*. Citas tipiskas, ļoti plaši izplatītas virpotāju sugas Latvijas ezeru zooplanktonā ir *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Filinia longiseta*, *Kellicottia longispina*, *Lecane luna*, *Trichocerca capucina*. Starp ūdensaugiem bieži ir sastopama suga *Euchlanis dilatata* (Sloka 1998, Paidere & Škute, 2011).

Par **Cladocera** (zarūsaiņu) saldūdens faunu viens no pirmajiem publicētajiem sugu pārskatiem ir P. Kupča pētījums par Rīgas apkārtnes ezeru zarūsaiņiem (Kuptsch, 1927). Tajā uzskaitītas 88 zarūsaiņu sugas, dažas attiecināmas uz iesāļiem ūdeņiem, bet citu sistemātiskā piederība pēc mūsdienu sistemātikas principiem ir diskutējama.

E. Tauriņš & E. Ozols (1957) norāda, ka kopā ar jūrā sastopamajām sugām Latvijā konstatētas 65 – 40 zarūsaiņu sugas. Pēc N. Slokas (1981) Latvijas zarūsaiņu noteicēja, Latvijā sastopamas 79 Cladocera sugas, savukārt vēl 20 ir iespējamās. Savukārt aprakstā par zarūsaiņiem 1995. gadā jau 83 sugas minētas kā Latvijā sastopamas (Sloka, 1995a). Zarūsaiņu noteicējs, kas izdots 1981. gadā, ir līdz šim vienīgais šāda veida noteicējs par zarūsaiņiem Latvijā, tam nepieciešams atkārtots, papildināts izdevums, ņemot vērā pēdējā laika pētījumus un atklājumus gan zarūsaiņu taksonomijā, gan zooģeogrāfijā un izplatībā. Sistemātiska un detalizēta litorāla zonas izpēte īpaši papildinātu esošo saldūdens zarūsaiņu faunu ar jaunām sugām Latvijā.

Latvijas saldūdens zarūsaiņu faunā plaši izplatītas ir Bosminidae, Daphniidae, Euryercidae, Sididae un Macrothricidae dzimtu sugas, no plēsīgajām zarūsaiņiem – Leptodoridae un Polyphemidae dzimtu sugas (Sloka, 1995a). Tipiskas, plaši izplatītas pelagiāla sugas – *Daphnia (Daphnia) cucullata*, *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Leptodora kindti*. Plaši izplatītas litorāla sugas Latvijas saldūdeņos - *Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*, *Polyphemus pediculus*, *Sida crystallina*, *Ceriodaphnia pulchella* (Kačalova & Laganovska, 1961; Līne, 1966; Sloka, 1981). Latvijā zarūsaiņus pētījuši P. Kupčs, G. Išreits, N. Sloka u.c. (Sloka, 1995a).

Copepoda (airkājvēži) ir Latvijā taksonomiski līdz šim vismazāk pētītā zooplanktona dzīvnieku grupa. Ja neņem vērā pētījumus līdz 70-tajiem gadiem, parasti airkājvēžu sadaļa netiek iztīrīta līdz sugu līmenim, bet gan aizstāta ar vienojošu augstāku taksonu Copepoda, vai arī īpatņi tiek analizēti pēc attīstības stadijām, nodalot nauplijus no kopepodītiem un pieaugušiem airkājvēžiem.

Vieni no pirmajiem un nozīmīgākajiem Latvijas saldūdens airkājvēžu faunistikas darbiem publicēti 1939. gadā un 1949. gadā. Pirmajā autors ir uzskaitījis 23 airkājvēžu sugas

(Froese, 1939)), bet otrajā B. Bērziņš norāda 11 airkājvēžu taksonus no dažādiem dienvidaustrumu Latvijas ezeriem (Berzins, 1949a).

Pēc Latvijas PSR dzīvnieku noteicēja (Tauriņš & Ozols, 1957) Latvijā ir sastopamas vairāk nekā 50 airkājvēžu sugas (no kalanoīdiem Calanoida – 19 sugas, no ciklopoīdiem Cyclopoida – 27 sugas), tai skaitā parazitiskās un jūrā dzīvojošās sugas. Kārtā Harpacticoida minēto sugu skaits ir tikai četras.

Savukārt pēc „Latvijas Enciklopēdijas” datiem Latvijā saldūdeņos ir sastopamas 27 ciklopoīdu Cyclopoida un deviņas kalanoīdu Calanoida kārtas sugas. Harpacticoida kārtas sugu skaits netiek precizēts, minētas trīs sugas, kas sastopamas Rīgas līcī (Sloka, 1994b, 1995b, c).

Disertācijas darba izstrādes laikā tika konstatēts, ka pēc pašreizējiem literatūras datiem un pētījumiem Latvijā saldūdeņos sastopamas 60 sugas un divas pasugas brīvi dzīvojošo airkājvēžu (sīkāk skatīt sadaļā *Rezultāti* un *Diskusija*, kā arī Deimantovica et al., 2011).

Biežāk sastopamās airkājvēžu ģintis un sugas Latvijas saldūdeņos ir *Eudiaptomus* sp., *Cyclops* sp., *Megacyclops viridis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Eucyclops* sp., *Macrocyclus* sp. un *Paracyclus fimbriatus* (Deimantovica et al., 2011).

2.5. Dziļie ezeri un zooplanktona pētniecība Latvijā

Latvijā sastopami salīdzinoši daudz dabiskas izcelsmes ezeri, kopskaitā 2256, kuri atšķiras ne tikai pēc izcelsmes, morfoloģija, attīstības stadijas, bet arī pēc lieluma, ģeoloģijas, barošanās režīma, ķīmiskajiem un fizikālajiem parametriem, bioloģiskajiem organismiem (Klavins et al., 2002). Kopā ūdenstilpes Latvijā aizņem aptuveni 1,5 % no teritorijas – Latgalē līdz pat 3 % (vairāk nekā 40 % ezeru atrodas Latgalē), Zemgalē 0,7 % (Glazačeva, 2004; Klavins et al., 2002). Latvijā pārsvarā ezeri ir sekli un eitrofi (70 % ezeru ir ar vidējo dziļumu 1-5 m, 14 % - ar dziļumu mazāk kā 0,9 m), tiem ir tendence aizaugt, eitroficēties. Nav daudz tādu ezeru, ko varētu nosacīti saukt par dziļajiem ezeriem, vidējais maksimālais ezeru dziļums ir 5,6 m. Tikai septiņi no visiem ezeriem Latvijā ir dziļāki par 40 m (Glazačeva, 2004; Klavins et al., 2002). Lielākā daļa dziļo Latvijas ezeru veidojušies subglaciālajās vagās (Garais ezers - 56 m, Ilzas-Geraņimova - 46 m, Ormijas - 43 m) (Спурис, 1951)). Latvijas dziļo ezeru vidējais dziļums sasniedz pat >10 m. Ezeru dziļākajām vietām ir tendence samazināties eitrofikācijas un sedimentācijas ietekmē (Glazačeva, 2004; Klavins et al., 2002).

Pēc dziļuma Latvijas ezerus var iedalīt sekojošās klasēs:

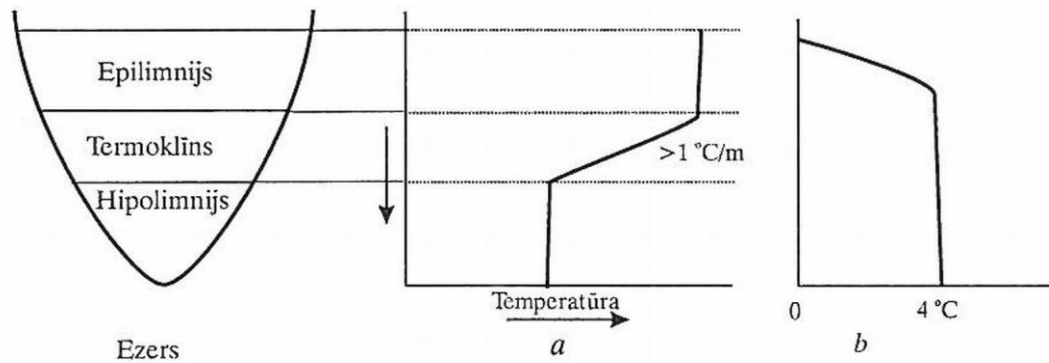
1. dziļie ezeri – vidējais dziļums > 9 m;
2. vidēji dziļie ezeri – vidējais dziļums 9 – 5 m;
3. vidēji sekļie ezeri – vidējais dziļums 5 – 2 m;
4. sekļie ezeri – vidējais dziļums < 2 m (Klavins et al., 2002).

Šajā disertācijas pētījumā iekļautie Latvijas ezeri pieder pie dziļo ezeru klases. Pēc termiskā režīma tie ir ezeri, kuriem raksturīgs ūdens slāņu temperatūras noturīgums. Šie ezeri ir dziļi, subglaciālas izcelsmes, ar augstiem, stāviem krastiem, bieži apauguši ar mežu un krūmājiem. Tie var būt dažādi pēc ūdens spoguļa laukuma, tomēr to ezerdobe ir izstiepta, gultnei raksturīgs sarežģīts reljefs. Aizaugums vērtējams kā neliels (pēc Glazačeva, 2004). No pētītajiem ezeriem īpaši šim raksturojumam atbilst Dridzis, Ilzas-Geraņimova un Svantes ezers. No ezera dziļuma ir atkarīgs arī ūdens apmaiņas režīms, dziļajiem ezeriem raksturīga ļoti lēna ūdens masu apmaiņa. Ezeru dziļums ietekmē arī tādus raksturojošos rādītājus kā ūdens temperatūra un ledus perioda ilgums. Piegrunts slānī ūdens temperatūra arī vasarās dziļajos ezeros ir zem 10⁰C, ledus perioda sākums variē atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem, parasti ledus veidojas decembrī, dziļajos ezeros ledus izveidojas nedaudz vēlāk nekā sekļajos (Glazačeva, 2004; Klavins et al., 2002).

Latvijas klimatiskajos apstākļos fizikālo faktoru ietekmē ezeriem, kuri ir dziļāki par 15-20 m, parasti raksturīga stratifikācija (Cimdiņš, 2001) – ezeru ūdens masu vertikālais dalījums trīs zonās – epilimnijā, metalimnijā (temperatūras lēcienslānis jeb termoklīns – salīdzinoši neliela apjoma dziļuma slānis, kurā strauji pazeminās temperatūra, salīdzinoši ar ūdens slāņiem, kas atrodas virs un zem lēcienslāņa) un hipolimnijā (Goldman & Horne, 1983) (2.5.-1. attēls). Šīs zonas atšķiras ne tikai pēc fizikāliem un ķīmiskiem faktoriem (temperatūras, skābekļa u.c.), bet arī bioloģiskiem – ezeru zooplanktonam ir novērota vertikālā noslāņošanās (Primicerio, 2000; Zadereev & Tolomejev, 2007).

Latvijā dziļie ezeri ir dimiktiskie ezeri - ūdens masu sajaukšanās notiek divas reizes gada laikā. Ja vēja ātrums pārsniedz 10 m/s notiek ezeru ūdens masu sajaukšanās vismaz 12 – 15 m dziļumā, savukārt pilnīga ūdens sajaukšanās notiek cirkulācijas periodos ūdens blīvuma izmaiņu rezultātā – pavasaros un rudenos (Cimdiņš, 2001).

Ļoti bieži dziļie ezeri tiek uzskatīti par oligotrofiem ezeriem – tādiem, kuriem raksturīgs zems pirmprodukcijas daudzums, maz organisko vielu, liela caurredzamība un laba skābekļa bilance. Lai arī literatūrā eksistē norādes par atsevišķu Latvijas dziļo ezeru atbilstību



2.5. -1. attēls. Shematisks ezeru ūdeņu termiskās stratifikācijas attēlojums: a) vasaras sezonā, b) ziemas sezonā (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

oligotrofu ezeru pazīmēm, piemēram, B. Bērziņš (1949a) par mēreni oligotrofiem klasificē Dridža un Dubena ezerus, tomēr vairums limnologu uzskata, ka klasiski oligotrofu ezeru Latvijā nav (Cimdiņš, 2001; Tauriņš & Ozols, 1957). Pēc vispārējas izpētes, indikatorsugām un ķīmisko, fizikālo parametru rādītājiem patreiz neviens no Latvijas ezeriem netiek uzskatīts par izteikti oligotrofu, vairums ir eitrofi ezeri – barības vielām bagāti ezeri, bet dziļie ezeri raksturojami kā mezotrofi (barības vielām vidēji bagāti ezeri) ar atsevišķām oligotrofijas pazīmēm (Cimdiņš, 2001; Tauriņš & Ozols, 1957). Dabīgā sukcesija, kad īsākā vai ilgākā laika posmā ezeri bagātinās ar barības vielām, raksturīga gandrīz visiem ezeriem, jo tie kā biotopi ir mainīgi ar tendenci pamazām aizaugt (Cimdiņš, 2001), tāpēc dziļo ezeru biotopi ir jo īpaši saudzējami, izvērtējot apkārtējās vides un antropogēnās aktivitātes ietekmi uz tiem. Lai arī ezeru klasifikācijas principi un atskaites kritēriji variē, dziļie ezeri Latvijā ne vienmēr nozīmē, ka tiem būs raksturīgas oligotrofu ezeru pazīmes, piemēram, Ilzas-Geraņimova ezers, jau 1940. gadā novērtēts kā mēreni eitroficēts ezers (Bērziņš, 1949a).

Vēl viena no dziļo ezeru pazīmēm ir salīdzinoši laba skābekļa vertikālā līkne un pietiekams skābekļa daudzums. Oligotrofiem ezeriem skābekļa vertikālais sadalījums ir aptuveni nemainīgs, arī sedimentu virsējais slānis var būt oksidēts. Dziļie ezeri spēj vairāk uzkrāt skābekli. Epilimnija produkcija ir neliela, neveidojas organisko vielu pārpalikumi, mazāks ir noārdāmo organisko vielu daudzums dziļākajos slāņos. Nogulsnes veido nešķīstošas minerālvielas (piemēram, kramalģu silīciju saturošas čaulas) (Cimdiņš, 2001). Vēl oligotrofiem ezeriem ir raksturīgs slāpekļis un fosfors kā limitējošais faktors organiskajai produkcijai. Ja dziļajiem ezeriem raksturīgas tādas oligotrofo ezeru pazīmes kā mazais ūdens organismu skaits un skābekļa augstā koncentrācija, tad viens no iznākumiem ir arī fosfora

izslēgšana no tālākas aprites. Fosforam nonākot sedimentos, tā tālāka mobilizācija iespējama tikai pie noteiktiem skābekļa apstākļiem (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

Respektīvi, dziļie ezeri, kuriem vēl joprojām saglabājušās zināmas oligotrofijas pazīmes pēc to fizikālajiem un ķīmiskajiem parametriem veido unikālu, tomēr ļoti jūtīgu un nestabilu ekosistēmu, kura dabiskais sukcesijas process var tikt jūtami ietekmēts - paātrināts vai palielināts (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004), piemēram, saimnieciskās darbības sloga rezultātā.

Tā kā ir pieejami fizikālo un ķīmisko, kā arī bioloģisko parametru dati no atsevišķiem dziļajiem ezeriem, kas iegūti vairāk nekā pirms 50 gadiem, tie izmantoti šajā disertācijas darbā salīdzināšanai ar datiem par pašreizējiem ekoloģiskajiem apstākļiem (Bērziņš, 1949a; Спурис, 1951; Селкере, 1955; Пэр & Школьникова, 1955; Кумсаре & Лагановская, 1959; Līne, 1966; Вадзис и др., 1976).

Tomēr Latvijas ezeru, tai skaitā dziļo ezeru pētniecības pirmssākumi meklējami vēl senākā pagātnē. Kā apkopojumā par Latvijas ezeru monitoringa pirmsākumiem norāda L. Glazačeva (2004), pirmie ūdenslīmeņu novērojumi ezeros Latvijā varētu būt saistīti ar Āraišu ezerpils celtniecību un Lubānas klānu apdzīvotību. Hidrometriskie izpētes darbi ezeros saistīti ar dzelzceļu būvniecību 19. gs. otrajā pusē. Pirmos ūdens ķīmiskā sastāva un ūdens floras un faunas pētījumus 19. gs. beigās, 20. gs sākumā veica Rīgas dabas pētnieku biedrība (Kumsāre, 1960; Glazačeva, 2004).

No 1925. gada par iekšējo ūdeņu pētījumu centru kļuva Latvijas Universitātes Hidrobioloģijas stacija, 1938. gadā tika veikti plašāki pētījumi Latgales ezeros, pie Sīvera ezera ierīkoja laboratoriju (Kumsāre, 1960).

Līdz Otrajam pasaules karam Latvijas ezeru izpēte raksturojama vairāk kā epizodiska un zinātniska, nevis praktiska. Veikti atsevišķu ezeru morfometrijas un savā starpā nesaistīti floras un faunas pētījumi (Kumsāre, 1960). Kara gados un pēckara periodā sākās intensīva ezeru dziļuma, grunts, ūdenslīmeņa, ledus apstākļu u.c. parametru izpēte (Glazačeva, 2004). Laiks pēc Otrā pasaules kara, 50-tie, 60-tie gadi, raksturojams kā ļoti produktīvs saldūdens bioloģijas un ekoloģijas izpētes jomā. Pirmie detalizētākie ezeru pētījumi aizsākās 1947. gadā un to veica Vissavienības ezeru un upju zinātniski pētnieciskais institūts – VNIORH. Ekspedīciju laikā izpētīja aptuveni ¼ daļu no Latvijas ezeru kopplatības, tai skaitā arī tādus ezerus kā Dridža ezers, Ilzas-Geraņimova ezers un Sventes ezers (Kumsāre, 1960). Vēlāk, balstoties uz esošo datu bāzi, tika izveidots valsts ezeru kadastrs, kas ietver plašu informāciju par ezeru morfometriskajiem rādītājiem un to sateces baseiniem, kā arī tika

veikti mēģinājumi ezerus klasificēt (Glazačeva, 2004). Pēc ekspedīcijām, kas norisinājās laika periodā no 1952. līdz 1953. gadam, iekšējo ūdeņu pētījumu jomu pārņēma Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Bioloģijas institūts (izveidošanās pirmssākums - 1946. gadā), kas veica nozīmīgus hidrobioloģisko procesu dinamikas pētījumus Dridža un Sīvera ezeros (laika posmā no 1953. līdz 1955. gadam) (Kumsāre, 1960). Savukārt 1957. gadā, sadarbojoties ar Latvijas Valsts Universitātes Bioloģijas fakultāti, tika aizsākta Latvijas lielāko upju un ezeru pētniecība (Cimdiņš, 2001). 1958. gadā pie Rušona ezera tika izveidota limnoloģiskā laboratorija un aktīvi norisinājās Latgales ezeru pētniecība. 1959. gada vasarā notika Limnoloģiskās laboratorijas ekspedīcijas uz vēl vairākiem līdz šim neizpētītiem ezeiem Daugavpils, Preiļu un Dagdas rajonā, lai veiktu kompleksus hidroķīmijas, hidrobioloģijas un ihtioloģijas pētījumus (Kumsāre, 1960). 60-tajos gados turpinājās ezeru apsekošana un tika veidota ezeru tipoloģijas sistēma, klasificējot ezerus pēc veģetācijas, aizauguma pakāpes, ūdens krāsas un dziļuma (Glazačeva, 2004). Ezeru tipoloģijas jautājumi tika pētīti arī ņemot vērā zooplanktona un zoobentosa sastopamību un daudzveidību, tika publicēts darbs par kvalitatīvajiem un kvantitatīvajiem zooplanktona un zoobentosa pētījumiem vairāk nekā 200 Latvijas ezeros (Вадзис и др., 1976). 80-tajos un 90-tajos gados aktuāli kļuva pētījumi par ūdens ekoloģiskā stāvokļa novērtēšanu pēc trofiskās pakāpes (Андрушайтис, 1987; Glazačeva, 2004). No tiem limnologiem, kas iepriekš aprakstītajā laikā darbojās saldūdens zooplanktona izpētes jomā, īpaši jāpiemin B. Bērziņš, D. Vadzis, R. Līne, R. Laganovska (dzimusi Selkere), Z. Seisuma, N. Sloka, A. Kumsāre, R. Škute, P. Cimdiņš, A. Zarubovs. Kā būtisks papildinājums pētniecībā par ezeru zooplanktonu jāmin 1981. gadā publicētais Latvijas kladoceru noteicējs, kas ir līdz šim pirmais un pagaidām vienīgais plašākais zarūsaiņu noteicējs latviešu valodā ar vērtīgu papildu informāciju par sugu sastopamību dažādās Latvijas ūdenstilpēs, arī dziļajos ezeros (Sloka, 1981).

Turpmāk aktuāli kļūst dažādi eksperimentāli darbi, saistīti ar dziļo ezeru zooplanktona bioloģiju un ekoloģiju, enerģijas transformācijas procesiem un trofiskajām attiecībām. 1991. gadā tiek ierīkota monitoringa stacija „Salaca”, kurā Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijas (LU BI Hidrobioloģijas laboratorijas) darbinieki sadarbībā ar citu iestāžu speciālistiem realizē upju un ezeru pētījumus komplekso monitoringa programmu ietvaros (Cimdiņš, 2001). Kā nozīmīgs zooplanktona pētniecības Latvijā darbs 90-tajos gados jāmin L. Urtānes (1998) disertācija „Cladocera kā Latvijas ezeru tipu un trofiskā stāvokļa indikatori”. Šajā pētnieciskajā darbā apskatīta zooplanktona cenožu

uzbūve 55 ezeros un tiek noskaidrota zarūsaiņu piemērotība tos izmantot kā ezeru trofijas rādītājus. 2000. gadā tiek aizstāvēts maģistra darbs „Latvijas ezeru tipoloģija: teorija un prakse” (Poikāne, 2000), tajā veikts apjomīgs pētījums 50 Latvijas ezeros, izvērtējot to ekoloģisko kvalitāti pēc dažādiem trofijas rādītājiem, tai skaitā zooplanktona.

No zooplanktona sezonālās un/vai diennakts vertikālās struktūras dinamikas pētījumiem atzīmējama A. Kumsāres un R. Laganovskas 1959. gada publikācija „Dridža un Sīvera ezera zooplanktons” (Кумсапе & Лагановская, 1959), kurā iekļauta atsevišķa sadaļa par zooplanktona vertikālo izplatību sezonas laikā divu gadu garumā. Vērtīgs un visaptverošs informācijas avots arī par dziļo Latvijas ezeru zooplanktona faunu ir R. Līnes 1966. gada disertācijas darbs „Latvijas PSR austrumu un centrālās daļas ezeru zooplanktona sastāvs, kvantitatīvā attīstība un perspektīvā izmantošana”. Darba ietvaros veikta atsevišķu ezeru zooplanktona izpēte sezonas laikā pa dažādiem horizontiem (Līne, 1966). 1993. gadā tiek aizstāvēts A. Škutes disertācijas darbs „*Leptodora kindti* (Focke) (Crustacea; Cladocera) bioloģija un loma saldūdens ekosistēmās”, kurā pirmo reizi Latvijas limnoloģijas pētījumu vēsturē aplūkota sugas diennakts vertikālā dinamika un izvietojums ūdenskrātuvē, veicot eksperimentālus pētījumus.

Pēdējos gados LU BI Hidrobioloģijas laboratorijas pētījumi saistīti ar dalību starptautiski atbalstītos Eiropas Savienības projektos un Valsts Pētījumu programmās par klimata un vides izmaiņu ietekmi uz dažādu saldūdens ekosistēmu kvalitāti un biocenožu attīstību. Dziļo ezeru zooplanktona izpēti aktīvi veic arī Daugavpils Universitātes Ekoloģijas institūts dažādu Eiropas Savienības fondu projektu ietvaros. Viens no tādiem projektiem ir – „Starpdisciplināras zinātniskās grupas izveidošana Latvijas lašveidīgo zivju ezeru ilgtspējības nodrošināšanai”, ar īpašu uzvaru uz dziļo, lašveidīgo zivju ezeru izpēti.

Tomēr jānorāda, ka, tāpat kā vairumā Eiropas Savienības valstu, arī Latvijā zooplanktona pētniecība saldūdeņos zaudējusi savu prioritāti, jo Eiropas Ūdens struktūrdirektīva 2000/60/EK (*European Water Framework Directive*) neparedz obligātu zooplanktona monitoringu. Respektīvi, zooplanktona organismi nav iekļauti kā bioloģiskās kvalitātes izvērtēšanas elementi. Šāds lēmums tiek asi kritizēts, jo zinātniski ir pierādīta zooplanktona sugu kā eutrofikācijas indikatorsugu izmantošanas lietderība un zooplanktona organismu kā vides monitoringa elementu piemērotība. Zooplanktona organismu populāciju kvalitāti nevar izvērtēt un pielīdzināt zivju un fitoplanktona monitoringam, neskatoties uz to, ka zooplanktona organismi ir saistīti ar abām šīm saldūdens organismu grupām. Aizvien

vairāk pēdējo gadu laikā Eiropas vadošie limnologi uzsver zooplanktona dzīvnieku nozīmīgo lomu saldūdens barības ķēdēs, aicinot zooplanktona monitoringu iekļaut ne tikai atsevišķu valstu nacionālā monitoringa ietvaros, kas notiek, balstoties uz entuziasmu un limnoloģisko pētījumu tradīcijām, bet arī Eiropas Ūdens struktūrdirektīvā - kā bioloģiskās kvalitātes elementus (Caroni & Irvine, 2010; Jeppesen et al., 2011).

2.6. Dziļo ezeru zooplanktona populācijas struktūra, sezonalitāte un to ietekmējošie faktori

2.6.1. Dziļo ezeru zooplanktona populācijas struktūra un sezonalitāte

R. Līne (1966) savā darbā par Latvijas austrumu un centrālās daļas ezeru zooplanktonu raksta, ka zooplanktona sugas ezerā nav sastopamas vienmērīgi. Ir novērotas atšķirības starp pelagiāli un litorāli, starp dažādiem biotopiem, un jo īpaši tas atzīmējams par lielajiem un dziļajiem ezeriem (Līne, 1966).

Zooplanktona populāciju vertikālā struktūra sezonas laikā mainās, jo dažādu fizioloģisku un uzvedības mehānismu rezultātā īpatni realizē sev optimālākās ekoloģiskās nišas izvēli. Dziļūdens ezeru pelagiāles ūdens masas dažādu abiotisku un biotisku faktoru ietekmē nav homogēnas, un tas tieši ietekmē zooplanktona populācijas struktūru. Lielā mērā šo faktoru mainība ir pakārtota sezonalitātei. Sezonas laikā mainās tādi ietekmējošie faktori kā gaismas režīms, temperatūra, skābekļa daudzums, hlorofila koncentrācija (fitoplanktona daudzuma rādītājs), plēsēju (gan mugurkaulnieku, gan bezmugurkaulnieku) klātbūtne, konkurence sugu starpā. Tāpat arī nozīme ir ezera morfoloģijai un antropogēnajām darbībām ezera baseina platībā.

Tas, kā zooplanktona dzīvnieki spēj pielāgoties sezonalitātes noteiktajai faktoru mainībai, nosaka sugu izplatību un sastopamību gan ezera telpiskās vides kontekstā, gan ģeogrāfiski plašākā mērogā, un arī raksturo zooplanktona īpatņu piemērotību vides stāvokļa raksturošanai.

Sezonalitātes noteiktā stratifikācija var tikt uzskatīta par nozīmīgāko faktoru, kas ietekmē zooplanktona sugu sastāvu un biomasas sukcesiju (Līne, 1966; Ortega-Mayagoitia et al., 2000; Ringelberg, 2010). Zooplanktona vertikālā struktūra pirms stratifikācijas ir vienmērīgāka, savukārt vasarā, ūdenim noslāņojoties, veidojas noteiktas grupas (Primicerio, 2000; Doukka & Kehayias, 2011). Arī R. Līne (1966) Ilzas-Geraņimova ezerā konstatēja, ka pēc ledus pazušanas aprīlī zooplanktona dzīvnieki ir vienmērīgi sadalījušies visā ūdens kolonnā,

bet, sākot ar maiju, ar zooplanktonu bagātāks kļūst virsējais ūdens slānis. Oktobrī zooplanktona organismi atkal ir vienmērīgi izplatīti visā ūdens kolonnā. Atsevišķu sugu vertikālajā sadalījumā Ilzas-Geraņimova ezerā R. Līne (1966) konstatējusi būtiskas atšķirības. Sezonālitate ietekmē arī īpatņu vertikālo izplatību diennakts laikā, vertikālo migrāciju amplitūda rudens mēnešos ir lielāka, nekā vasaras mēnešos (Stich & Lampert, 1981).

Daudzu sugu starpā pastāv konkurence par resursiem (Hebert, 1982). Koeksistences iespējas ir atkarīgas ne tikai no abiotisko un biotisko faktoru variabilitātes, bet arī no īpatņu vertikālās segregācijas (Jacobs, 1977; Primicerio, 2000). Dziļajos ezeros nozīme ir ezera afotiskajai zonai, kas kalpo kā patvēruma vieta no plēsējiem. Šādas iespējas ir jo īpaši svarīgas pēc izmēra lielām, līdz ar to plēsējiem vizuāli labi saskatāmām, bet lēni peldošām zooplanktona sugām. Tādējādi dziļajos slāņos atradīsies izmēra ziņā lielāki zooplanktona īpatņi, nekā augšējos slāņos (Hudcovicova & Vranovsky, 2006; Dodson et. al., 2009; Ringelberg, 2010). Vertikālo struktūru var ietekmēt arī saules intensitāte, tāpēc īpatņi, kuru ķermenis ir mazāk pigmentēts, atradīsies dziļākos ūdens slāņos (Hairston, 1980).

Noteikti zooplanktona sugu kompleksi veidojas arī ezerā dažādos biotopos, tomēr R. Līne (1966) atzīst, ka šādi kompleksi ir dinamiski un nav iespējams tos krasi nodalīt. Kompleksi viegli mainās ekoloģisku apstākļu dēļ. Par dziļajiem ezeriem R. Līne (1966) raksta, ka tie ir sugām nabadzīgi un raksturojas galvenokārt ar pelgiāles un atklātas piekrastes sugu daudzveidību, jo litorāles zona ir vāji izteikta. Tam gan var būt izņēmumi, jo, piemēram, pēc izmēra lielākos ezeros ir lielāka litorāla sugu daudzveidība, litorāle ir vieta, kur patverties no potenciālajiem plēsējiem, kā arī tajā var būt salīdzinoši dažādi fizikālo un ķīmiski faktoru rādītāji (Dodson et. al., 2009). Tas attiecināms arī uz Ilzas-Geraņimova ezeru, kurā konstatētas daudzas augu joslai raksturīgas sugas (Līne, 1966).

Attiecībā uz sezonālitate var izdalīt tādas sugas, kuras ir sastopamas visu gadu, un tādas, kuru attīstība saistīta ar noteiktu sezonu. Visu gadu sastopamo sugu kompleksu veido salīdzinoši nedaudz sugu, Ilzas-Geraņimova ezerā tādas ir *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Filinia longiseta*, *Polyarthra remata*, *Chydorus sphaericus*, *Eudiaptomus graciloides*, *Cyclops strenuus* (Līne, 1966). Piemērs Ilzas-Geraņimova ezera zooplanktona sezonālajai attīstībai ir sekojošs - ziemā zooplanktons ir sugām nabadzīgāks, bet izmaiņas iestājas maijā, kad, paaugstinoties ūdens temperatūrai, parādās vairāk sugu. Virpotājiem pavasarī vērojams attīstības maksimums. Vēlāk, vasaras vidū un vasaras beigās tam seko zarūsaiņu un airkājvēžu attīstības maksimums. Airkājvēžu daudzums pēc tam var

samazināties, kam seko otrs attīstības maksimums rudenī, virpotāju skaits vasaras un rudens zooplanktonā parasti ir salīdzinoši neliels. Zarūsaiņu skaits pēc to vasaras attīstības maksimuma rudenī samazinās, sugu sastāvām paliekot nemainīgam. Rudenī var novērot atsevišķu sugu masveidīgu savairošanos. Oktobrī lielākā daļa virpotāju un zarūsaiņu sugu no zooplanktona izzūd. Savukārt airkājvēži arī vēlā rudenī skaita ziņā ir bagātīgi pārstāvēti. Citos dziļajos ezeros Latvijā virpotājiem parasti var novērot arī otru skaita attīstības maksimumu rudenī (Līne, 1966). Zooplanktona sezonālā attīstība dažādos klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos var atšķirties. Piemēram, Teleckoja ezerā Altajā zooplanktonam tika novērots tikai viens attīstības maksimums vasaras otrajā pusē (Zuykova et. al., 2009). Norvēģijas ziemeļos zooplanktona attīstības maksimums ezerā tika konstatēts laikā, kad temperatūra bija visaugstākā – augusta vidū (Primicerio & Klemetsen, 1999).

2.6.2. Dziļo ezeru zooplanktona populāciju ietekmējošie faktori

Ezeru ūdeņus raksturo dažādi fizikāli un ķīmiski rādītāji. Ķīmiskā sastāva veidošanās procesus ietekmē tādi faktori kā reljefs, klimats, iežu veidošanās un dēdēšana, augsne un augi. Hidroķīmiskajam sastāvam ir ietekme uz ūdens apmaiņas režīmu – virszemes un pazemes noteci, nokrišņu sadalījumu, sāļu migrācijas procesiem (Kļaviņš & Zicmanis 1998).

Viens no ietekmējošiem abiotiskiem faktoriem ir **ūdens caurredzamība (Seki dziļums)**. Pēc caurredzamības var noteikt, kādā dziļumā ūdenī iekļūst gaisma, un ūdens caurredzamība ir vispārātzīts kritērijs ūdeņu produktivitātes un kvalitātes izvērtēšanā (Tauriņš & Ozols, 1957, Cimdiņš, 2001). Gaismas apstākļi ezerā mainās sezonas laikā un variē starp dažādiem ezeru tipiem. Ezeru caurredzamība un krāsa ir atkarīga no ūdenī izšķīdušo daļiņu un planktona organismu daudzuma, tādā veidā sniedzot informāciju par bioloģisko procesu intensitāti ezeros. Ūdens caurredzamība ir saistīta ar zooplanktona vertikālo migrāciju amplitūdu, tā ir lielāka tajos ezeros, kuros Seki dziļums ir lielāks, jo plēsēji (zivis) medī konstatējot barības objektus vizuāli (Gliwicz, 1986; Dodson, 1990; Ringelberg, 2010).

Latvijas ezeros Seki dziļuma rādītāji variē no 0,2-15 m (Klavins et. al., 2002). Parasti dzidrūdens ezeros vasaras vidū caurredzamība ir līdz pieciem metriem, bet eitrofajos ezeros nepārsniedz 0,3-0,5 m (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

Temperatūra ir viens no nozīmīgākajiem saldūdens bezmugurkaulniekus ietekmējošiem faktoriem. Tā nosaka ezeru ūdeņu termālo stratifikāciju jeb noslēģanos, veidojoties termoklīnam (Cole, 1994). Ezeros, kuri ir dziļāki par 15-20 m, parasti veidojas trīs

vertikālie slāņi – epilimnijs, metalimnijs un hipolimnijs (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004). Temperatūra ir viens no tiem faktoriem, ar kuru būtiski tiek sinhronizēta indivīdu barošanās, augšana un vairošanās (Kessler & Lampert, 2004). Eksperimentos, pazeminot temperatūru līdz 6^oC, *Eudiaptomus graciloides* naupliji neattīstījās līdz kopepodītiem, savukārt *Eudiaptomus gracilis* nauplijiem tika novērota augstāka mirstība un lēnāka attīstība (Zeller et al., 2004). Temperatūra ietekmē arī zooplanktona vertikālo migrāciju raksturu, pie zemākas temperatūras vertikālo migrāciju amplitūda *Daphnia (Daphnia) longispina* īpatņiem palielinājās (Young & Watt, 1996).

Lielākajai daļai virpotāju, zarūsaiņu un airkājvēžu (kaut arī ir zināms noteikts temperatūras optimums attiecībā uz to izplatību) tomēr raksturīgs plašs temperatūras tolerances diapazons (Berzins & Pejler, 1989a; Bertilsson et al., 1995). Pētījumi apliecina pozitīvu korelāciju starp temperatūru un sugu daudzveidību (Kaya et al., 2010), kā arī termoklīna dziļumu un īpatņu daudzumu (George, 2000). Vairāk sugu konstatēts tādos ezeros, kuriem raksturīga lielāka temperatūras variācija noteiktā laika periodā, tādējādi temperatūras mainīgums veicina sugu daudzveidības palielināšanos, un tam ir būtiska nozīme, ņemot vērā iespējamās klimatiskās izmaiņas (Shurin et al., 2010).

Saistībā ar klimata maiņas ietekmi uz globālo sasilšanu temperatūras ietekmes pētījumi uz zooplanktona organismiem pēdējos gados kļuvuši īpaši aktuāli (Shurin et al., 2010; Sweetman et al., 2010). Ir pētīta temperatūras ietekme uz zarūsaiņu litorāles sugu individuālo gamoģenēzi. Piemēram, sugu *Alonella nana* un *Chydorus sphaericus* izplatība dažādās ūdenstilpēs pēc vides apstākļu rādītājiem varētu būt skaidrojama tieši ar to zemās temperatūras optimumu, kas nepieciešamas gamoģenēzei (Nevalainen & Luoto, 2010).

Savukārt analizējot ezeru litorāles zonas sedimentus pēc to zarūsaiņu sugu sastāva, noteiktas sakarības starp sugu izplatību un ietekmējošiem vides apstākļiem arktiskajos reģionos. Šajā pētījumā temperatūras izmaiņas izrādījās viens no būtiskākajiem ietekmējošiem faktoriem (Sweetman et al., 2010).

Temperatūras apstākļi kombinācijā ar tādiem ietekmējošiem faktoriem kā plēsēju klātbūtne var ietekmēt zooplanktona sugu fenotipisko varietāti, dažādu ķermeņa čaulas izaugumu veidošanos sezonas laikā (Green, 2007; Gilbert, 2011).

Elektrovadītspējas ietekme uz zooplanktona dzīvnieku izplatību un sugu daudzveidību nav viennozīmīga. Atkarībā no ūdens sāļuma ūdenstilpē (saldūdeņi, iesālūdeņi, sāļūdeņi), elektrovadītspējas izmaiņām attiecībā pret sugu daudzveidību var būt gan

pozitīva, gan negatīva ietekme (Kaya et al., 2010). Elektrovadītspējas paaugstināšanās saldūdeņos lielākoties samazina sugu skaitu, ezeros ar elektrovadītspēju $700 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ un $1500 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ virpotāju sugu skaits ir būtiski zemāks nekā ezeros, kur vidējais elektrovadītspējas rādītājs ir $272 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (Swadling et al., 2000). Savukārt iesājūdeņos sugu skaits, palielinoties elektrovadītspējai, robežās no 1000 līdz $6000 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, paaugstinās (Kaya et al., 2010).

Skābekļa koncentrācija ir viens no nozīmīgākajiem ūdens kvalitātes rādītājiem. Skābekļa koncentrācija ir atkarīga no tā šķīšanas (mehāniskā aerācija), kā arī citu ūdenī izšķīdušo substanču koncentrācijas. Ūdens masu cirkulācija ezeros ir viens no galvenajiem procesiem, kas nosaka skābekļa daudzumu ūdenī. Skābekļa koncentrācija lielā mērā atkarīga no termālās stratifikācijas, procesiem, kas ietekmē ūdens masu sajaukšanos, bioloģiskajiem procesiem un oksidēšanās-reducēšanas reakcijām. Vēsajās sezonās, kad fotosintēze vairs nav izteikta, bet ledus slānis vēl nav izveidojies, skābekļa ienese tiek nodrošināta aerācijas ceļā. Ledus periodā dziļākajos slāņos ezeros var novērot skābekļa trūkumu (Klavins et. al., 2002). Pie izteiktas termiskās noslāņošanās skābekļa nokļūšana no epilimnija līdz hipolimnijam ir problemātiska, neskatoties uz to, ka epilimnijā skābekļa piesātinātība ir 100% (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004). Sezonas laikā dažādos ezera dziļumos skābekļa koncentrācija var atšķirties un tā atspoguļo balansu starp tādo, dažādiem procesiem kā fotosintēze, metabolisma procesi, destrukcijas procesi, ķīmiskās reakcijas u.c. Skābekļa koncentrācija Latvijas ezeros variē 0 – 12 mg/l robežās. Vasarās, kad novērojama intensīva fitoplanktona attīstība, bieži iestājas pārsātināšanās ar skābekli, līdz pat 125 %. Zemāka temperatūra hipolimnijā paaugstina skābekļa koncentrāciju. Paaugstinoties ūdens temperatūrai, skābekļa šķīdība samazinās, tādējādi vismazākā skābekļa ienese vērojama vasaras sezonas vidū. Skābekļa koncentrācijas limits dzīvajiem organismiem ir $> 5 \text{ mg/l}$ (Klavins et. al., 2002), bet šis skaitlis ļoti variē dažādos literatūras avotos.

Zems **pH** līmenis var samazināt sugu daudzveidību un indivīdu daudzumu (Goldman & Horne, 1983). Dabas ūdeņu pH parasti ir robežās no 6 – 8 un saglabājas stabils. Aktuāli ir pētījumi saistībā ar ūdenstilpju paskābināšanos, jo tā ietekmē arī ūdeņu bioloģiskos procesus, notiek noteiktu sugu nomaiņa uz citām (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004). Zooplanktonu būtiski nelabvēlīgi ietekmē izteikti augsta vai zema pH vērtība (Ivanova & Kazantseva, 2006). B. Berzins & B. Pejler (1987) konstatēja, ka virpotāju sugām, kuras norāda uz oligotrofiem apstākļiem, pH optimums attiecībā uz to izplatību kopumā ir ap 7 vai zemāks par šo vērtību,

savukārt tām sugām, kuras norāda uz eitrofiem apstākļiem, pH izplatības optimums ir virs 7. Līdzīga sakarība novērota arī zarūsaiņiem un airkājvēžiem (Berzins & Bertilsson, 1990). Laboratorijas eksperimentos pierādīts, ka skāba ūdens vide tādām sugām kā *Daphnia* (*Daphnia*) *pulex* un *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris* samazina olu veidošanos, lipīdu rezerves un ķermeņa izmēru (Locke & Sprules, 2000). Ņemot vērā zooplanktona īpatņu korelāciju ar pH, to sugas var izmantot kā indikatorus ūdeņu paskābināšanās gadījumos (Walseng et. al., 2003).

Oksidēšanās-reducēšanās reakcijām ūdenstilpēs ir liela nozīmē, ņemot vērā to saistību ar dažādu vielu oksidēšanos, reducēšanos un dabiskajiem vielu ģeoķīmiskās aprites cikliem. Oksidēšanās-reducēšanās apstākļus ūdenstilpē būtiski ietekmē sezonālā ūdens sajaušanās, jo tā nosaka līdzsvaru starp tādiem procesiem kā fotosintēze, pieejamā skābekļa daudzums, organisko vielu oksidēšanās (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

Hlorofils a raksturo barošanās apstākļus zooplanktona sugām, kas barojās ar fitoplanktonu, kā arī ir viens no raksturlielumiem ezeru trofijas klašu noteikšanā. Barības vielu koncentrācijas pieaugums ūdenī rada augu pirmprodukcijas palielināšanos un attiecīgi pieaug ezera trofijas pakāpe. Augu un organiskās pirmprodukcijas lielumu nosaka dažādi apstākļi – ezera dziļums, lielums, izmantošanas veids, noslāņošanās īpatnības, slāpekļa, fosfora ieplūšana. Ar fitoplanktona un zooplanktona sugu sastāva, daudzuma un biomasas radītājiem var raksturot ezera trofijas apstākļus un ūdens kvalitāti (pēc Cimdiņš, 2001). Ir daudzi pētījumi, kas apliecina zooplanktona sugu kā potenciālu indikatoru izmantošanu ezera trofijas un ūdens kvalitātes noteikšanai (Karabin, 1985; Maemets, 1983; Berzins & Bertilsson, 1989; Walseng & Halvorsen, 2005; Jeppesen et. al, 2011). Herbivorās zooplanktona sugas, patērējot pirmprodukciju, padara to enerģētiski pieejamu plēsējiem (Cole, 1979). Hlorofila daudzums noteiktos slāņos ietekmē zooplanktona īpatņu vertikālo struktūru un migrāciju raksturu (Ringelberg, 2010). Ezeros, kuriem raksturīga lielāka hlorofila koncentrācija dziļākos slāņos, zooplanktona sugas ir spiestas rast kompromisu starp labākiem barošanās apstākļiem dziļākos ūdens slāņos, kur ir attiecīgi zemāka temperatūra, un labvēlīgākiem temperatūras apstākļiem attīstībai un vairošanās īstenošanai virsējos ūdens slāņos (Kessler & Lampert, 2004; Zadereev & Tolomeyev, 2007). Barošanās nišas diferenciācija nosaka dažādu zooplanktona sugu sabiedrību veidošanos, konkurenci par barības resursiem ietekmē zooplanktona populāciju dinamiku (Cordova et. al., 2001;

Guisande et. al., 2003). Konkurence par barības resursiem var izrādīties spēcīgāks vertikālo izplatību noteicošais faktors nekā, piemēram, izvairīšanās no plēsējiem (Adamczuk, 2009).

Dažādu mugurkaulnieku **plēsēju** ietekme uz zooplanktonu ir samērā plaši pētīta un analizēta. Planktofāgo zivju klātbūtne var dafnijām iniciēt ilgolu veidošanos (Slusarczyk, 1995). Tā kā zivis dod priekšroku pēc izmēra lielākiem zooplanktona dzīvniekiem, tad zivju skaita palielināšanās un intensīva ietekme uz to upuru - zooplanktona - populācijām izraisa zooplanktona organismu ķermeņa izmēra samazināšanos, kā arī izmaina sugu sastāvu zooplanktona sabiedrībās – kā dominējošās kļūst izmērā mazākas sugas (Stenson, 1976; Hamrin, 1983; Bohn & Amundsen, 1998). Ir novērota arī tāda sakarība, ka, jo lielāka ir zivju sugu daudzveidība, jo lielāks ir dažādu zooplanktona sugu indivīdu daudzums. Kā viens no skaidrojumiem šai parādībai ir starpsugu konkurences mazināšanās attiecībā uz barošanos, kā arī tas, ka biotops, kas piemērots dažādām zivju sugām, ir piemērots arī dažādām zooplanktona sugām (Goldman & Horne, 1983).

Tāpat būtiska ir arī plēsēju – bezmugurkaulnieku, t. i. plēsīgo zooplanktona sugu ietekme uz citām zooplanktona sugām. Piemēram, plēsīgā *Leptodora kindti* var ietekmēt bosminu daudzumu, dažādu bosminu sugu savstarpējo populāciju dinamiku, kā arī iniciēt morfoloģiskās izmaiņas kā aizsardzības pret plēsējiem stratēģiju (Branstrator & Lehman, 1991; Chang & Hanazato, 2004). Tāpat arī kā aizsardzība pret plēsējiem (mugurkaulniekiem un bezmugurkaulniekiem) zooplanktona dzīvniekiem ir raksturīga vertikālo migrāciju uzvedība, kas sīkāk aprakstīta nākamajā nodaļā.

2.6.3. Zooplanktona vertikālās migrācijas klasiskā izpratnē un skaidrojums

Iepriekšējās nodaļās aprakstīto zooplanktona dzīvnieku barošanos, vairošanos un eksistenci kopumā ietekmējošo faktoru rezultātā ir izveidojušies dažādi morfoloģiski pielāgojumi un uzvedības mehānismi, kas palīdz zooplanktona organismiem mazināt vai izvairīties no abiotisko un biotisko faktoru radītās ietekmes un sinhronizēt savu attīstību un vairošanos ar esošajiem barošanās un citiem ekoloģiskajiem apstākļiem.

Zooplanktona dzīvniekiem raksturīgi tādi morfoloģiskas dabas pielāgojumi kā ķermeņa formas izmaiņas sezonas laikā (ciklomorfoze), ķermeņa krāsa, caurspīdīgums (Kačalova & Laganovska, 1961; Cimdiņš, 2001). Uzvedības mehānismi var būt, piemēram, barošanās uzvedības izmaiņas, diapauze, miera stadijas stāvoklis, sezonālās un diennakts vertikālās un horizontālās migrācijas un citi. Turklāt šie mehānismi ir ārkārtīgi variabli.

Piemēram, diapauze var iestāties dažādās attīstības stadijās, gan pieaugušiem, gan nepieaugušiem īpatņiem (Pasternak & Arashkevich, 1999). Diapauze var atšķirties vienai sugai dažādās ūdenstilpēs (Santer, 1998). Tomēr detalizētāk pētīta neskaitāmu autoru darbos ir stratēģija, kas izpaužas kā vertikālās migrācijas gan sezonas, gan diennakts laikā.

Zooplanktona dzīvnieku vertikālo migrāciju uzvedības pētījumu pirmsākumi ir meklējami vairāk nekā 100 gadus tālā pagātnē. Jau 1902. gadā H. Lozeron norādīja uz gaismas transmisijas nozīmi, kā tā ietekmē diennakts vertikālo migrāciju amplitūdu (Lozeron, 1902, citēts pēc Hutchinson, 1967). Kopš D. H. Cushing (1955) laboratorijas pētījumiem par vairākām saldūdens un jūras zooplanktona sugām, vertikālo migrāciju uzvedība saldūdens zooplanktona dzīvniekiem joprojām arī pēdējos gadu desmitus ir plaši pētīts, analizēts un aprakstīts uzvedības fenomens gan saldūdeņos, gan jūrās un okeānos, veicot pētījumus gan laboratorijas, gan lauka apstākļos (Stich & Lampert, 1981; Ohman et. al., 1983; Lampert & Taylor, 1985; Gliwicz, 1986; Neill, 1990; Mavuti, 1992; Bollens et. al., 1994; De Meester et. al., 1999; Hays, 2003; Dobrynin, 2009; Semyalo et. al., 2009; Ringelberg, 2010). Vertikālās migrācijas iniciē fototropisms, to nosaka indivīdu enerģētiskais izdevīgums. Klasiskais modelis vertikālajām diennakts migrācijām ir sekojošs - diennakts gaišajā laikā zooplanktona dzīvnieki pamet barības vielām koncentrētāko, temperatūras ziņā siltāko augšējo ūdens slāni, lai migrētu uz dziļākiem ūdens slāņiem, kur barības koncentrācija un ūdens temperatūra parasti ir zemāka. Savukārt diennakts tumšajā laikā migrācijas notiek pretējā virzienā un zooplanktona dzīvnieki atgriežas barības vielām bagātajā, siltajā epilimnija slānī. Veikto migrāciju amplitūda svārstās no mazāk kā viena metra līdz vairākiem desmitiem metru ezeros un vairākiem simtiem metru - okeānos (De Meester et. al., 1999). Šāda uzvedība migrējošiem organismiem neapšaubāmi ir enerģētiski un reproduktīvi neizdevīga. Barības pieejamība ir limitēta, zemāka ūdens temperatūra nozīmē sliktākas reproduktīvās sekmes – ilgāka olu attīstība, mazāks olu skaits (Stich & Lampert, 1981). Līdz ar to rodas jautājums, kāpēc zooplanktona dzīvnieki veic šādas migrācijas. Pētījumu rezultāti pamato migrāciju un diapauzes esamību kā optimizāciju efektīvai resursu izmantošanai, vienlaicīgi izvairoties no vizuāli medījošo plēsēju (zivju un dažādu bezmugurkaulnieku plēsēju) ietekmes. Piemēram, sugai *Eudiaptomus gracilis* būtiski izmainījās sezonālā dinamika un diennakts migrāciju uzvedības ritms, pastiprinoties tādu plēsēju kā asari ietekmei. Sezonas laikā viena populācijas attīstības maksimuma vietā izveidojās divi, savukārt diennakts gaišajā

laikā tuvāk krastam pie ezera gultnes sāka uzturēties vairāk pieaugušo īpatņu, tādā veidā izvairoties no plēsējiem (Pasternak et. al., 2006).

Vertikālo migrāciju uzvedībai neapšaubāmi ir nozīmīga loma zooplanktona dzīvnieku izdzīvošanas stratēģijā. Zooplanktona dzīvnieku uzvedības izmaiņas, pielāgojoties plēsēju klātbūtnei, pierāda daudzi pētījumi (Gliwicz, 1986; De Meester et. al., 1999), tai skaitā veikti arī eksperimentāli pētījumi laboratorijas apstākļos (Lampert & Loose, 1992; Von Elert & Pohnert, 2000). Gan lauka, gan laboratorijas pētījumi vienlīdz labi ilustrē migrāciju raksturu un tendenci (Neill, 1990). Lai migrācijas notiktu, augšējā ūdens slānī gan barības vielu koncentrācijai, gan apdraudētībai no plēsējiem jābūt būtiski lielākai, salīdzinot ar dziļākiem ūdens slāņiem. Atšķirības starp diennakts gaišajā un tumšajā laikā konstatēto zooplanktona dzīvnieku atrašanās dziļumu ezerā ir būtiskas ezeros, kuros konstatēta planktofāgo zivju klātbūtne salīdzinot ar ezeriem, kur zivju populācijas nav (Gliwicz, 1986). Vertikālo migrāciju uzvedību nosaka gan zivju kā plēsēju klātbūtne un aktivitāte, gan bezmugurkaulnieki-plēsēji (De Meester et. al., 1999). Lai gan S. T. Threlkeld & E. M. Choinski (1987) savā darbā norāda, ka zivju ietekme uz virpotāju populāciju ir būtiskāka, nekā, piemēram, citu planktona organismu, plēsīgo zarūsaiņu un airkājvēžu ietekme.

Pētījumi pierādījuši migrāciju aktivēšanu tieši ķīmisko vielu - kairomonu - ietekmē, kad zooplanktona dzīvnieki uzsāk vertikālās migrācijas, ja ūdens vidē, kuru tie apdzīvo, tiek pievienots ūdens, kurā uzturējušies tos apdraudošie plēsēji. Pašu plēsēju fiziska klātbūtne nav nepieciešama (Neill, 1990). Migrāciju amplitūda ir tieši atkarīga no kairomonu koncentrācijas ūdenī (De Meester et. al., 1999).

Tomēr migrāciju uzvedības modelī ir daudz atkāpju un izņēmumu atkarībā no sugas attīstības cikla, atražošanas spējām, morfoloģijas, barošanās un pārvietošanās īpatnībām, kā arī atkarībā no dažādiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem. Līdzīgām sugām vienas ģints ietvaros var būt atšķirīgs migrāciju uzvedības modelis. Piemēram, dziļūdens ezerā (vidējais dziļums 100 m) suga *Daphnia (Daphnia) hyalina* veic izteiktas migrācijas, kamēr tai morfoloģiski un ekoloģiski līdzīgā suga *Daphnia (Daphnia) galeata* būtiskas migrācijas neuzrādīja. Lai arī nemigrējošai *Daphnia (Daphnia) galeata* reproduktīvās sekmes bija daudz augstākas (labāki barošanās apstākļi – lielāks olu skaits, augstāka temperatūra – ātrāka olu attīstība), tā izrādījās skaitliskā mazākumā, jo tika pakļauta lielākai vizuāli medījošo plēsēju ietekmei, uzturoties augšējos ūdens slāņos gan diennakts gaišajā, gan tumšajā laikā. Pētījumi pierāda, ka šāds uzvedības modelis *Daphnia (Daphnia) galeata* tomēr ir visoptimālākais, jo

migrācijas uzvedība nesekmētu šīs sugas īpatņu atražošanu, salīdzinot ar populācijas zaudējumiem, kas notiek, sugai nemigrējot. Atšķirības sugu uzvedībā izlīdzinās sezonas laikā (Stich & Lampert, 1981).

Konkrētas sugas īpatņu skaita sadalījums var arī nesniegt pilnīgu priekšstatu par sugas vertikālo migrāciju raksturu. Vienas un tās pašas sugas izmēros mazākie pieaugušie īpatņi var uzturēties augšējās slāņos, kamēr izmēros lielākie uzturas dziļākos ūdeņos. Laboratorijas pētījumi ar *Daphnia (Daphnia) hyalina* x *galeata* hibrīdu kloniem ilustrē situāciju, kad pēc planktofāgo zivju parādīšanās samazinās pieaugušo mātīšu ķermeņa izmēri. Pastāv lielākas iespējas noķert izmēros lielākus īpatņus dziļākos slāņos, nevis ūdens kolonnas virspusē (De Meester et al., 1995). Izmēros lielāki zooplanktona īpatņi ir vairāk apdraudēti no plēsēju puses nekā izmēros mazāki zooplanktona īpatņi. Lielākie īpatņi var veikt tālākas migrācijas, lai nonāktu dziļākos ezera slāņos un tādā veidā mazinātu risku tikt apdraudētiem no plēsēju puses. Tajā pašā laikā šādas migrācijas nozīmē arī lielāku enerģijas patēriņu (Lampert, 1989). Dafnijām migrāciju uzvedības izmaiņas var skaidrot ar akumulētās enerģijas daudzumu, barošanās apstākļi nosaka migrāciju uzvedību (Sekino & Yamamura, 1999).

Vertikālo migrāciju uzvedība var mainīties dažādās zooplanktona sugas īpatņa attīstības stadijās. Tā kā plēsēju barošanās balstīta uz barības izmēra selektivitāti, pirmās līdz trešās attīstības stadijas kopepodītus apdraud citi plēsēji nekā, piemēram, piekto līdz sesto attīstības stadiju sasniegušos kopepodītus. Vienā ūdenstilpnē vienas un tās pašas sugas dzīvniekiem var būt raksturīga dažāda vertikālo migrāciju uzvedība atkarībā no to attīstības stadijām, ķermeņa izmēriem un līdzās esošo plēsēju aktivitātes (Neill, 1992). Pētījumā par kalanoīda *Leptodiptomus novamexicanus* diennakts vertikālajām migrācijām tika novērots, ka migrāciju uzvedība atšķirās mātītēm un tēviņiem, pieaugušajiem īpatņiem, kopepodītiem un nauplijiem (Redfield & Goldman, 1980).

Migrācijas var būt pretēja virziena salīdzinot ar klasisko modeli, piemēram, virpotāji, kas barojas ar fitoplanktonu, seko fitoplanktona migrācijām (Stewart & George, 1987). Sugas ietvaros var tikt novērotas pretējas vertikālās migrācijas pieaugušiem un nepieaugušiem īpatņiem, kas skaidrojamas ar iekšsugu konkurenci, lai tādā veidā izvairītos no iespējamā kanibālisma (Škute, 1993).

Dafnijām diennakts vertikālās migrācijas var nebūt izteiktas vispār, ja, neskatoties uz planktofāgo zivju klātbūtni, barība ir pieejama vienmērīgā daudzumā visā ūdens kolonnā

(Pijanowska & Dawidowicz, 1987). Vertikālo migrāciju pētījumiem būtiski ir izvēlēties konkrētos limitējošos biotiskos faktoros, kuru mijiedarbība un ietekme uz zooplanktonu tiek pētīta. Piemēram, migrāciju raksturs konkrētai zooplanktona sugas populācijai var pilnībā izmainīties, kad plēsējus-bezmugurkaulniekus sāk apdraudēt citi plēsēji-mugurkaulnieki. Piemēram, airkājvēžu sugas *Diaptomus kenai* īpatņi veica izteiktas diennakts vertikālās migrācijas plēsēju-bezmugurkaulnieku *Chaoborus* spp. klātbūtnes un migrāciju rezultātā. Airkājvēžu migrāciju uzvedība izzuda pēc tam, kad foreles izēda *Chaoborus* spp.. Abos gadījumos *Diaptomus kenai* barības resursu (hlorofila a koncentrācija) daudzumam un pieejamībai nebija noteicošas ietekmes (Neill, 1990). Migrāciju raksturu var mainīt arī tādi ietekmējoši faktori kā skābekļa daudzums (Muluk & Beklioglu, 2005), tomēr skābekļa kā noteicošā, diennakts vertikālo migrāciju izraisošā faktora nozīme ir diskutējams jautājums. A. Škute (1993) savā darbā noliedz skābekļa kā vadošā ietekmējošā faktora nozīmi, secinājumos norādot gaismas ietekmi kā būtiskāko.

Pastāv arī diskusijas par migrāciju uzvedības noturīgumu un izveidošanās ilgumu. Gliwicz (1986) norādīja, ka atbilstoši veiktajiem pētījumiem simtiem un tūkstošiem zooplanktona dzīvnieku paaudzēm jānomainās, lai populācijā attīstītos migrāciju uzvedība. Salīdzinoši īsāks laiks nepieciešams īpatņiem, kas apdzīvo seklākus ezerus, jo seklos ezeros migrāciju amplitūda ir mazāka un ļauj zooplanktona dzīvniekiem atrast patvērumu sedimentos.

Atsevišķi autori apšaubā vertikālo migrāciju kā mērķtiecīgu adaptīvu uzvedību un norāda uz zooplanktona organismu ezeros spēju nevis pašiem aktīvi un mērķtiecīgi pārvietoties, bet drīzāk spēju brīvi negrimt un noturēties kādā ūdens slānī (Cimdiņš, 2001).

Tāpat arī diennakts vertikālo migrāciju pētījumos svarīgas ir izmantotās planktona ievākšanas metodes. Piemēram, L. Szlauer (1964) savos pētījumos ar konteinerā ievietotām dafnijām pierādīja, ka tumsā, izmantojot dažādas paraugu ievākšanas metodes, iespējams ievākt gandrīz divreiz vairāk dzīvnieku nekā gaismā. Tāpat arī dafnijas reaģēja uz to, vai paraugu ievākšanas ierīce bija caurspīdīga (ar tādu ierīci noķerto dafniju skaits bija ievērojami lielāks nekā ar necaurspīdīgu un līdz ar to dafnijām labāk saskatāmu ierīci) un ar kādu ātrumu tika ievākts paraugs (Szlauer, 1964).

Analizējot vertikālās migrācijas, jāņem vērā dažādi ar zooplanktonu šķietami nesaistīti apstākļi, piemēram, spēcīgas vētras, lietusegāzes var izjaukt klasisko ūdenstilpes vasaras temperatūras stratifikācijas ainu (Škute, 1993).

Šādi savstarpēji konfliktējoši faktori padara zooplanktona vertikālās migrācijas par variablu, komplicētu uzvedības modeli. Pastāv uzskats, ka universāla vertikālo diennakts migrāciju skaidrojuma nav, jo to mehānismi ir tik daudzveidīgi un variabli (pēc Škute, 1993).

2.6.4. Aktuālākās atziņas par zooplanktona vertikālajām migrācijām

2010. gadā J. Ringelberg publicē apjomīgu pētījumu apkopojumu par zooplanktona diennakts vertikālajām migrācijām ezeros un okeānos, kurā kritiski analizēti pēdējo 100 gadu laikā publicētie pētījumi šajā jomā. Šajā apkopojumā uzmanība tiek vērta uz sezonas kā galvenā diennakts vertikālo migrāciju noteicošā faktora un gaismas ietekmes eksperimentiem, kas atklāj migrāciju uzvedību, balstītu uz organismu fizioloģiju, kā saldūdens, tā arī okeānu biotopos. Tāpat arī aplūkota par kontroles funkcijām atbildīgo informācijas ķīmisko vielu nozīme tradicionālo barības ķēžu aspektā, tas ir – zivju kariomonu ietekme informācijas plūsmā (Ringelberg, 2010).

Augstāk minētājā pētījumu apkopojumā par zooplanktona diennakts vertikālajām migrācijām izdevuma nobeigumā J. Ringelberg (2010) norāda, ka vispārīgi lauka pētījumi un apraksti par zooplanktona vertikālo izplatību un migrācijām nav vairs nepieciešami. Tie būtu jāaizstāj ar pētījumiem, kuros paraugi tiek mērķtiecīgi ievākti, lai rakstu risinājumu specifiskiem problēmjautājumiem. Uzsvars likts uz noteiktu sugu attiecību nozīmi zooplanktona sabiedrībās un plašāk izvērstu ģenētisko pētījumu nepieciešamību, kā arī eksperimentālo pētījumu nepieciešamību attiecībā uz sugu uzvedību (Ringelberg, 2010).

2011. gadā S. M. Bollens et al. npublicē traktātu par vairākpakāpju jeb kaskāžu migrācijām un vertikālo plūsmu iekļaušanos pelaģiskajās ekosistēmās, kurā apraksta kā migrācijas noteiktā trofiskā līmenī ietekmē nākošā trofiskā līmeņa migrācijas un tādā veidā ir saistītas visā barības ķēžu tīklā. Respektīvi, plēsēji ietekmē herbivoro zooplanktona dzīvnieku populācijas migrācijas, un tie savukārt izraisa noteiktas fitoplanktona vertikālās struktūras dinamikas izmaiņas. Savā apcerējumā S. M. Bollens et al. (2011) vertikālo zooplanktona migrāciju pētījumos iesaka kombinēt eksperimentālās, modelēšanas un novērošanas metodes. Kā iespējamie nākotnes pētījumu virzieni tiek norādīti, piemēram, migrāciju ietekme uz zooplanktona indivīdu fizioloģiskajiem procesiem un populācijas demogrāfiskajiem rādītājiem (dzimstība, mirstība, augšanas ātrums utml.), kaskāžu migrāciju ietekme uz dažādu vielu un enerģijas vertikālo plūsmu, migrāciju izraisīšana ar plēsēju pastarpinātiem mehāniskajiem vai vizuālajiem faktoriem.

3. Materiāls un metodes

3.1. Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) sugu pārskats

Teorētiskajā pētījuma daļā tika apkopota informācija par Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu sugām (kārtas Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida). Tika izmantoti pieejamie bibliogrāfiskie materiāli (40 publicēti materiāli un diplomdarbu tēzes, skat. Deimanovica et. al. (2011)), nepublicētie materiāli no Daugavpils Universitātes Ekoloģijas institūta, Latvijas Hidroekoloģijas institūta, kā arī šajā disertācijas darbā izmantoto atsevišķu paraugu materiāli (ievākti laika periodā 2007. – 2008. g.).

Sugas tika noteiktas un sugu pārskats tika veidots saskaņā ar pašreiz aktuālajiem nomenklatūras un sistemātiskās klasificēšanas principiem, izmantojot G. O. Sars (1918), K. Lindberg (1957), F. Kiefer (1960, 1978a) B. H. Dussart (1967, 1969), K. Lang (1975), U. Einsle (1993, 1996), B. H. Dussart & D. Defaye (1995, 2002, 2006), G. A. Boxshall & S. H. Halsey (2004), norādot kārtu, dzimtu, apakšdzimtu, ģinti, apakšģinti, sugu un pasugu. Norādīti arī izmantotie atzītie sinonīmi un kļūdaini lietotie nosaukumi. Sugu pārskata apkopojums attēlots saskaņā ar Latvijas ģeomorfoloģisko dalījumu (par pamatu izmantots Latvijas ezeru zooplanktona raksturojums pēc ģeomorfoloģiskā zonējuma (pēc Вадзис и др., 1976). Jūras sugas, kas regulāri vai nejauši tiek konstatētas iesāļos ūdeņos (upju ietekās un grīvās), pārskatā netika iekļautas. Tāpat arī netika iekļauti taksoni, kuriem minēts tikai ģints nosaukums, piemēram, *Mesocyclops* sp., jo pēc attiecīgā laika sistemātikas tas varēja iekļaut četras sugas – *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops crassus*, *Thermocyclops oithonoides*, *Thermocyclops dybowskii* (pēdējās trīs sugas kādreiz tika iekļautas *Mesocyclops* ģintī).

Praktiskajā pētījuma daļā tika aprakstīta Latvijas faunai pirmo reizi konstatētā airkājvēžu suga - *Cyclops bohater*. Aprakstam par paraugu izmantoti vispārpieņemtie principi morfoloģiskajai sugas indivīdu analīzei (Kozminski, 1936; Dussart & Defaye, 1995; Einsle, 1996). Kopā tikta veikti 27 dažādu ķermeņa daļu mērījumi 12 pieaugušiem sugas indivīdiem (sešas mātītes un seši tēviņi), kā arī papildus mērījumi otrā taustekļu pāra garuma noteikšanai mātītēm. Izmantoti īpatņi no 2007. gada (augusts, paraugs ievākts 20-35 m dziļumā) un 2009. gada (septembris, paraugs ievākts 0-35 m dziļumā) pelagiāles zooplanktona paraugiem Svences ezerā. Paraugi saglabāti 4 % formaldehīda šķīdumā. Pirms mērījumu veikšanas tika veikta katra indivīda preparēšana, un šim nolūkam indivīdi tika pārvietoti glicerīnā un preparēti zem Olympus BH2 mikroskopa dažādos palielinājumos. Ķermeņa posmi tika mērīti atsevišķi un vēlāk summēti atbilstoši vispārpieņemtajiem

principiem (Deimantovica, 2010). Mērījumi izmantoti tālākiem aprēķiniem, lai iegūtu ķermeņa proporcijas raksturojošu indeksu vērtības (pēc Kozminski, 1936). Iegūtie dati salīdzināti ar citu ģeogrāfisko reģionu *Cyclops bohater* populāciju raksturojošiem datiem, kā Z. Kozminski (1936), R. Stebler (1979), B. H. Dussart (1958), U. Einsle (1975, 1985, 1996), F. Kiefer (1978a), I. Stankovic & I. Ternjej (2007). Sugas apraksts rezultātu daļā, ja nav teiks citādi, attiecas uz pieaugušām mātītēm.

3.2. Dziļo ezeru ekoloģisko vidi raksturojošie abiotiskie faktori un pelagiāla zooplanktona vertikālā struktūra

3.2.1. Paraugu ievākšanas plāns, paraugu ievākšana un saglabāšana

Pētījumā izmantotie dati iegūti, apsekojot sešus dziļos ezerus Latvijā: Ilzas-Geraņimova, Riča, Dridža, Sventes, Garo un Briģenes ezeru. Ezeri atrodas Latvijas dienvidaustrumu daļā un ir salīdzinoši līdzīgi pēc to morfometriskajiem un ekoloģiskajiem rādītājiem (3.2.1.-1. tabula, 3.2.1.-1. attēls).

Tika ievākti vertikālie (sezonas un diennakts) zooplanktona paraugi ezera pelagiālē, kā arī noteikti ūdens fizikālie un ķīmiskie parametri.

Ūdens fizikālie un ķīmiskie parametri (pH, temperatūra, elektrovadītspēja, izšķīdušais skābeklis (% un mg/l), oksidēšanās-reducēšanās potenciāls, hlorofila a daudzums) noteikts ar zondi HACH Hydrolab DS5. Mērījumi veikti viena metra intervāla robežās no ezera virsmas līdz bentālei. Ezera dziļuma mērījumi veikti ar BioSonics DT-X Echosounder System. Paraugiem noteiktas koordinātes, izmantojot GPS Scout Master ar precizitāti \pm divi metri.

Caurredzamība mērīta ar Seki disku (diametrs 25 cm), mērījumi veikti ēnas pusē (Schwoerbel, 1994).

Zooplanktona paraugi ievākti, izmantojot Apšteina tipa kvantitatīvo vertikālo paraugu zooplanktona tīklu (Hydro-Bios No. 438 050) ar slazdošanas mehānismu, tīkla acs izmērs 64 mikroni. Tīkls paredzēts dziļūdens paraugu ievākšanai. Tīkla konstrukcija nodrošina iespējas tīklu noteiktā dziļumā aizvērt ar atsvara palīdzību, kas tiek nolaists lejā pa trosi un iedarbina tīkla aizdares mehānismu (3.2.1.-2. attēls). Tādā veidā tika ievākti vertikālie dziļūdens profila paraugi, aptverot noteiktu dziļumu (0-5 m, 5-10 m, 10-15 m utt.).

Zooplanktona paraugi ievākti 2007., 2008. un 2010. gadā pavasara, vasaras un rudens sezonā dažādos ūdens slāņos no ūdens virsmas līdz ūdenstilpes bentāles daļai

3.2.1.-1. tabula

Ilzas-Geraņimova, Riča, Dridža, Sventes, Garā un Briģenes ezera morfometriskie un ekoloģiskie rādītāji.

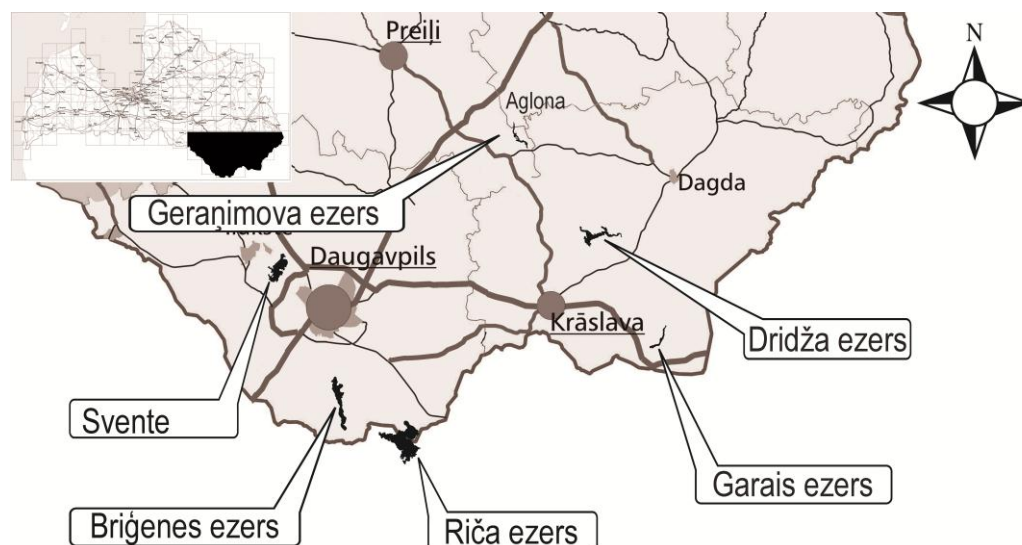
Morfometriskie rādītāji	Ilzas-Geraņimova	Riča	Dridža	Svente	Garais	Briģenes
Koordinātes X/Y	696251.015/ 228167.042	670715.594/ 175721.067	705390.852/ 208462.077	647412.511/ 192388.091	717935.687/ 192640.366	659580.257/ 180614.519
Maksimālais garums (km)	8,1	6,0	9,8	5,3	3,4	3,8
Maksimālais platums (km)	0,8	4,0	2,4	2,8	0,3	0,7
Spoguļa laukuma platība (km ²)	3,28	12,86**	7,53	7,35	0,8	1,36
Vidējais dziļums (m)	9,8	9,7	12,8	7,8	16,5	10,0
Maksimālais dziļums (m)	46,0	51,9***	65,1	38,0	56,0	31,0
Trofijas pakāpe*	M/E	M	M	E	M	M

Tabulā norādītās koordinātes atbilst koordināšu sistēmai LKS92. Morfometriskie rādītāji pēc literatūras datiem. Plašāka informācija Спурис (1951), Сизов (1959), Еipurs (1995a, b, c), Tidriķis (1997, 1998), Glazačeva (2004), www.ezeri.lv

*M – mezotrofs, E – eitrofs

** Latvijā 5,88 km², Baltkrievijā 6,98 km²

*** maksimālais konstatētais dziļums atrodas Baltkrievijas teritorijā, Latvijā – 39.7m



3.2.1.-1. attēls. Paraugu ievākšanas reģions ar apsekotajiem ezeriem. Ilzas-Geraņimova ezers norādīts kā Geraņimova ezers.

(intervāls 5 vai 10 metri). Atsevišķās paraugu ievākšanas reizēs ievākti diennakts paraugi 24 h laikā ar intervālu 4h. Paraugu ievākšanas plāns – 3.2.1.-2. tabula. Materiāls saglabāts ar 35 % formalīnu (100 ml parauga tilpumā izšķīdināti aptuveni 2 ml formalīna). Katram paraugam klāt pievienota informatīva etiķete par parauga ievākšanas datumu, laiku, vietu.



Daži paraugi nav saglabājušies, kā arī ievāktu paraugu skaits vienā un tajā pašā vietā variē sezonas laikā atkarībā no laika apstākļiem, respektīvi – iespējām ievākt paraugu noteiktā dziļumā. Lielākoties šie gadījumi attiecas uz dziļākajiem hipolimnija slāņiem, kas nav aizsniedzami stipra vēja, ūdens viļņošanās laikā. Kopā ievākti un analizēti 346 pelagiāles paraugi.

3.2.1.-2. attēls. Zooplanktona paraugu ievākšanas tīkls Hydro-Bios No. 438 050 (www.hydrobios.de).

3.2.1.-2. tabula.

Pētījumā apsekoto ezeru pelagiāles sezonāli vertikālā zooplanktona materiāla ievākšanas plāns un raksturojums.

	Ilzas- Geraņimova	Riča	Dridža	Svente	Garais	Brīgenes
Laiks	2007 (19.07.; 01.08.; 30.08.)	2007 (19.07.; 02.08.; 30.08.; 21.09.)	2007 (15.07.; 02.08.; 30.08.)	2007 (12.07.; <u>03.08.</u> ; 30.08.; 21.09.)	2007 (12.07.; 01.08.; 31.08.)	
				2008 (12.05.; <u>30.05.</u> ; <u>16.06.</u> ; <u>07.07.</u> ; 07.08.; 22.08.; <u>02.09.</u>)		2008 (12.05.; <u>30.05.</u> ; <u>16.06.</u> ; <u>07.08.</u> ; 22.08.)
			2010 (04.06.; 18.06.; 05.07.; 21.07.; <u>21.08.</u> ; <u>02.09.</u> ; <u>13.09.</u>)	2010 (03.06.; 19.06.; 05.07.; 22.07.; 12.08.; <u>01.09.</u> ; <u>14.09.</u>)		
Vertikālo paraugu intervāls (m)	2007 – 10	2007 – 10	2007 – 10 2010 – 5	2007 – 10 2008 – 5 2010 – 5	2007 – 10	2008 – 5
Ievākšanas vietas dziļums pelagiālē (m)	44	22	65	36	40	32

Pasvītrotie datumi – ievākti diennakts vertikālie paraugi ar 4h intervālu

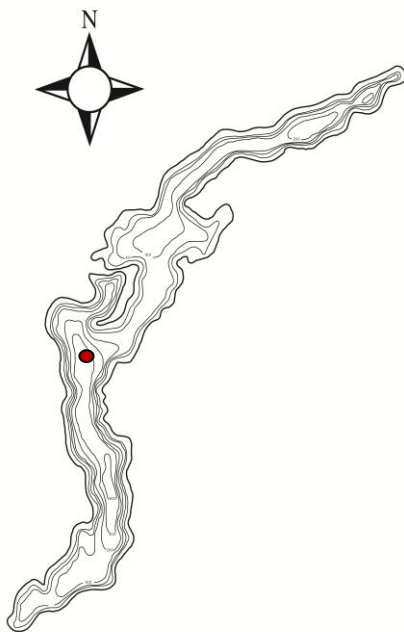
Ierāmētie datumi – nav reģistrēti ķīmiskie un fizikālie mērījumi

3.2.2. Pētījumā apsekoto ezeru īss raksturojums

3.2.2.1. Ilzas-Geraņimova ezers

Ilzas-Geraņimova ezers, saukts arī par Geraņimova, Geraņimovas-Ilzas, Ilzas, Ilza, Ilžas, Ilzes ezeru (Avotiņa, 1984a), atrodas Latvijas dienvidaustrumu daļā, Aglona novada Kastuļinas pagastā (3.2.1.-1. attēls). Ezers atrodas Feimaņu paugurainē subglaciālā iegultnē, 150,3 m vjl. Baseina platība 72,9 km² – Daugavas lielbaseins Dubnas baseinā. Ezera krasti augsti, krasta līnija (24 km) ļoti izrobota. Krastmala - smilšaina, ar oļiem, granti un akmeņiem, ezera gultne – nelīdzena (Eipurs, 1995c) (3.2.2.1.-1. attēls).

Ezera vidū ir sala, tās platība 0,1 ha, dienvidos ir pussala, kas veidojusies no 2,2 ha lielas salas. Ilzas-Geraņimova ezerā ietek upītes no Dubuļu, Pertošu un Kustaru ezeriem, ir noteka uz Rušona ezeru. Ūdens apmainās reizi 1,8 gados. 20.gs. 70-tajos gados pēc dzirnavu likvidēšanas notekā ezera līmenis pazeminājies par 0,5 m. Aizaugums vērtējams kā 20 %, un to veido meldri *Scirpus*, niedres *Phragmites*, kosas *Equisetum*, glīvenes *Potamogeton*, ūdensrozes *Nymphaea* (Eipurs, 1995c). 1938. – 1940. gada pētījumos Ilzas-Geraņimova ezers raksturots kā mēreni eitrofs. Hipolimnija slāņos konstatēta skābekļa samazināšanās, raksturīga bieža ūdensziedēšana, bagātīgs planktons un eitrofikācijai raksturīgas virpotāju sugas. Vēlākās publikācijās Ilzas-Geraņimova ezers raksturots gan kā mezotrofs, gan eitrofs



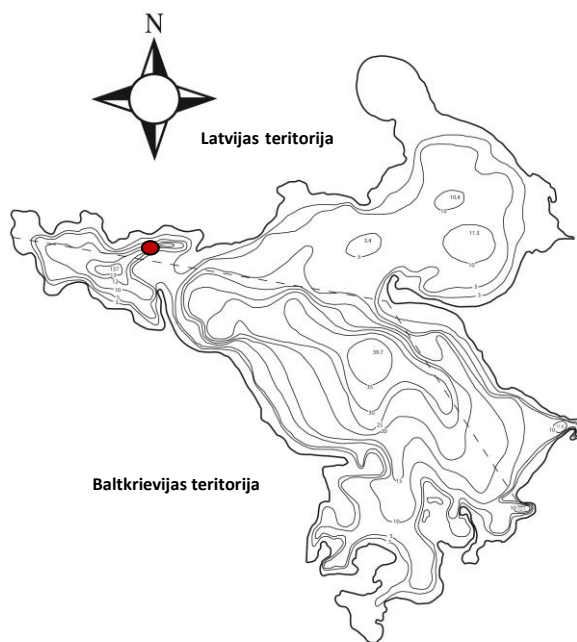
ezers (Glazačeva, 2004). Ezerā konstatētas daudzas zivju sugas, tai skaitā retāk sastopamie repši *Coregonus albula* un ezera salakas *Osmerus eperlanus*, ezerā ielaistas sīgas *Coregonus laveretus* un karpas *Cyprinus carpio*. Apkārt ezeram atrodas krūmāji, meži, tīrumi, apdzīvotas vietas (Eipurs, 1995c). Ezers tiek aktīvi izmantot rekreācijā un saskaņā ar 2002. gada 12. marta Ministru kabineta noteikumiem Nr.118 „Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti” ir iekļauts prioritāro zivju ūdeņu ezeru sarakstā.

3.2.2.1.-1. attēls. Shematiska Ilzas-Geraņimova ezera karte ar atzīmētu paraugu ievākšanas vietu.

3.2.2.2. Riča ezers

Riča ezers (arī Riču ezers (Avotiņa, 1984b)) atrodas Skrudalienas pauguraines malā, Augšzemes austrumu daļā, uz Latvijas un Baltkrievijas robežas (3.2.1.-1. attēls). Latvijas daļā – Daugavpils novada Demenes pagastā – atrodas Riča ezera mazākā daļa. Baseina platība - 123 km² Daugavas lielbaseinā, Dubnas baseinā. Latvijai pieder ezera ziemeļu un austrumu krasts un piekrastes akvatorija, kur dziļums pārsvarā ir 5 – 11,5 m (3.2.2.2.-1. attēls). Baltkrievijas pusē atrodas ezera dziļā vidusdaļa (otrs dziļākais ezers Baltkrievijā – 51,9 m) un piecas salas ar kopējo platību 5,7 ha. Nelielas saliņas ir arī dienvidaustrumu daļā, kur iztek Ričankas upīte. No Latvijas teritorijas Riča ezerā ietek Silupe (Silīca) no Sila ezera, Sitas ezera noteka un četri straumi no ziemeļiem. Ezerā ir daudz līču, tā krasta līnija (33,4 km) ir izrobota, austrumos krasts ir stāvs. No austrumu puses ezerā tālu iesniedzas pussala. Ezera gultne un krastmala smilšaina, ar akmeņiem, dziļumā veidojas dūņas un sapropelis (Tidriķis, 1997).

Ezers atrodas nomaļā, daļēji ierobežotas pārvietošanās zonā, tāpēc tas ir maz cilvēku saimnieciskās darbības ietekmēts, mezotrofs ar dzidru ūdeni (Tidriķis, 1997). Atsevišķās publikācijās klasificēts kā eitrofs ezers (Glazačeva, 2004). 70.ajos un 80.ajos gados Riča ezers aktīvi izmantot rekreācijā (Tidriķis, 1997; www.ezeri.lv). Austrumos krasta teritorija ir mežaina, savukārt Baltkrievijas pusē atrodas tīrumi un apdzīvotas vietas (Tidriķis, 1997).



Riča ezera apkārtnē un Silenes mežs (Markots, 1997), dabas liegums - Ilgas, dabas liegums - Glušonkas purvs veido īpaši aizsargājamu dabas teritoriju - dabas parku Silene, kas ir arī Natura 2000 teritorija. Arī Baltkrievijas pusē Riča ezers ir aizsargājams. Tāpat kā Ilzas-Geraņimova ezers, arī Riča ezers ir iekļauts prioritāro zivju ūdeņu ezeru sarakstā (2002. gada 12. marta Ministru kabineta noteikumi Nr.118).

3.2.2.2.-1. attēls. Shematiska Riča ezera karte ar atzīmētu paraugu ievākšanas vietu. Ar pārtrauktu līniju iezīmēta valsts robeža.

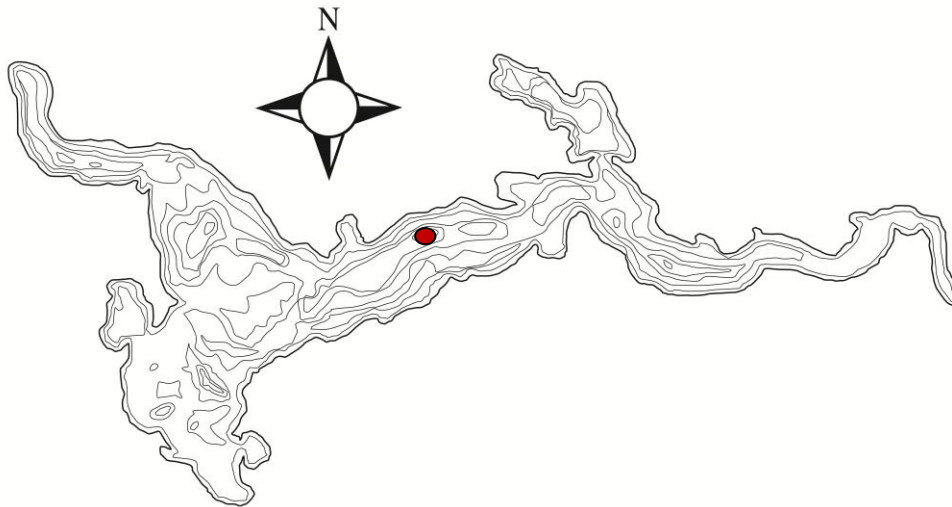
3.2.2.3. Dridža ezers

Dridža ezers (arī Dridzis, Drīdzis, Dridza, Drīdza ezers (Avotiņa, 1984c)) atrodas Latgales augstienes dienvidu daļā, Dagdas paugurainē 160,2 m vjl., Krāslavas novadā, Skaistas un Kombuļu pagastā (3.2.1.-1. attēls). Dridža ezers ir dziļākais ezers Latvijā un Baltijas valstīs (maksimālais dziļums 65,1 m), baseina platība 33,5 km², atrodas Daugavas lielbaseinā, Dubnas baseinā (Eipurs, 1995a).

Dridža ezers ir tipisks morēnu pauguru saposmojuma ezers, kas aizņem ledāja kušanas ūdeņu gultni (subglaciāls iegultnes ezers). Dridža ezers ir šaurs un dziļš ar augstu reljefa attīstību (Спурис, 1951). Krasta līnija (37,2 km) ir ļoti izrobota, krasti slīpi vai stāvi, krasta nogāzes ziemeļu malā ļoti stāvas ar turpinājumu zem ūdens. Vēl stāvas nogāzes ir ezera vidusdaļā, lielākā dziļuma zonā. Lēzenāks ir vidusdaļas dienvidu krasts (Сизов, 1959). Gari, šauri līči starp paugurainām pussalām. Ezeru dobei ir vairākas iežmaugas. Lielākās ezeru salas - Bernātu salas platība - ir 13,9 ha, pārējo salu atsevišķās platības ir nelielas. Gultnei ir sarežģīts reljefs (3.2.2.3.-1. attēls). Ezera gultni veido dažāda dziļuma (8-20 m dziļas) vagas, kas periodiski mijas. Ezera dziļuma grunts ir mālaina un smilšaina, ir arī akmeņaini un oļaini sēkļi. Smilšaini glejotā grunts sastopama visdziļākajās ezera gultnes vietās. Dienvidu pusē ezerā no lielā Āžukņa ietek Čenčupe un vairāki grāvji. Ziemeļos ir noteka no Šauru līča caur Kausiņa ezeru uz Sīveru. Pie augsta ūdenslīmeņa pastāv arī noteka pa 20. gs. 20 - tajos gados rakto kanālu uz Ota ezeru (kanāls pazemināja ezera līmeni par 0,5 metriem) (Сизов, 1959; Eipurs, 1995a; Glazačeva, 2004). Ūdens apmaiņa notiek tikai reizi 12,5 gados, ūdeņi ienes maz barības vielas. Aizauguši tikai seklākie līči - 1/10 daļa no virsas kopplatības (Eipurs, 1995a) galvenokārt ar elodejām *Elodea* un hārām *Chara* (Сизов, 1959). Kopumā ezera veģetācija ir nabadzīga. Dominē niedres *Phragmites*, meldri *Scirpus*, lēpes *Nuphar*, glīvenes *Potamogeton*, aug arī elodeja *Elodea*, no aizsargājamajām un retajām sugām – Dortmaņa lobēlija *Lobelia dortmanna*, vienzieda krastene *Littorella uniflora*.

Ihtiofaunā – līdakas *Esox lucius*, asari *Perca fluviatilis*, plauži *Abramis brama*, raudas *Rutilus rutilus*, vēdzeles *Lota lota*, kā arī Latvijas ezeros retāk sastopamie repši *Coregonus albula* un ezera salakas *Osmerus eperlanus*. 60 - tajos gados ielaistas sīgas *Coregonus laveretus* (Eipurs, 1995a).

Dažādās publikācijās, kurās ietverti dati par pētījumiem sākot no 1938. gada, Dridža ezers raksturots gan kā mēreni oligotrofs oligomezotrofs, gan mezotrofs un arī eitrofs ezers (Glazačeva, 2004).



3.2.2.3.-1. attēls. Shematiska Dridža ezera karte ar atzīmētu paraugu ievākšanas vietu.

Dridža ezers limnoloģiski nav viendabīgs. Ezera galvenais baseins jāuzskata par oligotrofu, uz ko norāda tā morfometrija, lielā caurredzamība, ūdens krāsa, lielais O_2 saturs dziļumā vasaras stagnācijas beigās un niecīgais sāļu daudzums, tomēr Dridža ezers ir attīstības stadijā no oligotrofa uz eitrofu. Atsevišķas nomaļas ezera daļas jau uzskatāmas par eitrofām (Спурис, 1951). M. Leinerte (1988) norāda, ka Dridža ezerā samazinājusies ūdens caurredzamība, pieaugusi ezera produktivitāte. Kā galvenais eitroficēšanās iemesls (barības vielu pienesējs) tiek minētas cilvēku aktivitātes – organizētie un neorganizētie tūristi (Leinerte, 1988). *Eurowaternet* monitoringa programmas ietvaros Dridzis novērtēts kā mezotrofs ezers (Glazačeva, 2004). Pēc dabas parka „Dridža ezers” aizsardzības plānā iekļautā novērtējuma (izstrādāts laika posmam no 2009. līdz 2019. gadam) Dridža ezers ir vērtējams kā mezotrofs saskaņā ar limnoloģisko pētījumu datiem (zooplanktona un fitoplanktona kvalitatīvie un kvantitatīvie rādītāji), savukārt pēc veiktajiem hidroķīmisko rādītāju mērījumiem, Dridža ezers ir oligotrofs un atbilst augstai ekoloģiskai kvalitātei (Bružika, 2008).

Dridža ezers iekļauts publisko ūdeņu sarakstā (Eipurs, 1995a). Apkārtējā teritorijā atrodas lauksaimniecībā izmantojamā un rekreācijas nolūkiem izmantojamā zeme. Stāvakajās nogāzēs, kā arī dienvidrietumu piekrastē ir meži un krūmi (Спурис, 1951). Ziemeļrietumu galā atrodas Sauleskalns ar tūrisma bāzi. Dridža ezers ar apkārtējo ainavu kopš 1977. gada ir kompleksais dabas liegums. Lieguma platība ir $25,2 \text{ km}^2$, no tiem $7,53$

km² aizņem Dridža ezers (Markots, 1995). 1999. gadā īpaši aizsargājamās dabas teritorijas kategorija mainīta uz dabas parku, kas iekļauts NATURA 2000 sarakstā. Pēc biotopu klasifikācijas Dridža ezers atbilst aizsargājamā biotipa novērtējumam – dabīgs eitrofs ezers ar iegrimušu ūdensaugu un peldaugu augāju (Kabucis, 2000).

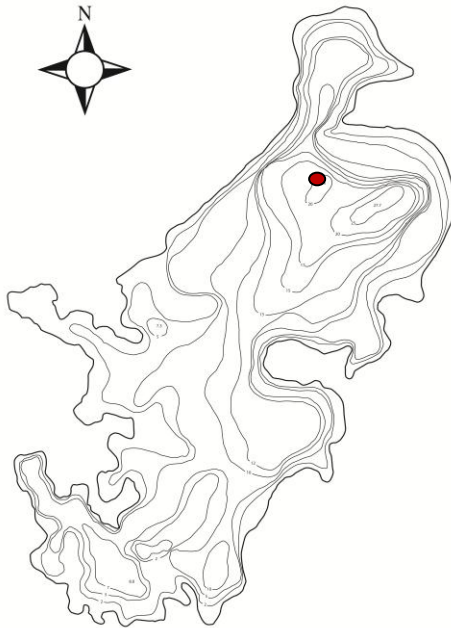
Dridža ezers ir iekļauts prioritāro zivju ūdeņu ezeru sarakstā (2002. gada 12. marta Ministru kabineta noteikumi Nr.118).

3.2.2.4. Sventes ezers

Svente jeb Sventes ezers (Avotiņa, 1984d) atrodas Latvijas dienvidaustrumu daļā (3.2.1.-1. attēls), Ilūkstes paugurainē, 137 m vjl., Daugavpils novada Svetnes pagastā (Sventes ezera dienvidu krasts ietilpst Medumu un Kalkūnes pagastu administratīvajā teritorijā). Baseina platība ir 18 km², iekļauts Daugavas lielbaseinā, Dubnas baseinā (Tidriķis, 1998). Ezera mazā baseina un lielo ūdens masu apjomu (~ 70 milj. m³) dēļ tā ūdens masa apmainās reizi 16-27 gados (pēc citiem datiem reizi 12 gados). 1963. – 1964. gadā ezera baseinā tika veikti nosusināšanas darbi (Tidriķis, 1998; Glazačeva, 2004).

Līčains, ainavisks ezers (3.2.2.4.-1. attēls). Sventes ezera dienvidu galā atrodas trīs salas, kur izveidots liegums. Ezera krasti ir augsti. Dienvidaustrumu pusē iztek Laucesas pieteka Pakrāce (Tidriķis, 1998). 1964. gadā Pakrāces izteka tika regulēta, kā rezultātā pazemināts ezera līmenis par 0,5 m (Glazačeva, 2004). Ietek viena neliela upe un aptuveni 20 grāvju. Vēl 20 gs. vidū Sventes ezers bija mezotrofs ezers (Tidriķis, 1998). Viens no dzidrākajiem Latvijā, Seki dziļums 1952. g. bija septiņi metri, 70 - tajos gados attiecīgi pieci metri. Ūdens tīrība samazinājusies sakarā ar apkārtējo teritoriju izmantošanu lauksaimniecībā (puse ezera baseina platības ir lauksaimniecībā izmantojamā zeme) un apkārtnē esošajām atpūtas nometnēm (Tidriķis, 1998). 50 - to gadu pētījumos par ezeru klasifikāciju Sventes ezers raksturots kā mezotrofs ezers (Glazačeva, 2004). Tagad ezers uzskatāms par eitrofu (Tidriķis, 1998). 1967. – 1972. g. ezerā tika ielaistas vērtīgas zivju sugas – sīgas *Coregonus laveretus* un stores *Acipenser* sp. (Glazačeva, 2004). Sventes ezers ir apzvejots, tajā mīt līdakas *Esox lucius*, asari *Perca fluviatilis*, raudas *Rutilus rutilus*, plauži *Abramis brama*, līņi *Tinca tinca*, ielaistas karpas *Cyprinus carpio* (Tidriķis, 1998).

Sventes ezers ar apkārtējo ainavu ietilpst Augšzemes aizsargājamo ainavu apvidū (platība 23,5 km²), veidojot komplekso dabas liegumu. Sventes ezera salas veido botānisko



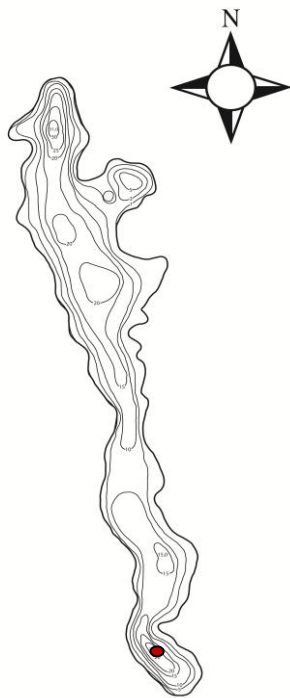
liegumu. Apkārtne ir stipri pauguraina, tajā ir liela augstuma starpība (Markots, 1998; Tidriķis, 1998). Lielākā no salām Sventes ezerā ir Višņu sala (platība 1,7 ha). Salās dominē melnalkšņu audzes mistrojumā ar bērziem un apsēm (Laiviņš, 1998).

Sventes dabas parks iekļauts NATURA 2000 sarakstā, kā arī Sventes ezers atrodas prioritāro zivju ūdeņu ezeru sarakstā (2002. gada 12. marta Ministru kabineta noteikumi Nr.118).

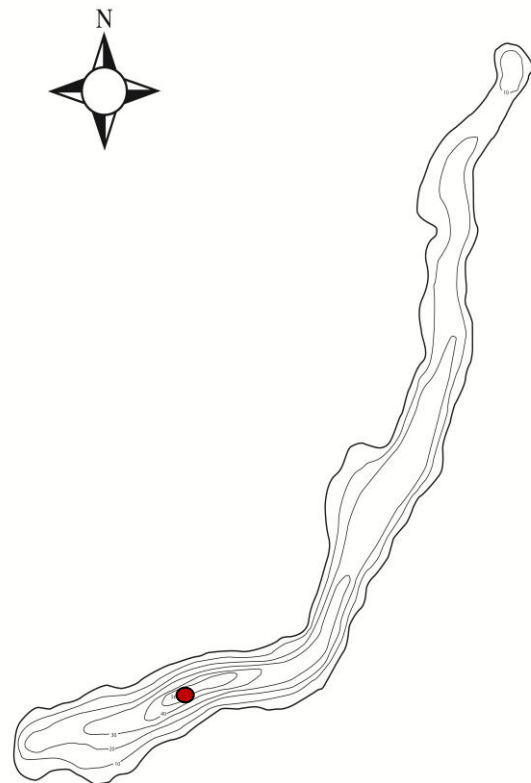
3.2.2.4.-1. attēls. Shematiska Sventes ezera karte ar atzīmētu paraugu ievākšanas vietu.

3.2.2.5. Briģenes ezers

Briģenes jeb Demenes-Briģenes ezers (Avotiņa, 1984c) atrodas Augšzemes augstienē, 147,9 m vjl., Daugavpils novadā, Demenes pagastā, starp Demeni rietumos un Briģeni austrumos (3.2.1.-1. attēls, 3.2.2.5.-1. attēls). Briģenes ezera baseina platība ir 7,5 km², atrodas Daugavas lielbaseinā, Laucesas baseinā. Ziemeļu un rietumu krasti ir stāvi, austrumu krasts ir lēzens, izrobots ar mežainām pussalām. Sānu gravās atrodas vairāki strauti un grāvis no Demenes ezera rietumos un citiem nelieliem ezeriem. Ezerā dienvidu galā atrodas noteka uz Akmenkas ezeru (Eipurs, 1994). 60 - tajos gados starp Briģenes un Akmenkas ezeru uzcelts meniķis, kā rezultātā nedaudz pazemināts ezera līmenis (Glazačeva, 2004). Briģenes ezers nav izteikti eitrocējies, ūdens ezerā ir dzidrs, dūņu maz, ezera aizaugums ir 5 % (Eipurs, 1994), lai gan ir zināms, ka atsevišķos pētījumos Briģenes ezers klasificēts kā hipereitrofs (Glazačeva, 2004). Ezerā atradušies foreļu baseini. Ezerā apkārtnē atrodas ceļi un ēkas, dabas ainavas (Eipurs, 1994). Ezerā ir viena neliela sala. Sastopamas tādas zivis kā raudas *Rutilus rutilus*, asari *Perca fluviatilis*, plauži *Abramis brama*, līdakas *Esox lucius*, līņi *Tinca tinca*, karūsas *Carassius carassius* (www.ezeri.lv).



3.2.2.5.-1. attēls. Shematiska Brīgenes ezera karte ar atzīmētu paraugu ievākšanas vietu.



3.2.2.6.-1. attēls. Shematiska Garā ezera karte ar atzīmētu paraugu ievākšanas vietu.

3.2.2.6. Garais ezers

Garais ezers (Avotiņa, 1984a) jeb Garzis (Eipurs, 1995b) atrodas Latgales augstienē 130,2 m vjl. Krāslavas novadā starp Indru un Piedruju (3.2.1.-1. attēls, 3.2.2.6.-1. attēls). Garā ezera baseina platība ir 5,7 km², tas atrodas Daugavas lielbaseinā, Dubnas baseinā. Garajam ezeram ir izliekta ezerdobe, kas ir platāka un dziļāka dienvidu daļā. Garais ezers ir otrs dziļākais ezers Latvijā. Tā apkārtnē ir pauguraine, ezera krasti pārsvarā ir stāvi, ziemeļu daļā nedaudz lēzenāki. Ezerā ziemeļu pusē ietek upīte no Baltā ezera, savukārt dienvidos iztek strauts uz Daugavu. Ūdens apmaiņa notiek reizi 8,6 gados. Vērtējams kā mezotrofs ezers, tā aizaugums ~ 5 %. Ezerā sastopamas tādas zivis kā raudas *Rutilus rutilus*, asari *Perca fluviatilis*, plauži *Abramis brama*, līdakas *Esox lucius*, līņi *Tinca tinca* un karūsas *Carassius carassius*. Ezera apkārtnē ir krūmāji, lauksaimniecības zemes un apdzīvotas teritorijas (Eipurs, 1995b; www.ezeri.lv).

3.2.3. Zooplanktona paraugu noteikšana

Zooplanktona paraugu saturs noteikts, izmantojot gaismas mikroskopu „Amplival” Carl Zeiss Jena (palielinājums 16X10). Parauga izskatītais tilpums – 3x2 ml (trīs atkārtojumi) no 100 līdz 200 ml (īpaši biezu paraugu gadījumos) paraugiem. Paraugi izskatīti Bogorova kamerā. Par reprezentatīvu parauga tilpumu sugu un indivīdu skaita noteikšanai tika uzskatīts aptuveni 5 % no parauga tilpuma (pēc Schwoerbel, 1994).

Virpotāji un zarūsaiņi noteikti līdz sugai, ja iespējams, vai līdz ģintij. Airkājvēžu grupas dzīvniekiem noteiktas attīstības stadijas (naupliji, kopepodīti, pieaugušie ciklopoīdi un kalanoīdi), kā arī noteiktas dažas kalanoīdu sugas - *Limnocalanus macrurus* un *Eudiaptomus* ģints sugas.

Zooplanktona paraugi noteikti izmantojot vispāratzītus un zināmus noteicējus:

Virpotājiem – Кутикова & Старобогатов (1977);

Zarūsaiņiem – Flossner (2000), Sloka (1981), Мануйлова (1964);

Airkājvēžiem – Einsle (1993).

3.2.4. Datu analizēšana

Aprēķinot zooplanktona organismu skaitu paraugā (n), izmantota formula $n = V \cdot n_i / v_i$:

V – koncentrētā parauga tilpums (ml);

n_i – organismu skaits izskatītajā parauga daļā;

v_i – izskatītā parauga tilpums (ml).

Rezultāts parasti izteikts kā eksemplāru skaits litrā.

Sugu dominance aprēķināta pēc formulas $D=100 \cdot (b/a)$, kur:

a – kopējais visu sugu organismu skaits;

b – jebkuras vienas sugas organismu skaits;

D – dominances indekss: dominējošās sugas > 10 %, subdominējošās sugas 5 – 10 % (pēc Schwerdtfeger, 1975).

Sorensena indekss, lai salīdzinātu divu dažādu paraugu līdzību, aprēķināts pēc formulas $K_s=2c/(a+b) \cdot 100$, kur:

c – biocenzoces A un B kopīgo sugu skaits;

a ; b – sugu skaits biocenozes A un B;

K_s – Sorensena indekss, izmantots atšķirīgu biocenožu salīdzināšanai. Rezultāts izteikts %.

Līdzīgākie pēc sugu sastāva ir ezeri, kuru Sorensena indekss > 60 % (pēc Guhl, 1987).

Zooplanktona vertikālās struktūras izmaiņas sezonas laikā analizētas, izmantojot Renkonena salīdzināmības indeksu (Krebs, 1999). Ar Canoco for Windows 4.5 programmu veikta sugu un paraugu datu kopumā ordinācija, lai izvērtētu abiotisko faktoru ietekmi un dažādu paraugu līdzību pēc sugu sastāva un indivīdu daudzuma, izmantotas DCA un RDA metodes (Ter Braak & Smilauer 1998).

Atsevišķu datu grafiskajā attēlošanā un korelācijas vērtību aprēķinos izmantota programma STATISTICA 10.0.

2010. gada sezonas (jūnijs – septembris) paraugos Dridža un Sventes ezerā analizēta indivīdu skaita dinamika trīs kalanoīdu sugām. Savstarpējā vertikālā mijiedarbība analizēta pieaugušiem īpatņiem potenciāli plēsīgajai sugai *Limnocalanus macrurus* un divām herbivorām sugām *Eudiaptomus gracilis* un *Eudiaptomus graciloides* kā iespējamai sastāvdaļai *Limnocalanus macrurus* barības bāzē. Sventes ezerā sastopamas visas trīs augstākminētās kalanoīdu sugas, kamēr Dridža ezerā sastopami tikai *Eudiaptomus* ģints kalanoīdi. Papildus analizēti atsevišķi vidi raksturojošie parametri – temperatūra, pH, ūdenī izšķīdušā skābekļa koncentrācija, hlorofila a koncentrācija.

4. Rezultāti

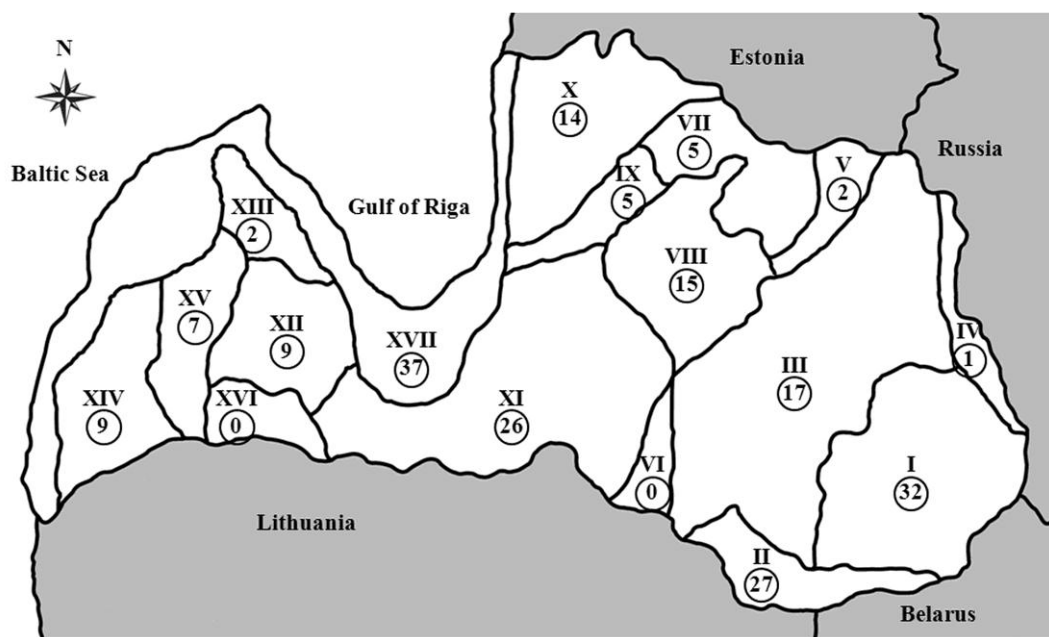
4.1. Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) fauna – pārskats

Rezultātā apkopoti dati par Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu 60 sugām un divām pasugām. Publikācijās un diplomdarbu tēzēs laika posmā no 1941. gada līdz 1995. gadam atrodamas atsauces uz 59 taksoniem, npublicētie materiāli konstatēto taksonu skaitu palielina līdz 62. Disertācijas izstrādes laikā konstatēta viena Latvijas airkājvēžu faunai jauna suga – *Cyclops bohater* Kozminski, 1933 (1. pielikums, Deimantovica et. al., 2011).

No airkājvēžiem pārstāvētas trīs saldūdeņiem raksturīgās brīvi dzīvojošo airkājvēžu kārtas. Kārtā Calanoida konstatētas 14 sugas no trīs dzimtām – Centropagidae, Diaptomidae un Temoridae. Kārtā Cyclopoida konstatētas 38 sugas un viena pasuga, visas pieder dzimtai Cyclopidae. No tās pārstāvētas divas apakšdzimtas – Cyclopinae un Eucyclopinae. Apakšdzimtas Halicyclopinae sugas netika konstatētas. Savukārt kārtā Harpacticoida pārstāvēta tikai ar 8 sugām un vienu pasugu no trīs dzimtām – Ameiridae, Canthocamptidae un Phyllognathopodidae.

Biežāk sastopamās un plašāk izplatītās Calanoida kārtas sugas Latvijā ir *Eudiaptomus gracilis* un *Eudiaptomus graciloides*. No Cyclopoida kārtas sugām tādas ir – *Cyclops strenuus*, *Megacyclops viridis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Eucyclops* ģints sugas (*E. macruroides*, *E. macrurus* un *E. serrulatus*), *Macrocyclus albidus* un *Paracyclops fimbriatus*. Savukārt par Harpacticoida kārtu nevar izdarīt viennozīmīgus secinājumus, jo zināmi ir tikai atsevišķi, reti sugu konstatēšanas gadījumi.

Sugām bagātākie ģeomorfoloģiskie reģioni Latvijā (4.1.-1. attēls) ir Piejūras zemiene, Latgales augstiene, Augšzemes augstiene un Viduslatvijas zemiene. Konstatēto sugu skaits šajos reģionos ir 37 – 27 sugas. Par diviem (no kopā 17) ģeomorfoloģiskajiem reģioniem nav nekādu airkājvēžu datu, dažos pēc pašreiz eksistējošiem datiem un atsaucēm konstatētas tikai atsevišķas sugas. Lielākā daļa konstatēto sugu ir izplatītas Palearktiskajā apgabalā un tikai dažas ir plašāk izplatītas un var tikt uzskatītas par kosmopolītām.



4.1.-1. attēls. Ģeomorfoloģiskais zonējums Latvijā (pēc Вадзис и др. (1976), no Deimantovica et. al., (2011)).

Austrumlatvija (I, Latgales augstiene; II, Augšzemes augstiene; III, Austrumlatvijas zemiene; IV, Mudavas zemiene); Viduslatvija (V, Alūksnes augstiene; VI, Sēlijas paugurvalnis; VII, Vidusgaujas ieplaka; VIII, Vidzemes augstiene; IX, Gaujas senleja un apkārtnē; X, Ziemeļrietumu Vidzemes pacēlums; XI, Viduslatvijas zemiene); Rietumlatvija (XII, Austrumkurzemes augstiene; XIII, Ziemeļkurzemes augstiene; XIV, Rietumkurzemes augstiene; XV, Ventas-Usmas ieplaka; XVI, Dienvidkurzemes zemiene); XVII, Piejūras zemiene. Apvilkto skaitļi norāda brīvi dzīvojošo saldūdens Copepoda sugu skaitu katrā ģeomorfoloģiskajā rajonā.

4.2. *Cyclops bohater* Kozminski, 1933 – jauna suga Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo aīrkājvėžu faunā

Cyclops bohater tika konstatēš divos Latvijas ezeros – Briģenes un Sventes. Briģenes ezerā 2008. gada maijā planktonā tika konstatēti šīs sugas īpatņi kopepodītu IV stadijā. Savukārt Sventes ezerā 2007. gada augustā un 2009. gada septembrī tika konstatēti pieauguši īpatņi. Šīs sugas indivīdiem ir tendence uzturēties dziļākos ūdens slāņos un sugas morfoloģiskais raksturojums kā tēviņiem, tā mātītēm lielā mērā atbilst tam, kas atrodams citu autoru darbos par šo sugu, kā Z. Kozminski (1936), U. Einsle (1975, 1985, 1993, 1996), B. H. Dussart (1958). Tēviņu morfometrijas apraksts papildina līdz šim eksistējošo nelielo pieejamo informāciju literatūrā – Z. Kozminski (1936). Kopējais ķermeņa garums mātītēm bija robežās no 1655 līdz 1810 μm, tēviņiem 1367 – 1635 μm (2. pielikums, 3. pielikums). Ķermeņa ceturtais un piektais segments izteikti veidots, bet bez spārņveida izaugumiem. Taustekļu pirmais pāris sastāv no 17 segmentiem mātītēm un 16 segmentiem tēviņiem taustekļu otro pāri veido četri segmenti abiem dzimumiem. Krūšu kāju adatu formula (*spine formula*) ir 3433. Mātītēm otrā taustekļu pāra pirmajam segmentam raksturīgas atsevišķas grupas izteiktu, garu dzelkšņu (*spinules*). Arī mutes orgānu daļām (*maxillule*) atrodamas sugai raksturīgas pazīmes – visvairāk proksimālais sānu daivas sars un visvairāk proksimālais maksillulas taustekļa (*maxillular palp*) sars ir ar skaidri saskatāmiem matiņiem (*setules*) aptuveni 1/3 sara garumā tuvāk pamatnei. Maksillulas taustekļa ornamentācija netika konstatēta. Ceturtās krūšu kājas bazālās daļas segments ir ar atsevišķām adatu grupām. No sešām *Cyclops* ģintij raksturīgajām adatu grupām (Einsle, 1996) *Cyclops bohater* mātītēm izteiktas ir A un C grupas adatas, bet B un F grupas adatas nav atrodamas, savukārt D un E grupas adatas bija neizteiktas vai nebija atrodamas vispār. Ceturtās krūšu kājas endopodīta trešā segmenta garuma un platuma attiecība variēja robežās no 2,5:1 līdz 3:1. Piektās kājas otrais segments ir slinks, laterālā adata atrodas aptuveni tā vidū un ir īsāka par pašu segmentu. Furkas iekšējā mala gan tēviņiem, gan mātītēm ir ar matiņiem, un furkas garuma un platuma attiecība mātītēm variēja no 6,1:1 līdz 7,4:1. Tēviņu furkas ir īsākās kā mātītēm. Detalizēts *Cyclops bohater* tēviņu un mātīšu morfometrijas apraksts un ķermeņa proporciju indeksi publicēti autores darbā „New records of the *Cyclops bohater* Kozminski, 1933 from Latvia’s lakes” (Deimantovica, 2010) (2. pielikums, 3. pielikums).

4.3. Dziļo ezeru ekoloģija un pelagiāla zooplanktona vertikālā struktūra

4.3.1. Vidi raksturojošie abiotiskie faktori

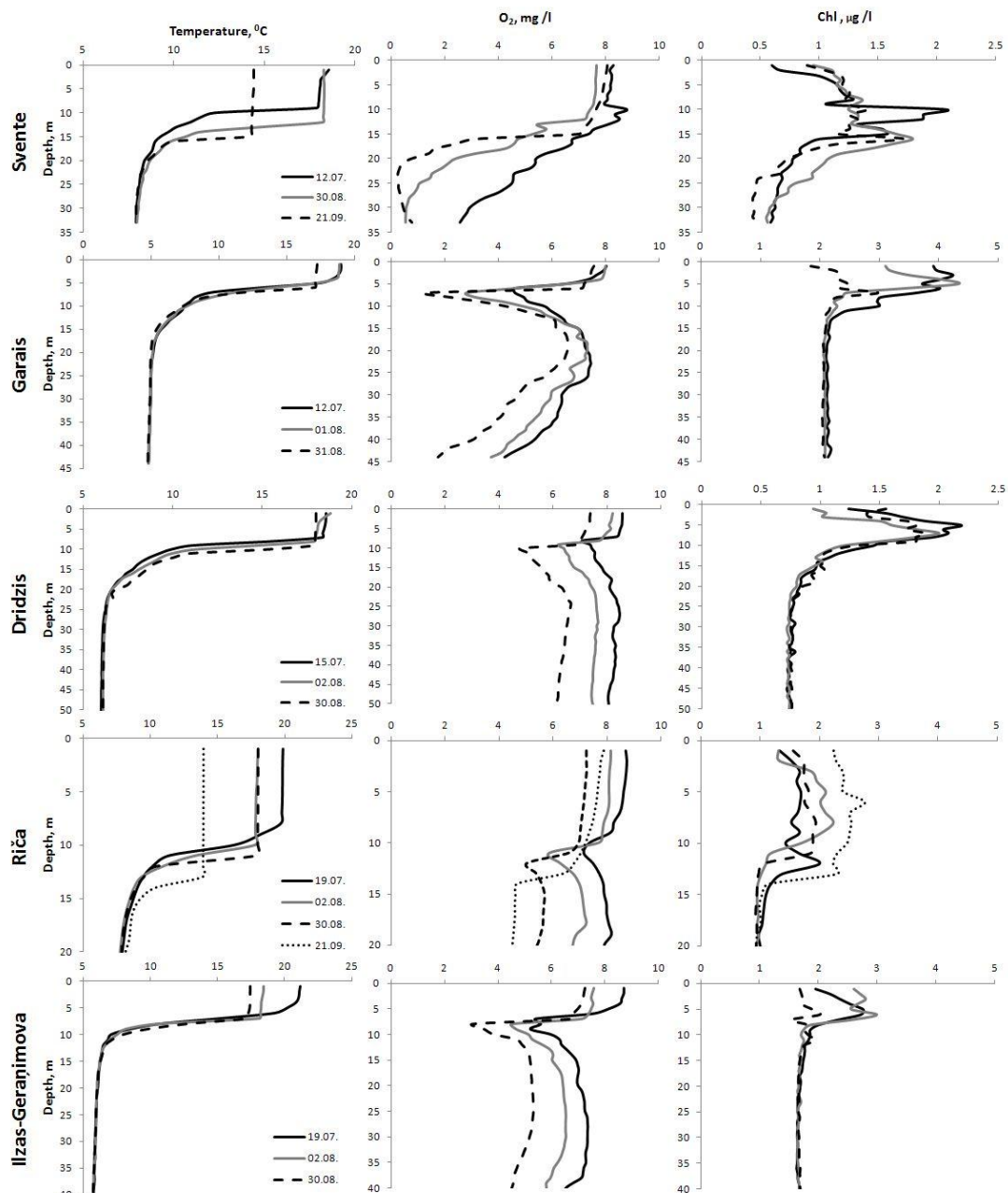
4.3.1.1. 2007. gadā apsektie ezeri – Dridzis, Ilzas-Geraņimova, Riča, Sventes, Garais ezers

Temperatūras režīms apsekotajos ezeros atbilst tipiskam vasaras ūdens noslāņošanās paraugam, kad dziļie ezeri veido trīs izteiktus vertikālos slāņus – epilimniju, metalimniju (jeb termoklīnu, temperatūras lēcienoslāni) un hipolimniju (4.3.1.1.-1. attēls). Ievērojamākās termoklīna dziļuma izmaiņas sezonas laikā tika konstatētas ezeram ar vismazāko maksimālo un vidējo dziļumu – Sventes ezeram. Tā termoklīna augstākās un zemākās robežas laika posmā no jūlija vidus līdz septembra beigām svārstījās starp sešiem un septiņiem metriem. Savukārt izteiktākās temperatūras svārstības tika konstatētas Garajā un Ilzas-Geraņimova ezerā jūlijā, kad temperatūra ūdens augšējā slānī bija 18,9⁰C (Garais ezers) un 21,2⁰C (Ilzas-Geraņimova ezers), bet tuvu ezera gruntij temperatūra sasniedza 4,8⁰C (Garais ezers) un 5,7⁰C (Ilzas-Geraņimova ezers). Augusta un septembra mēnešos termoklīns ūdens kolonnā nobīdījās nedaudz dziļāk (4.3.1.1.-1. attēls).

Skābekļa vertikālais gradients Sventes ezerā veido negatīvu heterograda līkni, kas raksturīga eutrofiem ezeriem tādos gadījumos, kad jau metalimnijā ir izveidojies skābekļa minimuma stāvoklis (4.3.1.1.-1. attēls). Ezera dziļumā, piegrunts tuvumā, septembrī Sventes ezerā izšķīdušā skābekļa daudzums bija tuvu 0 mg/l. Zooplanktona organismiem piemēroti skābekļa apstākļi visā apsekošanas periodā tika konstatēti tādos ezeros kā Dridža, Riča un Ilzas-Geraņimova ezeros. Garajā ezerā vasaras otrajā pusē tika novēroti divi skābekļa koncentrācijas deficīta dziļumi: septiņu līdz astoņu metru dziļumā (1,3-2,2 mg/l) un hipolimnijā, piegrunts slānī, dziļāk par 42 m (mazāk nekā 2 mg/l). Dridža, Riča un Ilzas-Geraņimova ezeros skābekļa samazināšanās tika novērota metalimnija slāņa robežās, bet hipolimnija slānī skābeklis samazinājās salīdzinoši nedaudz.

Hlorofila a koncentrācijas mērījumos konstatētais maksimums tika novērots ūdens augšējā slānī (4.3.1.1.-1. attēls). Visos ezeros, izņemot Sventes ezeru, šis maksimums atradās 0-10 m ūdens slāņa robežās (precīzāk starp 5 un 10 m, pie epilimnija zemākās robežas). Sventē hlorofila a koncentrācijas maksimums tika konstatēts dziļāk un sniedzās līdz aptuveni 15 m dziļumam. Sventes un Dridža ezerā hlorofila a koncentrācijas maksimums tika izmērīts jūlijā (attiecīgi 2,1 un 2,2 μg/l). Savukārt Garajā ezerā un Ilzas-Geraņimova ezerā ezerā hlorofila a koncentrācijas maksimums tika konstatēts augusta sākumā (attiecīgi 4,3 un 3 μg/l). Riča ezerā hlorofila a koncentrācijas maksimums tika konstatēts septembra beigās un

bija 2,7 $\mu\text{g/l}$. Pārējos ezeros (ne Riča ezerā) hlorofila a koncentrācijas maksimums septembrī atradās dziļākos ūdens slāņos nekā vasarā.



4.3.1.1.-1. attēls. Temperatūras (Temp, $^{\circ}\text{C}$), skābekļa (O_2 , mg/l) un hlorofila a (CHL, $\mu\text{g/l}$) izmaiņas Sventes, Garajā, Dridža, Riča un Ilzas-Geraņimova ezerā 2007. gada jūlijā, augustā un septembrī. Riča ezera dziļumu raksturojošā ass ir vērtību ziņā ievērojami mazāka nekā citiem ezeriem.

Seki dziļums no apsekotajiem ezeriem vislielākais bija Sventē. Ilzas-Geraņimova, Riča un Dridža ezeros Seki dziļums augustā bija vidēji 3,5 m. Garajā ezerā Seki dziļums bija vismazākais – 2,6 m jūlijā un 1,9 m augusta sākumā. Savukārt Sventes ezerā jūlijā Seki dziļums bija 7 m, bet augustā un septembrī 6 m.

Augstākā vidējā **elektrovadītspēja**, kas tika konstatēta paraugu vākšanas sezonā, bija aptuveni 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ un bija raksturīga tādiem ezeriem kā Garais ezers un Ilzas-Geraņimova ezers. Dridža ezerā elektrovadītspēja bija 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bet Riča un Sventes ezeros tā bija attiecīgi 250 un 226 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

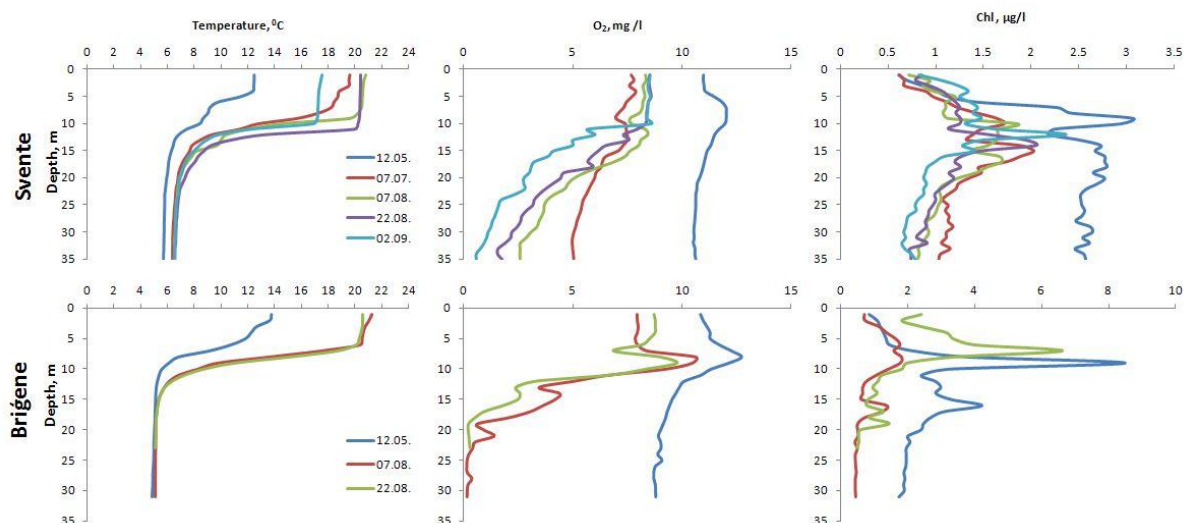
Vidējais **pH** līmenis visos ezeros bija robežās no 7,76 līdz 8,18. Augšējā ūdens slānī tas vienmēr bija nedaudz augstāks un pakāpeniski samazinājās dziļākos ūdens slāņos.

ORP (oksidēšanās-reducēšanās potenciāls) apstākļi var tikt vērtēti kā salīdzinoši līdzīgi visos ezeros. Jūlijā tie ir aptuveni 450 mV epilimnija slānī, tālāk metalimnija slānī ORP paaugstinās līdz pat 500 mV un pēc tam, dziļuma virzienā nedaudz samazinās. Augusta un septembra mēnešos ORP epilimnija slānī samazinājās līdz aptuveni 350 mV, epilimnija slānī paaugstinājās līdz 400 mV un tādā līmenī arī saglabājās visas atlikušās ūdens kolonnas dziļumā. Vienīgais izņēmums ir Sventes ezers, kurā ORP palielinājās metalimnija slānī jūlijā un tam neseko gandrīz nekāda šī vidi raksturojošā faktora rādītāja pazemināšanās dziļākos ūdens slāņos. Savukārt augustā un septembrī Sventes ezerā ORP būtiski samazinājās. Septembrī hipolimnija slānī reģistrētie ORP rādītāji Sventes ezerā bija zem 200 mV.

4.3.1.2. 2008. gadā apsektie ezeri – Sventes un Briģenes ezers

Sventes ezerā 2008. gada sezonā (no maija līdz septembrim) izteikts termoklīna slānis novērots jūlija un augusta mēnešos. Maijā ūdens vēl nav tik noslāņojies, bet augusta beigās un septembrī, lai arī vēl nenotiek ūdens sajaušanās, termoklīna slānis ir salīdzinoši neliels, apmēram trīs metrus dziļš (salīdzinājumam - maijā, jūlijā un augusta sākumā tie bija seši līdz septiņi metri). Briģenes ezerā ūdens virsējā slāņa **temperatūra** ir nedaudz augstāka nekā Sventes ezerā visos apsekotajos mēnešos. Maija mēneša termoklīna gradients ir izteiktāks Briģenes ezerā. Salīdzinot ar 2007. gadu, arī šajā apsekošanas sezonā Sventes ezerā tika konstatētas ievērojamas termoklīna dziļuma izmaiņas (termoklīna slāņa augšējā robeža tika konstatēta pie sešiem metriem maijā, savukārt septembrī tas bija aptuveni 13 m dziļumā). Gan Sventes, gan Briģenes ezerā sezonas laikā termoklīns ūdens kolonnā tika konstatēts aizvien dziļākā ūdens slānī (4.3.1.2.-1. attēls). Visaugstākā temperatūra tika novērota augusta sākumā, kad virsējā ūdens temperatūra Sventes ezerā sasniedza 20,8⁰C, bet Briģenes ezerā tā bija 21,2⁰C. Vidējā ūdens temperatūra ūdens kolonnā Sventes ezerā svārstījās no 7,5⁰C (maijā) līdz 11,6⁰C (augusta beigās), Briģenes ezerā no 6,7⁰C (maijā) līdz 10,7⁰C (augusta beigās).

Visas sezonas laikā epilimnijs un augšējā metalimnija slāņa robeža abos ezeros ir piesātināta vai pārsātināta ar **skābekli** (4.3.1.2.-1. attēls). Īpaši to var attiecināt uz maija mēneša datiem, kad skābekļa daudzums ūdens profilā ir aptuveni vienāds gan augšējos, gan arī pašos apakšējos slāņos (Sventes ezerā - 11 mg/l viena metra dziļumā un 10,6 mg/l 35 m dziļumā, Briģenes ezerā – 10,8 mg/l viena metra dziļumā un 8,8 mg/l 31 m dziļumā). Jāatzīmē, ka Briģenes ezerā metalimnija slāņa robežās novērojama skābekļa koncentrācijas palielināšanās, salīdzinot ar epilimnija un hipolimnija slāņiem. Jau jūlijā Sventes ezerā vidējais ūdens profila skābekļa daudzums strauji samazinās no 11 mg/l maijā uz 6,4 mg/l jūlijā, vēl vairāk samazinoties augustā un septembrī. Sventes ezerā augustā un septembrī zem 19-25 m dziļuma robežslāņa skābekļa daudzums ir mazāks nekā 4 mg/l. Briģenes ezerā šis dziļuma robežslānis augustā bija jau 12-16 m. Abos ezeros vasaras beigās, rudens sākumā skābekļa daudzums slāņos pie grunts ir tuvs nullei un ir novērojams salīdzinoši straujš skābekļa koncentrācijas kritums pie termoklīna zemākās robežas un hipolimnija slānī, īpaši tas atzīmējams par Briģenes ezeru (4.3.1.2.-1. attēls).



4.3.1.2.-1. attēls. Temperatūras (Temp, °C), skābekļa (O₂, mg/l) un hlorofila a (CHL, µg/l) izmaiņas Sventes un Briģenes ezerā 2008. gada maijā, jūlijā, augustā un septembrī.

Vislielākais **hlorofila a** daudzums abos ezeros novērojams pavasarī, maijā, sākot no septiņu metru dziļuma tas pārsniedz 2 µg/l (4.3.1.2.-1. attēls). Sventes ezerā hlorofila a koncentrācija sasniedza šajā pētījumā konkrētajā ezerā konstatēto maksimumu – 3,1 µg/l deviņu metru dziļumā un vidēji ūdens profilā tā bija 2,3 mg/l. Savukārt Briģenes ezerā novērotais maksimums bija 8,5 µg/l arī deviņu metru dziļumā, bet vidēji ūdens profilā

hlorofila a koncentrācija sasniedza 2,4 µg/l. Turpmākajos sezonas mēnešos vidējais hlorofila a daudzums dziļuma profilā nepārsniedz 1,2 µg/l Sventes ezerā un 1,9 µg/l Briēnes ezerā. Sventes ezerā hlorofila a koncentrācija izteikti samazinājās, tuvojoties septembrim (4.3.1.2.-1. attēls).

Seki dziļums Sventes ezerā 2008. gada augusta sākumā bija 8,7 m, Briēnes ezerā maijā Seki dziļums bija 5 m, bet augusta sākumā 6,6 m.

Elektrovadītspēja Briēnes ezerā (sezonas laikā no 318 līdz 334 µS/cm) bija nedaudz augstāka kā Sventes ezerā (sezonas laikā no 212 līdz 312 µS/cm). Augustā gan Sventes, gan Briēnes ezerā elektrovadītspēja ir ievērojami zemāka ūdens slānī 0-10 m (Sventē) un 0-5 m (Briēnē), pārējā laikā elektrovadītspējas rādītāji ir salīdzinoši viendabīgi. Sventes ezerā caurmērā zemākā elektrovadītspēja tika konstatēta maijā un septembrī, Briēnes ezerā – maijā.

Vidējā ūdens kolonnas **pH** vērtība paraugu ievākšanas laikā Sventes ezerā svārstījās no 6,9 – 7,2, savukārt Briēnes ezerā no 6,8 – 7. Ph samazinājās virzienā no augšējiem uz apakšējiem ūdens slāņiem. Salīdzinot ar 2007. gadu, pH daudzums Sventes ezerā ir nedaudz zemāks.

ORP vidējā vērtība ūdens kolonnā maijā abos ezeros ir ļoti līdzīga – 450 mV. Turpmākos mēnešos Sventes ezerā tā saglabājas gandrīz nemainīga, kamēr Briēnes ezerā dziļumā zem 15 m ORP samazinās gan augusta sākumā (vidējā vērtība ūdens kolonnā 294 mV), gan augusta beigās (vidējā vērtība ūdens kolonnā 335 mV). Sventes ezerā izteiktākas ORP svārstības ūdens kolonnas robežās ir mēnešos ar izteiktu termisko slāņojumu termoklīna slāņa robežās.

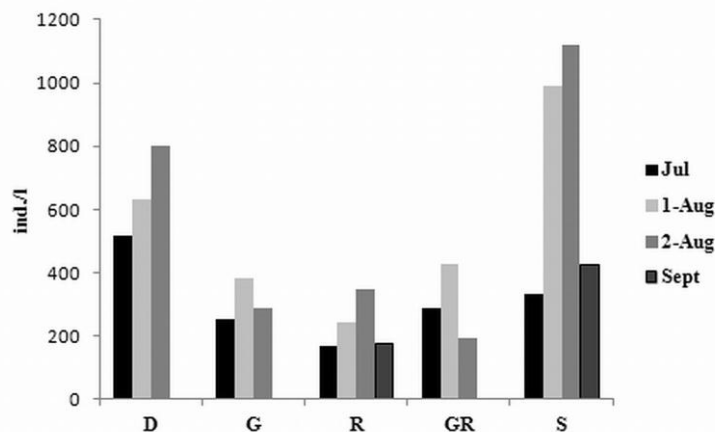
4.3.2. Biotiskie faktori – zooplanktons, tā daudzums, sugu daudzveidība un vertikālais sadalījums

4.3.2.1. 2007. gadā apsektie ezeri – Dridzis, Ilzas-Geraņimova, Riča, Sventes, Garais ezers

Lielākais zooplanktona taksonu skaits tika konstatēts Sventes un Dridža ezeros (katrā 38 taksoni). Zemākais konstatēto taksonu skaits bija Garajā ezerā – 24 taksoni. Kopā visos ezeros noteiktas 15 virpotāju ģintis (līdz sugai noteiktas – 14 sugas, kopējais konstatēto taksonu skaits - 20), no zarūsaiņiem noteiktas 13 ģintis (līdz sugai noteiktas – 22 sugas, kopējais konstatēto taksonu skaits – 26). No airkājvēžiem atsevišķi atzīmēta viena ģintis *Eudiaptomus* sp. un viena suga *Limnocalanus macrurus* (4. pielikums).

Pēc Sorensena līdzības indeksa starp visiem ezeriem pēc sugu sastāva tika novērota samērā augsta līdzība, sākot no 69,8 % starp Garo un Sventes ezeru un līdz pat 88,9 % starp Riča un Ilzas-Geraņimova ezeru.

Vislielākais zooplanktona īpatņu daudzums tika konstatēts Sventes un Dridža ezerā (4.3.2.1.-1. attēls).

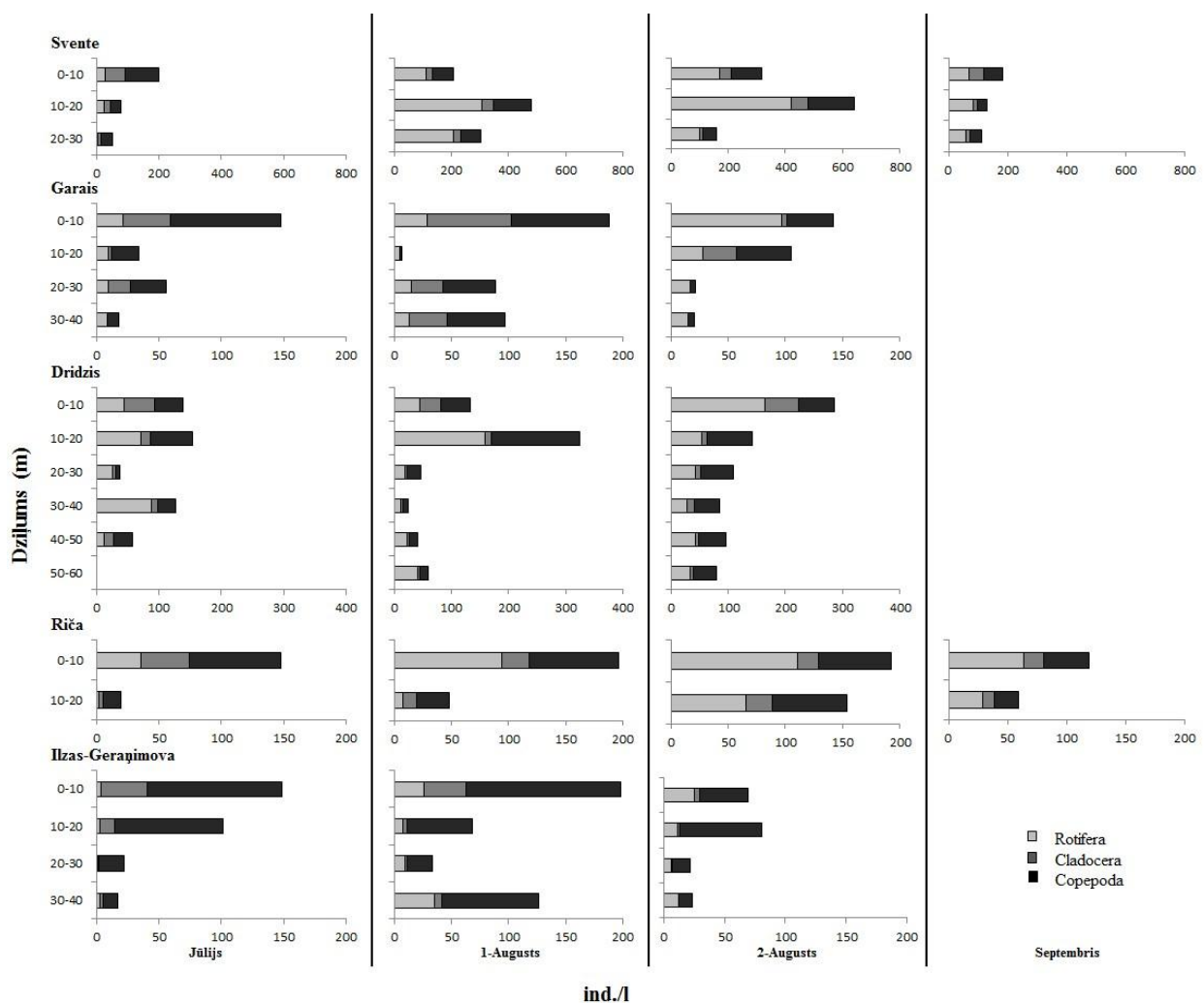


4.3.2.1.-1. attēls. Zooplanktona daudzums (ind./l) paraugu vākšanas sezonā 2007. gadā no jūlija līdz septembrim D-Dridža, G-Garajā, R-Riča, GR-Ilzas-Geraņimova, S-Sventes ezerā. 1-Aug – augusta sākums, 2-Aug – augusta beigās.

Visos ezeros maksimālais zooplanktona daudzums paraugu vākšanas laikā novērots augustā. Riča un Sventes ezeros zooplanktona daudzums samazinājās septembrī (4.3.2.1.-1. attēls), ko lielākoties izskaidro virpotāju skaita samazināšanās. Domājams, ka līdzīga situācija būtu vērojama arī Dridža, Garajā un Ilzas-Geraņimova ezeros septembrī. Dridža, Sventes un Riča ezeros netika novērots izteikts zarūsaiņu skaita maksimums. Atšķirības starp šīs zooplanktona grupas indivīdu skaitu augustā un skaitu citā paraugu vākšanas laikā nebija būtiskas. Toties Sventes ezerā airkājvēžu indivīdu skaita ziņā nebija izteikta attīstības maksimuma. Ilzas-Geraņimova ezerā zarūsaiņi tika konstatēti lielākā skaitā jūlijā un augusta sākumā, īpaši tas attiecas uz ūdens augšējo slāni. Augusta beigās zarūsaiņu skaits Ilzas-Geraņimova ezerā samazinājās. Savukārt virpotājiem attiecībā uz to skaita izmaiņām Ilzas-Geraņimova ezerā tika novērots pretējs sezonālās attīstības modelis (4.3.2.1.-2. attēls), to skaits jūlijā bija vismazākais, bet paaugstinājās augustā. Garajā ezerā virpotāju un abu vēžveidīgo zooplanktona grupu dzīvnieku skaita maksimumi nepārklājās. Kopējais virpotāju skaits šajā ezerā palielinājās augustā, sasniedzot maksimumu mēneša beigās, kamēr zarūsaiņu un airkājvēžu skaits palielinājās augusta sākumā, bet samazinājās augusta beigās. Dridža ezerā airkājvēžu proporcionālā attiecība pret pārējām zooplanktona dzīvnieku

grupām palielinājās augusta beigās, virpotājiem tika novērota pretēja populācijas skaita attīstības tendence (4.3.2.1.-2. attēls).

Kopumā Riča, Dridža un Sventes ezeros dominantā un skaita ziņā vairāk pārstāvētā zooplanktona organismu grupa ir virpotāji, bet Ilzas-Geraņimova un Garajā ezerā – airkājvēži.



4.3.2.1.-2. attēls. Zooplanktona vertikālās struktūras izmaiņas 2007. gada paraugu vākšanas sezonā Latgales dziļajos ezeros. 1-Augusts – augusta sākums, 2-Augusts – augusta beigas.

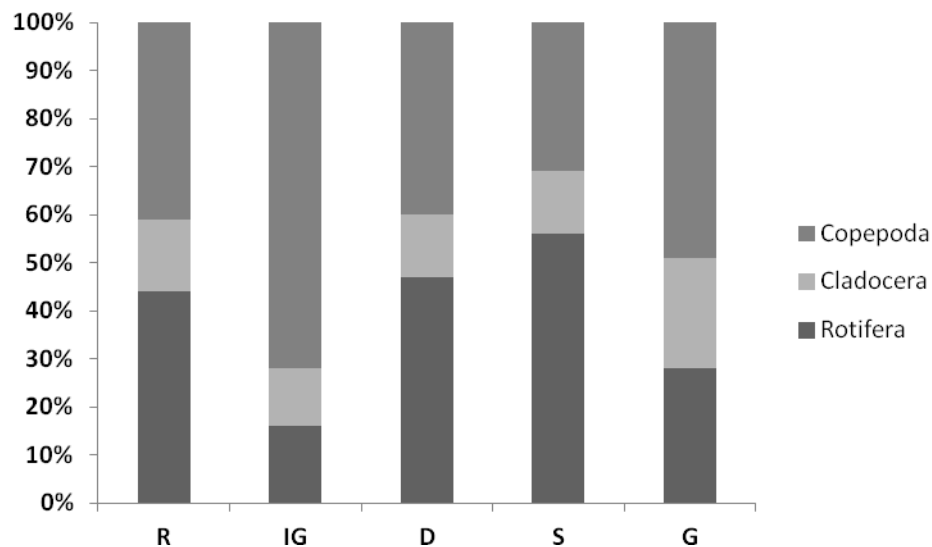
Ar zooplanktonu bagātākais slānis bija augšējais 0-20 m robežās esošais ūdens slānis visām zooplanktona dzīvnieku grupām ar atsevišķiem izņēmumiem (4.3.2.1.-2. attēls). Šī slāņa robežās koncentrējās vidēji 61 % – 78 % no visa kopējā zooplanktona daudzuma. Ezeriem ar vislielāko dziļumu (Dridzim un Garajam ezeram) tie bija attiecīgi vidēji 61 % un 69 % no kopējā zooplanktona daudzuma. Ilzas-Geraņimova un Sventes ezeriem tie bija attiecīgi vidēji 75 % un 78 % no kopējā zooplanktona daudzuma. Zarūsaiņiem Dridzī un Sventes ezerā tika novērota tendence vairāk atrasties augšējā ūdens slānī, kamēr virpotāji konstatēti

lielākā daudzumā ūdens slānī zem 10 m. Arī Garajā ezerā abas vēžveidīgo zooplanktonu dzīvnieku grupas lielākā daudzumā sastopamas 0-10 m ūdens slāņa robežās, tomēr to skaits attiecībā pret dziļumu nesamazinājās tik krasi kā tas samazinājās virpotājiem. Riča ezerā airkājvēži dominēja dziļākos ūdens slāņos, bet virpotāji augšējā ūdens slānī.

Airkājvēži (Copepoda)

Airkājvēžiem visā paraugu vākšanas periodā dominē naupliji – Ilzas-Geraņimova, Dridža, Sventes un Garajā ezerā. Riča ezerā naupliji dominē, sākot no jūlija sākuma līdz augusta beigām, toties septembrī dominē kopepodīti un pieaugušie īpatņi. Neskatoties uz to, arī Riča ezerā naupliji veidoja lielāko daļu no kopējā airkājvēžu daudzuma.

Dridzī un Garajā ezerā kopepodīti bija sastopami lielā daudzumā jūlijā, vēlāk to skaits samazinājās. Kopumā, apsekotās sezonas laikā airkājvēži sastādīja 72 % no kopējā zooplanktona daudzuma Ilzas-Geraņimova ezerā un nepārsniedza 49 % pārējos ezeros. Vismazākais airkājvēžu daudzums bija Sventes ezerā – 31 % no kopējā zooplanktona daudzuma (4.3.2.1.-3. attēls).



4.3.2.1.-3. attēls. Zooplanktona organismu galveno taksonu grupu proporcionālais sadalījums Latgales dziļajos ezeros (R – Riča, IG – Ilzas-Geraņimova, D – Dridža, S – Sventes, G – Garais ezers). Atspoguļoti vidējie zooplanktona daudzuma rādītāji visā paraugu vākšanas laikā 2007. gadā.

Zarūsaiņi (Cladocera)

Zarūsaiņu indivīdu skaits bija 12 % - 23 % no kopējā zooplanktona pēc indivīdu daudzuma. Vismazāk to bija Ilzas-Geraņimova ezerā (12 %), visvairāk Garajā ezerā (23 %) (4.3.2.1.-3. attēls). Atsevišķu sugu dominance nebija tik izteikta kā virpotājiem. Kā dominantas vai subdominantas tika konstatētas sugas *Daphnia* (*Daphnia*) *cucullata*,

Diaphanosoma brachyurum, *Bosmina (Eubosmina) crassicornis*, *Bosmina (Eubosmina) longispina* un *Daphnia (Daphnia) cristata*.

Dridža ezerā šādas sugas bija sastopamas visos paraugos - *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Bosmina (Eubosmina) crassicornis* un *Daphnia (Daphnia) cucullata*. Līdzīga situācijā novērota Sventes ezerā, kur subdominējošās sugas bija *Bosmina (Eubosmina) crassicornis*, *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Daphnia (Daphnia) cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*. Garajā ezerā suga *Daphnia (Daphnia) cucullata* bija sastopama kā periodiski dominējoša, bet suga *Diaphanosoma brachyurum* kā subdominanta (tā konstatēta arī visos Riča ezera paraugos). Tomēr *Diaphanosoma brachyurum* proporcionālā attiecībā ir augstāka dziļākos ūdens slāņos rudenī un augšējos ūdens slāņos vasaras laikā. Ilzas-Geraņimova ezerā netika novērotas izteikti dominējošas zarūsaiņu sugas. *Daphnia (Daphnia) cucullata* bija sastopama visā paraugu ņemšanas laikā, īpaši ūdens slānī 0-10 m.

Bez jau minētās *Daphnia (Daphnia) cucullata*, arī tādas sugas kā *Bosmina (Eubosmina) crassicornis* un *Diaphanosoma brachyurum* ūdens kolonnā lielākā skaitā lielākoties tika konstatētas ūdens slāņa 0-10 m robežās, retāk 10-20 m ūdens slānī.

Plēsīgo zarūsaiņu sugas, tādas kā *Polyphemus pediculus*, *Leptodora kindti* un *Bythotrephes longimanus*, bija pārstāvētas ļoti nelielā skaitā. Lielākais skaits (1,2 % no kopējā zooplanktona organism skaita) tika konstatēts sugai *Polyphemus pediculus*. Vidēji plēsīgās zarūsaiņi veidoja līdz 0,5 % no kopējā zooplanktona organismu skaita.

Virpotāji (Rotifera)

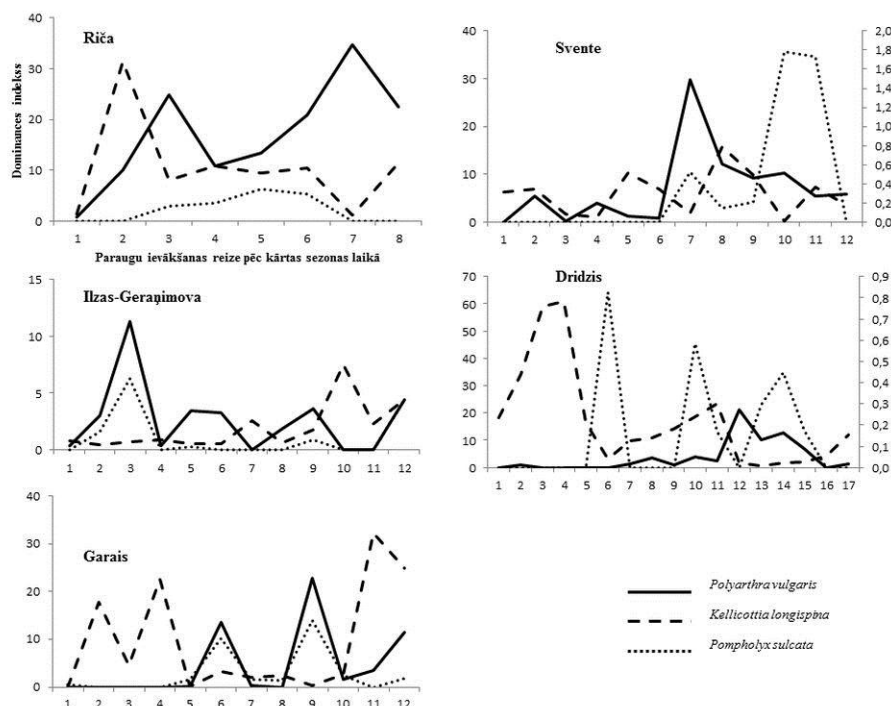
Skaita ziņā virpotāji bija dominējošie Sventes ezerā (56 %), tāpat to bija daudz Dridža (47 %) un Riča ezerā (44 %), bet vismazāk no kopējā zooplanktona organism skaita tie bija pārstāvēti Ilzas-Geraņimova ezerā (16 %) (4.3.2.1.-3. attēls). Dominējošo virpotāju sugu komplekss bija līdzīgs visiem apsekotajiem ezeriem. Kā dominējošas sugas jāmin *Conochilus (Conochilus) hippocrepis*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Filinia longiseta* un *Kellicottia longispina*. Visos ezeros *Keratella cochlearis* bija viena no visvairāk izplatītajām sugām, konstatēta katrā paraugu ņemšanas reizē. Lielākā skaitā šī suga tika novērota augusta sākumā un augusta beigās. Ilzas-Geraņimova un Sventes ezeros *Keratella cochlearis* bija sastopama īpaši lielā skaitā ūdens slānī, kas dziļāks par 20 m. Otrā izplatītākā un skaita ziņā bagātākā virpotāju suga Dridzī, Garajā un Sventes ezerā bija *Kellicottia longispina*, kas parādījās kā dominanta suga jūlija un augusta beigās, īpaši ūdens slānī, kas dziļāks par 10 m.

Šīs abas sugas, *Keratella cochlearis* un *Kellicottia longispina*, pastāvēja līdzās kā dominējošas sugas augustā. Suga *Polyarthra vulgaris* periodiski dominēja Sventes ezerā, Garajā ezerā, Riča un Ilzas-Geraņimova ezeros, sugas dominances indekss palielinājās vasaras beigās un rudenī.

Suga *Conochilus (Conochilus) hippocrepis* tika novērota kā subdominanta un dominanta suga Sventes un Riča ezeros vasaras mēnešu laikā, bet tās skaits samazinājās septembrī.

Suga *Filinia longiseta* parādījās kā dominanta tikai dažos paraugos no dziļākiem ūdens slāņiem (10-45 m) Garajā ezerā.

Dažu virpotāju sugu starpā varēja novērot noteiktu vertikālo un sezonālo segregāciju, piemēram, starp sugām *Kellicottia longispina* un *Polyarthra vulgaris* (visos ezeros) un starp sugām *Kellicottia longispina* un *Pompholyx sulcata* (izņemot Riča ezeru). Minēto sugu skaita maksimumi nepārklājās (4.3.2.1.-4. attēls). Tomēr savā starpā sugas nekorelē.



4.3.2.1.-4. attēls. Virpotāju sugu *Polyarthra vulgaris*, *Kellicottia longispina* un *Pompholyx sulcata* skaita izmaiņas (atspoguļotas ar dominances indeksa vērtību) paraugu ievākšanas sezonas laikā (2007. gadā no jūlija līdz septembrim) dziļajos Latgales ezeros. Asu nosaukumi visiem grafikiem tādi kā Riča ezera grafikam. Sekundārā y-ass Dridža un Sventes ezera grafikiem norāda sugas *Pompholyx sulcata* dominances indeksa vērtības.

4.3.2.2. 2008. gadā apsektie ezeri – Sventes un Briēnes ezers

2008. gada paraugu vākšanas sezonā Sventes ezera pelagiālē konstatētas 47 zarūsaiņu un virpotāju sugas (no tām viena zarūsaiņu un trīs virpotāju sugas noteiktas tikai līdz ģintij), bet Briēnes ezerā konstatētas 36 zarūsaiņu un virpotāju sugas (līdz ģintij noteiktas četras virpotāju sugas). No airkājvēžu grupas noteikta viena suga *Limnocalanus macrurus* Sventes ezerā un viena ģints *Eudiaptomus* sp. abos ezeros, bet Sventes ezerā no *Eudiaptomus* ģints pārstāvētas divas sugas *Eudiaptomus gracilis* un *Eudiaptomus graciloides* (5. pielikums).

Visas paraugu vākšanas sezonas laikā no maija līdz septembrim sastopamas tādas sugas kā *Asplanchna priodonta*, *Conochilus (Conochilus) hippocrepis* (Briēnes ezerā netika konstatēta augusta sākumā), *Filinia longiseta*, *Kellicotia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* (Briēnes ezerā netika konstatēta augusta beigās), *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca capucina* (Briēnes ezerā mazāk sastopama, lielākos daudzumos parādījās augustā), *Bosmina (Bosmina) longirostris* (Briēnes ezerā augustā konstatēta tikai mēneša sākumā, virsējā ūdens slānī), *Bosmina (Eubosmina) crassicornis*, *Daphnia (Daphnia) cucullata* (Briēnes ezerā maija pirmajā paraugu ievākšanas reizē netika konstatēta), *Daphnia (Daphnia) longispina*, *Diaphanosoma brachyurum* (Briēnes ezerā maija pirmajā paraugu ievākšanas reizē netika konstatēta), kā arī *Eudiaptomus* ģints sugas un *Limnocalanus macrurus* (tikai Sventes ezerā). Tādas sugas kā *Polyarthra major*, *Pompholyx sulcata*, *Trichocerca tigris* un īpaši *Daphnia (Daphnia) cristata* tika novērotas lielākos daudzumos vasarā un rudenī.

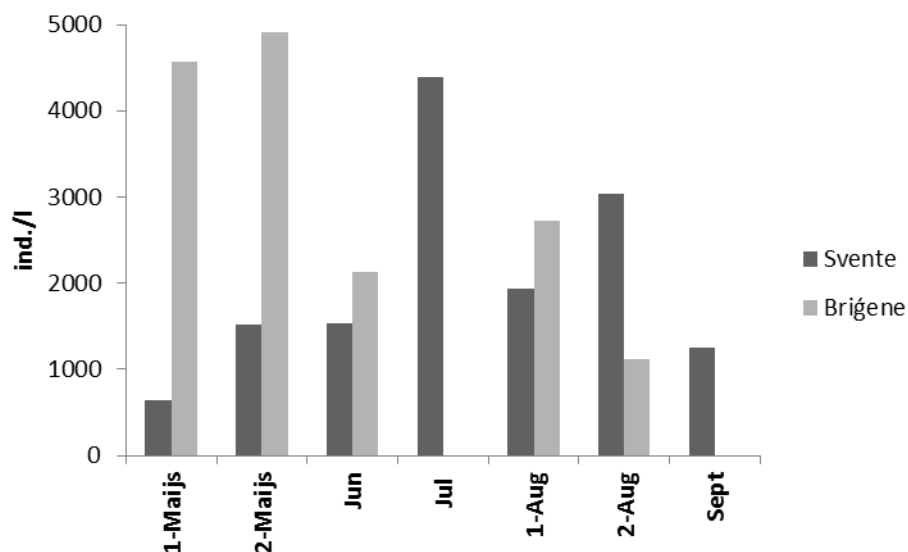
Briēnes ezerā tika konstatēts lielāks zooplanktona indivīdu blīvums nekā Sventes ezerā. Sventes ezerā, salīdzinot ar 2007. gadu, zooplanktona organismu skaits 2008. gada paraugu vākšanas sezonā bija pieaudzis.

Lai arī kopumā zooplanktona organismu grupu sadalījums abos ezeros ir praktiski vienāds (gan Sventes, gan Briēnes ezerā sezonas laikā dominē virpotāji (> 70 %), airkājvēži veido tikai nepilnus 20 % no zooplanktona daudzuma, bet zarūsaiņi ir pārstāvētas pavisam nelielā skaitā), tomēr abos ezeros būtiski atšķiras zooplanktona daudzuma un organismu grupu sadalījuma dinamika sezonas laikā (4.3.2.2.-1., 4.3.2.2.-2., 4.3.2.2.-3. attēls). Briēnes ezerā zooplanktona dzīvnieki sasniedz attīstības maksimumu pavasarī – maijā, bet jūnijā to skaits ir samazinājies gandrīz uz pusi. Savukārt Sventes ezerā zooplanktona attīstības maksimums konstatēts jūlijā. Augusta sākumā tas samazinās, bet augusta beigās atkal

nedaudz pieaug (salīdzinājumam - 2007. gadā zooplanktona skaita maksimums tika konstatēts augusta beigās).

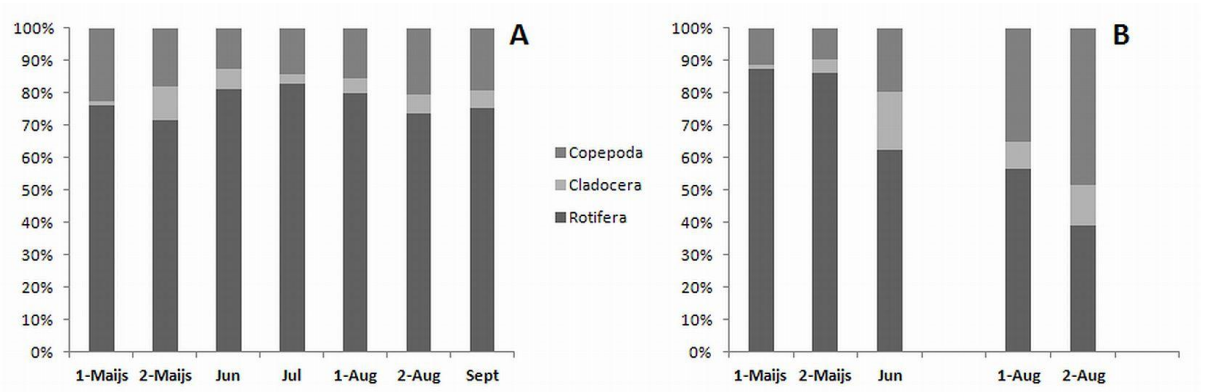
Sventes ezerā zooplanktona grupu sadalījums ir salīdzinoši vienāds visas sezonas laikā (4.3.2.2.-2. attēls) – izteikti dominē virpotāji, tiem seko airkājvēži (13 – 22 % sezonas laikā), bet vismazāk ir pārstāvētas zarūsaiņi (minimums – 1,2 % maija sākumā, maksimums – 10,1 % maija beigās).

Brīgenes ezerā virpotāju īpatsvars būtiski samazinās tuvojoties rudenim (4.3.2.2.-2. attēls). Ja maija sākumā virpotāji veido 88 % no zooplanktona skaita, tad jūnijā tie ir vairs 62 %, bet augusta beigās 39 %. Tas notiek uz airkājvēžu daudzuma pieauguma rēķina, maija sākumā airkājvēži veido 11,5 % no zooplanktona skaita, bet augusta beigās 49 %. 2007. gada jūlijā Sventes ezerā izteikti dominēja airkājvēži, 2008. gadā šāds sadalījums netika novērots. Gan Sventes, gan Brīgenes ezerā maija pirmajā pusē zarūsaiņi ir pārstāvētas ļoti niecīgā daudzumā, to skaits būtiski palielinās pārējos sezonas mēnešos.

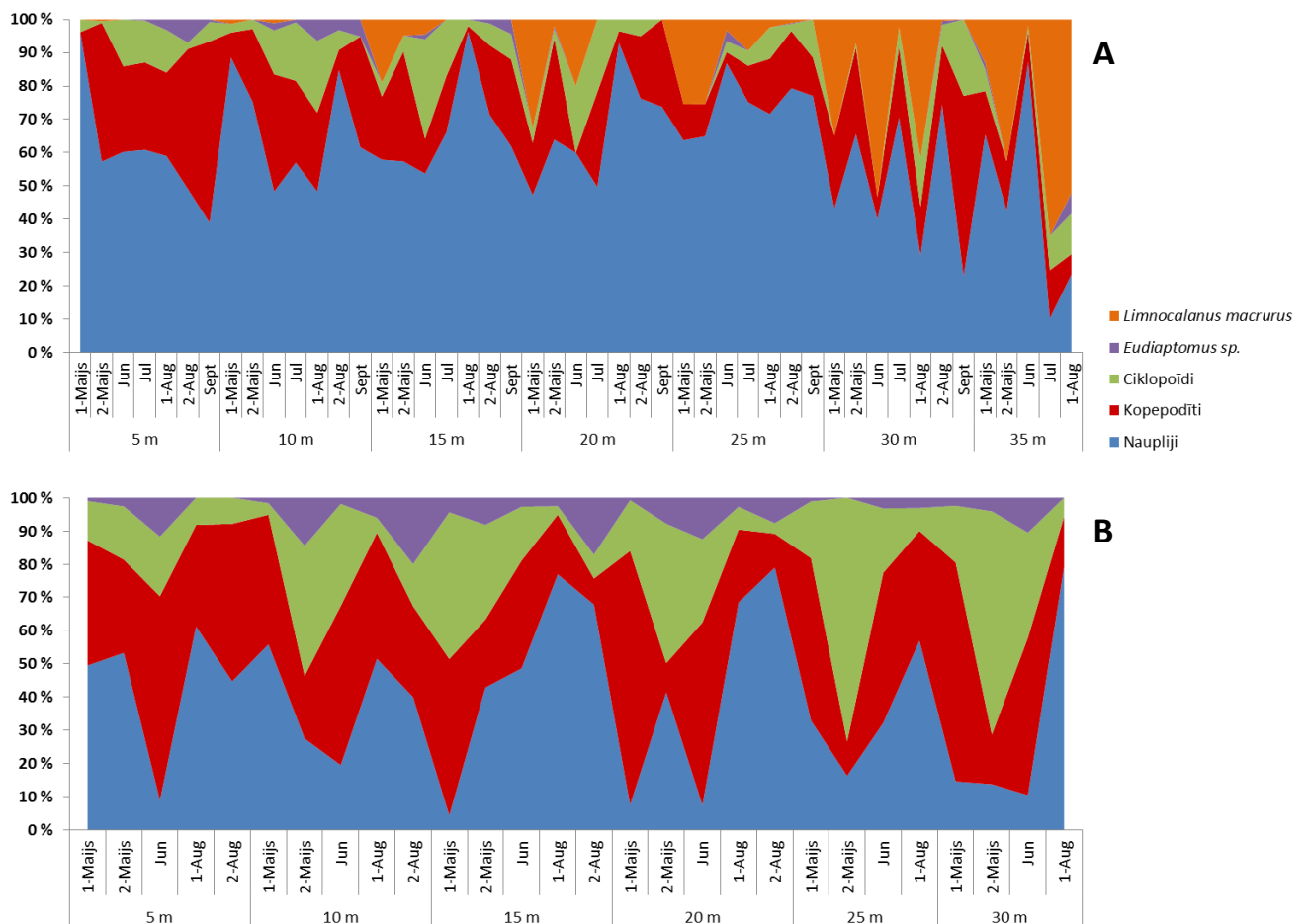


4.3.2.2.-1. attēls. Zooplanktona daudzums (ind./l) paraugu vākšanas sezonā 2008. gadā no maija līdz septembrim Sventes un Brīgenes ezerā. 1– attiecīgā mēneša sākums, 2– attiecīgā mēneša beigas.

Gan Sventes, gan Brīgenes ezerā virpotāju daudzums, palielinoties dziļumam, palielinājās. Abos ezeros tika novērota arī pavisam neliela zarūsaiņu un airkājvēžu daudzuma samazināšanās lielākā dziļumā, tomēr Sventes ezerā tā bija izteiktāka, īpaši zarūsaiņiem. Sventes ezerā airkājvēži un īpaši zarūsaiņi lielākā daudzumā uzturas ūdens slānī līdz 20 m. Brīgenes ezerā izteikta priekšroka kādam slānim netika novērota.



4.3.2.2.-2. attēls. Zooplanktona organismu galveno taksonu grupu proporcionālais sadalījums A – Sventes un B – Brīgenes ezerā paraugu vākšanas sezonā 2008. gadā no maija līdz septembrim. 1– attiecīgā mēneša sākums, 2– attiecīgā mēneša beigas.



4.3.2.2.-3. attēls. Airkājvēžu sistemātisko un vecuma grupu proporcionālais sadalījums A – Sventes un B – Brīgenes ezerā paraugu vākšanas sezonā 2008. gadā no maija līdz septembrim. X ass apzīmē parauga ievākšanas datumu un dziļumu. 1– attiecīgā mēneša sākums, 2– attiecīgā mēneša beigas.

Airkājvēži (Copepoda)

Būtiski atšķirās airkājvēžu galveno sistemātisko un vecuma grupu skaitliskais sadalījums abos ezeros. Sventes ezerā visas paraugu vākšanas sezonas laikā izteikti dominēja naupliji, tam sekoja kopepodīti, pieaugušie ciklopoīdi un pieaugušie kalanoīdi.

Brīgenes ezerā naupliji izteikti dominēja augustā, kad arī kopumā tika novērots airkājvēžu īpatsvara pieaugums. Pārējā laikā vairāk dominē kopepodīti. Maija beigās tika novērots izteikts pieaugušo ciklopoīdu daudzuma maksimums, Sventes ezerā šāds viens izteikts maksimums netika novērots.

Pēc dziļuma sadalījuma (4.3.2.2.-3. attēls) Sventes ezerā kopepodītiem ir izteiktāka tendence atrasties lielākā skaitā ūdens augšējos slāņos. Brīgenes ezerā šāds noteikts dziļuma izplatības modelis netika novērots, dažādu sistemātisko un vecuma grupu airkājvēžiem novērota cikliska rakstura vertikālā izplatība. Tomēr indivīdu skaits Brīgenes ezerā dziļuma profilā mainās nevienmērīgi un izteikta, statistiski nozīmīga korelācija indivīdu starpā netika konstatēta.

Sventes ezerā tika novērota negatīva korelācija visām pārējā airkājvēžu grupām ar sugu *Limnocalanus macrurus* (statistiski nozīmīga korelācija tikai ar pieaugušajiem ciklopoīdiem -0,319, Pīrsona korelācija, $p < 0,01$). Dziļūdens suga *Limnocalanus macrurus* bija sastopama Sventes ezerā visas sezonas laikā, periodiski un nelielā skaitā sākot jau no 10 m dziļuma. Tās skaits būtiski pieauga, palielinoties dziļumam, un bija > 50 % no kopējā airkājvēžu daudzuma dziļākos ūdens slāņos (35 m dziļumā). Palielinoties *Limnocalanus macrurus* daudzumam, samazinājās pārējo airkājvēžu dzīvnieku grupu, īpaši naupliju un *Eudiaptomus* sp. indivīdu skaits. Brīgenes ezerā, kurā suga *Limnocalanus macrurus* nav konstatēta, *Eudiaptomus* sp. lielākā vai mazākā skaitā ir sastopami visā ūdens kolonnā, Sventes ezerā to praktiski vairs nav sākot no 20 m dziļuma un dziļākos ūdens slāņos (4.3.2.2.-3. attēls).

Virpotāji (Rotifera)

Abos ezeros viena no dominējošajām skaita ziņā un biežāk sastopamajām sugām bija *Keratella cochlearis*. Turklāt šī suga vienlīdz izteikti dominēja visā ūdens kolonnā. Pašos dziļākajos ūdens slāņos Brīgenes ezerā šai sugai tika novērota neliela skaita samazināšanās pēc dominances indeksa, kamēr Sventes ezerā skaits pēc dominances indeksa nedaudz pieauga.

Otra izteikti dominējošā suga bija *Kellicottia longispina*, kas tika konstatēta kā dominanta un subdominanta sākot no maija beigām, sasniedzot maksimumu augustā. Abos ezeros *Kellicottia longispina* tika konstatēta lielākā daudzumā, sākot no piecu metru dziļuma, un dziļākos ūdens slāņos, īpaši izteikti tas bija Briēnes ezeram.

Polyarthra vulgaris izrādījās tipiska pavasara suga, sasniedzot maksimumu maijā, un krasi samazinoties skaita ziņā pārējā ezeru apsekošanas laikā. Sventes ezerā šī suga dominēja izteiktāk nekā Briēnes ezerā.

Sventes ezerā jūlijā un augustā kā dominanta un subdominanta suga tika konstatēta *Conochilus (Conochilus) hippocrepis*, ar izteiktu priekšroku atrasties 10 – 15 m ūdens slāņa robežās. Briēnes ezerā šī suga konstatēta kā subdominanta atsevišķos paraugos maija beigās, jūnijā, pārsvarā 15 – 20 m dziļumā.

Sugai *Filinia longiseta* gan attiecībā uz sezonālo, gan telpisko dinamiku bija krasi atšķirīgs raksturs abos ezeros. Sventes ezerā šī suga netika konstatēta kā dominanta vai subdominanta. Skaita maksimums novērots maija beigās, jūnijā, dodot priekšroku 15 – 20 m ūdens slānim. Savukārt Briēnes ezerā šī suga izteikti dominēja augustā īpaši 20 – 25 m ūdens slānī.

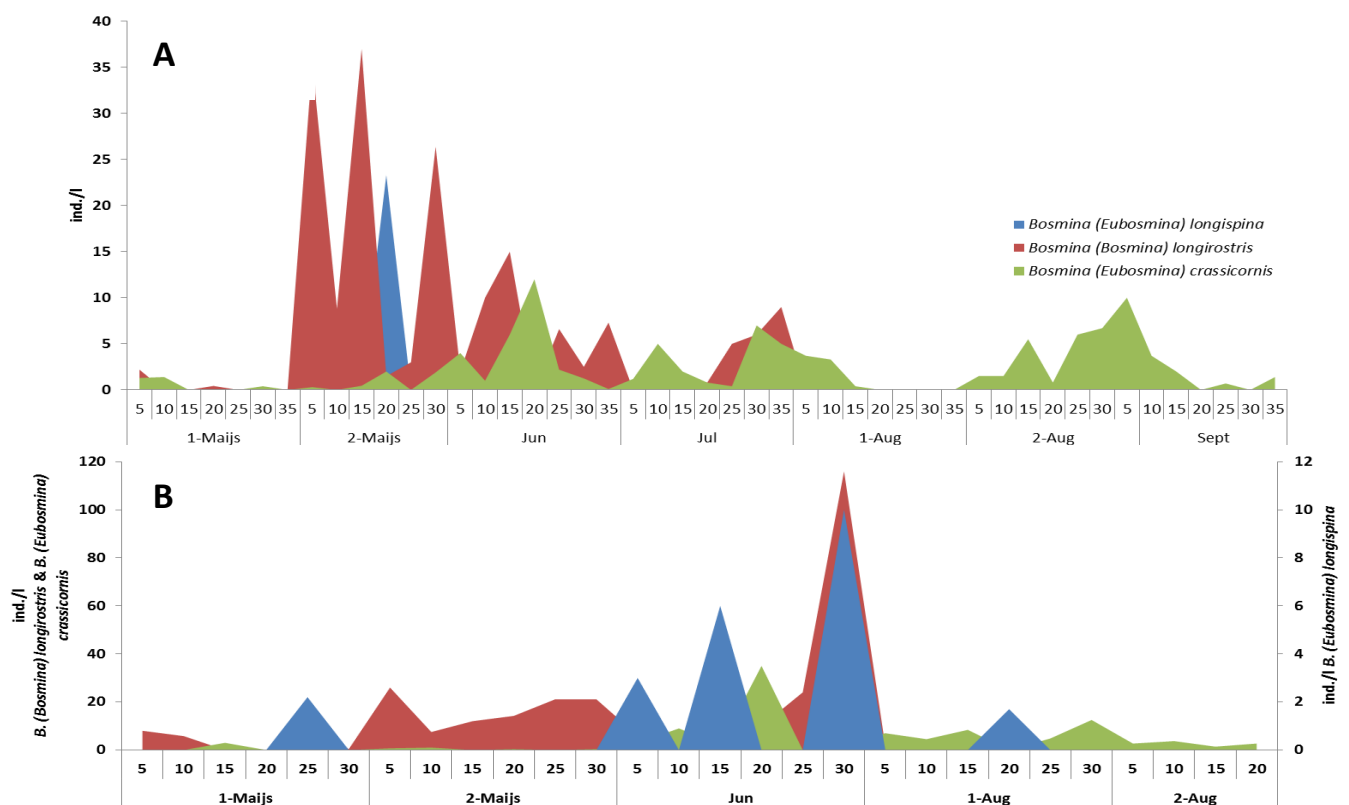
Abos ezeros maija un jūnija mēnešos kā subdominanta (izteiktāk jūnijā) un dominanta (pārsvarā maijā) suga tika konstatēta *Keratella quadrata*, turklāt tās indivīdu skaits pieauga, palielinoties dziļumam, un suga dominē dziļākos ezeru slāņos, sākot no 15 m.

Arī šajā sezonā abos ezeros tika novērota vertikālā un sezonālā segregācija starp tādām sugām kā *Kellicottia longispina* un *Polyarthra vulgaris*. Attiecībā uz *Kellicottia longispina* un *Pompholyx sulcata* šāda parādība netika novērota. Savā starpā sugas nekorelē.

Zarūsaiņi (Cladocera)

Abos ezeros starp trim biežāk sastopamajām bosminu sugām tika novērota izteikta sezonālā segregācija. *Bosmina (Bosmina) longirostris* bija sastopama lielākā skaitā un izteikti dominēja no maija līdz augustam ar tendenci lielākā skaitā un biežāk uzturēties ūdens dziļākos slāņos. *Bosmina (Eubosmina) crassicornis* tika novērota lielākā vai mazākā skaitā visas sezonas garumā, dodot priekšroku ūdens slānim 0 – 20 m, tomēr izteikti biežāk sastopama tā bija augusta un septembra mēnešos. *Bosmina (Eubosmina) longispina*, atšķirībā no divām augstākminētajām bosminu sugām, bija sastopama salīdzinoši reti un nelielā daudzumā, pārsvarā – maija beigās, jūnijā, priekšroka kādam konkrētam ūdens slānim netika novērota (4.3.2.2.-4. attēls).

No dafniju sugām Brīgenes ezerā dominējošas vai subdominējošas ir visas trīs sugas – *Daphnia (Daphnia) longispina*, *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Daphnia (Daphnia) cucullata*. Svētes ezerā dominējošas vai subdominējošas sezonas laikā ir pēdējās divas minētās. Interesanti, ka maijā un jūnijā Svētes ezerā praktiski nav sastopamas dafnijas. Brīgenes ezerā maija sākumā un augustā dominē *Daphnia (Daphnia) longispina*, maija beigās *Daphnia (Daphnia) cucullata*, bet jūnijā un augusta sākumā – *Daphnia (Daphnia) cristata*. Sugai *Daphnia (Daphnia) cucullata* tika novērota tendence skaita ziņā samazināties dziļākos ūdens slāņos, skaita maksimums konstatēts 10 – 15 m ūdens slānī. *Diaphanosoma brachyurum* tika konstatēta kā izteikta sezonas noslēguma suga – bija bieži sastopama un izteikti dominēja augusta un septembra mēnešos. Brīgenes ezerā šī suga sasniedza skaita maksimumu 0 – 10 m ūdens slānī. Dziļākos ūdens slāņos *Diaphanosoma brachyurum* skaits strauji samazinājās. Toties Svētes ezerā *Diaphanosoma brachyurum* bija sastopama samērā vienādā daudzumā dažāda dziļuma ūdens slāņos, tomēr biežāk 0-15 m ūdens slānī, savukārt skaita maksimums tika sasniegts 30 m dziļumā.



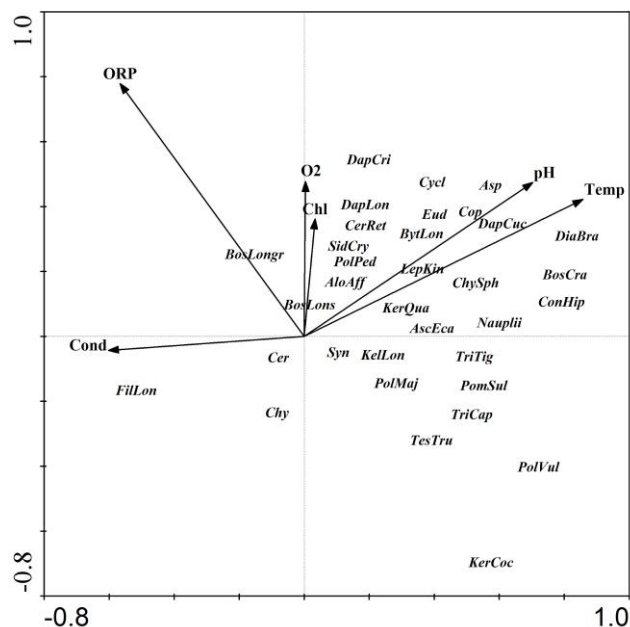
4.3.2.2.-4. attēls. Biežāk sastopamo bosminu sugu sezonālā dinamika A – Svētes un B – Brīgenes ezerā 2008. gadā (maijs – septembris). X ass apzīmē parauga ievākšanas datumu un dziļumu. 1– attiecīgā mēneša sākums, 2– attiecīgā mēneša beigas.

4.3.3. Datu analīze pēc RDA un DCA metodēm

4.3.3.1. 2007. gadā apsektie ezeri – Drīdzis, Ilzas-Geraņimova, Riča, Sventes, Garais ezers

Pēc RDA analīzes kopsavilkuma rezultātiem kā statistiski nozīmīgi zooplanktona organismu skaitu, sugu sastāvu un telpisko izplatību paraugu vākšanas laikā ietekmējoši faktori izrādās temperatūra, ORP, hlorofila a koncentrācija un elektrovadītspēja ($p < 0,01$, Monte Carlo tests). 47,5 % zooplanktona skaita un 26,7 % sugu daudzveidības no kopējās dispersijas izskaidro iepriekšminētie vides faktori. Attiecībā uz zooplanktona organismu skaitu 1. RDA ass izskaidro 60,2 % no variācijas, savukārt 2. RDA ass izskaidro vēl 19,9 %. Sugu daudzveidībai (balstīta uz datiem par sugu esamību vai neesamību) tie ir attiecīgi 32,4 % un 29,4 %.

Netika konstatēta skaidri izteikta izšķīdušā skābekļa koncentrācijas un pH daudzuma ietekme. Kaut arī zooplanktona indivīdu daudzuma ordinācijas grafikā (4.3.3.1.-1. attēls) redzams, ka izteiktāka saistība lielākai daļai virpotāju un vēžveidīgo sugām ir ar temperatūru un pH. Savukārt tādām vēžveidīgo sugām kā *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Daphnia (Daphnia) longispina*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Sida crystallina*, *Polyphemus pediculus*, *Alona affinis*, *Bosmina (Eubosmina) longispina* un *Bosmina (Bosmina) longirostris* tika konstatēta saistība ar skābekli un hlorofila a daudzumu.



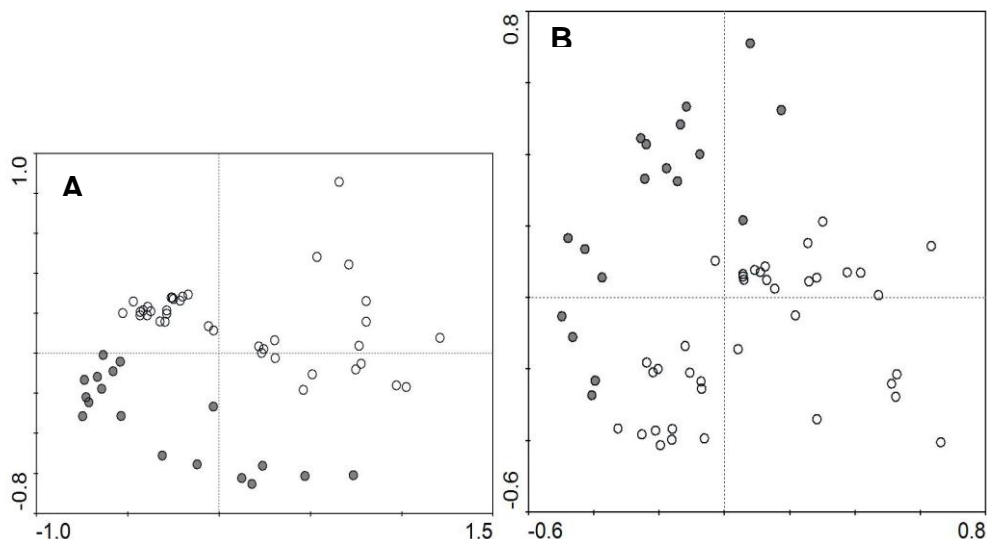
4.3.3.1.-1. attēls. RDA ordinācijas grafiks - zooplanktona indivīdu daudzums un to ietekmējošiem vides faktori dziļajos Latgales ezeros 2007. gada paraugu ievākšanas sezonas laikā (jūlijs - septembris). Izmantotie saīsinājumi: Cond – vadītspēja, ORP – oksidēšanās-reducēšanās potenciāls, O2 – skābekļa daudzums, Chl – hlorofila a koncentrācija, Temp – temperatūra, Cop – kopepodīti, Cycl – ciklopoīdi. Citi saīsinājumi norādīti 4. pielikumā.

Tika konstatēta korelācija starp:

- paraugu ievākšanas laiku un zooplanktona skaitu;
- paraugu ievākšanas laiku un zooplanktona sugu daudzveidību;
- dziļumu un zooplanktona skaitu.

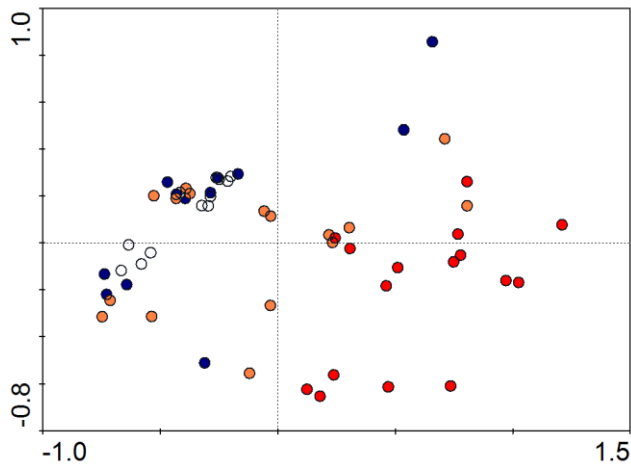
Pēc DCA ordinācijas analīzes (rezultāti nav grafiski attēloti) dati par Garo ezeru veidoja atsevišķu grupu gan attiecībā uz sugu daudzveidību, gan zooplanktona skaitu, neskatoties uz to, ka līdzība starp ezeriem ir samērā augsta (DCA ass garums bija 0,2-1,4 sugu daudzveidībai un 0,2-1 indivīdu skaitam). Gan pēc zooplanktona skaita, gan sugu daudzveidības datiem jūlija paraugu dati veido nošķirtu paraugu kopu salīdzinot ar paraugiem, kas ievākti augusta un septembra mēnešos. Zooplanktona skaitam 1. DCA ass izskaidro 34,5 % no variācijas, savukārt 2. DCA ass izskaidro vēl 9,6 %, sugu daudzveidībai tie ir attiecīgi 16,5 % un 12,5 %.

Arī RDA analīzes rezultāti zooplanktona organismu skaitam un sugu daudzveidībai norāda uz atsevišķu sadalījumu atkarībā no paraugu ievākšanas laika jeb sezonas. Sugu daudzums un indivīdu daudzums kopumā veido atsevišķas jūlija mēneša kopas. Paraugu grupas atkarībā no paraugu ievākšanas laika ir izkārtotas gar 2. RDA asi (4.3.3.1.-2. attēls).



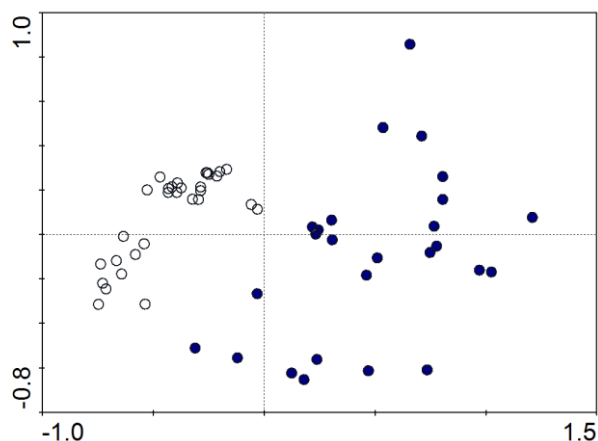
4.3.3.1.-2. attēls. RDA ordinācijas grafiks – A - zooplanktona indivīdu daudzums, B – zooplanktona sugu daudzveidība dziļajos Latgales ezeros 2007. gadā (jūlijs - septembris). Pildītie punkti apzīmē jūlija mēneša paraugus, tukšie punkti apzīmē augusta un septembra mēnešu paraugus.

Tāpat arī dziļumam ir noteicoša loma attiecībā uz zooplanktona skaitu. Paraugi atkarībā no to ievākšanas dziļuma ir izkārtoti gar 1. RDA asi (4.3.3.1.-3. attēls). Paraugu, kas ievākti dziļumā 0-10 m, grupai sekoja grupa ar paraugiem no 10-20 m dziļuma, savukārt lielākā daļa paraugu, kas ievākti zem 20 m dziļuma veidoja atsevišķu, izkliedētu trešo grupu. Ordinācijas grafikā zooplanktona sugu daudzveidībai šāda paraugu sagrupēšanās netika novērota.



4.3.3.1.-3. attēls. RDA ordinācijas grafiks - zooplanktona individu daudzums dziļajos Latgales ezeros 2007. gada paraugu ievākšanas sezonas laikā (jūlijs - septembris). Sarkanie punkti 0-10 m, oranžie punkti 10-20 m, zilie punkti 20-30 m, tukšie punkti > 30 m.

Attiecībā uz zooplanktona skaitu, jāatzīmē, ka paraugi no ūdens slāņa 0-10 m veidoja atsevišķu grupu kopā visiem paraugiem no tiem ezeriem, kuru maksimālais dziļums bija mazāks nekā pārējiem – Riča un Sventes ezeriem (4.3.3.1.-4. attēls). Sugu daudzveidībai tas netika novērots.

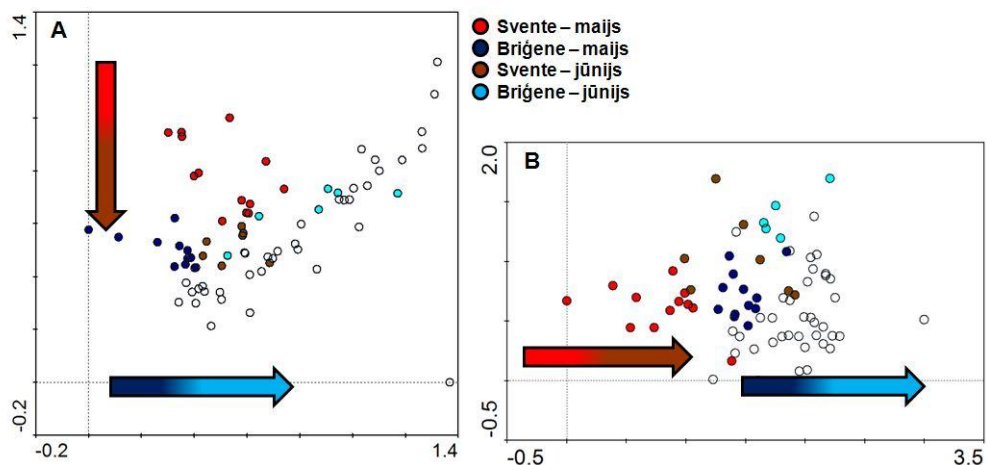


4.3.3.1.-4. attēls. RDA ordinācijas grafiks - zooplanktona individu daudzums dziļajos Latgales ezeros 2007. gada paraugu ievākšanas sezonas laikā (jūlijs - septembris). Tukšie punkti – paraugi, kas ievākti > 10 m dziļumā no Dridža, Ilzas-Geraņimova, Garā ezera. Pildītie punkti – Sventes un Riča ezera paraugi, kā arī virsējā ūdens slāņa 0-10 m paraugi no Dridža, Ilzas-Geraņimova un Garā ezera.

4.3.3.2. 2008. gadā apsektie ezeri – Sventes un Brīgenes ezers

Pēc RDA analīzes kopsavilkuma rezultātiem (grafiski nav attēloti) nevar izšķirt skaidrus, statistiski nozīmīgus ietekmējošos vides faktoros. Gan sugu daudzveidībai, gan zooplanktona skaitam tāds bija pH, tomēr tas visticamāk ir skaidrojams ar datu kļūdu. Tomēr sugu sastāvam kā statistiski nozīmīgs ietekmējošais faktors tika noteikts tāds atsevišķi iekļauts parametrs kā sezona kopumā ($p < 0,01$, Monte Carlo tests). Acīmredzot nozīmīgi ir bijuši vēl citi, šajā pētījumā neanalizēti apstākļi, kas noteica datu dispersiju. Zooplanktona skaitam 1. RDA ass izskaidro 50,7 % no variācijas, savukārt 2. RDA ass izskaidro vēl 16 %. Sugu daudzveidībai (balstīta uz datiem par sugu esamību vai neesamību) tie ir attiecīgi 41,7 % un 18,8 %.

Pēc DCA ordinācijas analīzes gan zooplanktona skaitam, gan sugu daudzveidībai ir novērojams viennozīmīgs sezonālais gradients, pēc zooplanktona skaita tas ir izteiktāks un plašāks Brīgenē, savukārt pēc sugu daudzveidības – Sventes ezerā (4.3.3.2.-1. attēls). Paraugiem, kas ievākti maijā ir tendence veidot atsevišķu kopu, līdzība palielinās starp vasaras un rudens mēnešu paraugiem.



4.3.3.2.-1. attēls. DCA ordinācijas grafiks – A - zooplanktona individu daudzums, B – zooplanktona sugu daudzveidība Sventes un Brīgenes ezerā 2008. gada paraugu ievākšanas sezonas laikā (maijs - septembris). Pildītie punkti apzīmē maija un jūnija mēneša paraugus, tukšie punkti apzīmē jūlija, augusta un septembra mēnešu paraugus. Ar bultām norādīts gradientu virziens.

Zooplanktona individu skaitam 1. DCA ass izskaidro 14,9 % no variācijas, savukārt 2. DCA ass izskaidro vēl 8,7 %, sugu daudzveidībai tie ir attiecīgi 14,3 % un 7,3 %. Zooplanktona individu skaitam 1. DCA ass statistiski nozīmīgi (Pīrsona korelācija, $p < 0,01$) un pozitīvi korelē ar temperatūru, ORP un tādu rādītāju kā sezona kopumā (paraugu ievākšanas laiks), bet 2.

DCA asij korelācija ar analizētajiem vides faktoriem nav izteikta. Zooplanktona sugu daudzveidībai 1. DCA asij tika konstatēta statistiski nozīmīga (Pīrsona korelācija, $p < 0,01$) pozitīva korelācija ar sezonālītāti, savukārt 2. DCA ass statistiski nozīmīgi (Pīrsona korelācija, $p < 0,01$) un pozitīvi korelēja ar elektrovadītspēju.

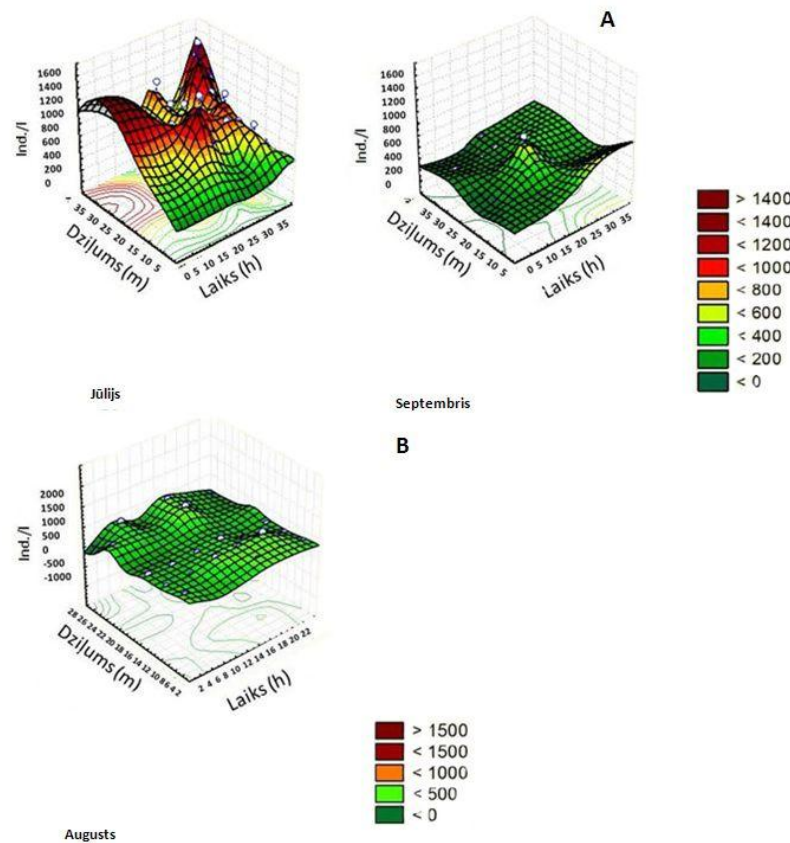
Atšķirībā no sezonālā gradienta dziļuma gradients nav tik izteikts un to drīzāk var izdalīt epilimnija, metalimnija un hipolimnija paraugu grupās. Vairāk pēc vertikālā sadalījuma grupējas paraugi, kas ievākti pēc maija, kad ūdens ir noslāņojies.

4.4. Zooplanktona diennakts vertikālā dinamika Sventes un Brīgenes ezeros

Brīgenes ezerā zooplanktona dzīvnieki kopumā lielākā skaitā tika konstatēti ūdens slānī 0-10 m, to skaits samazinājās lielākā dziļumā - 10-20 m, bet 20-25 m dziļumā atkal palielinājās. Netika novērots izteikts vertikālais sadalījums atkarībā no diennakts tumšā un gaišā laika.

Sventes ezerā būtiski atšķirās zooplanktona diennakts vertikālais sadalījums zooplanktona dzīvniekiem jūlijā un septembrī. Jūlijā caurmērā ūdens kolonnā tika konstatēts lielāks zooplanktona dzīvnieku skaits. Ūdens dziļākos slāņos (sākot no 10 m dziļuma) tika konstatēts lielāks zooplanktona skaits nekā augšējos slāņos. Dažādos diennakts laikos ūdens kolonnā mainās konstatētie zooplanktona organismu daudzuma maksimumi. Piemēram, sākot no 15 m dziļuma tika konstatēts izteikts zooplanktona skaita pieaugums plkst. 21:00, bet līdz 20 m dziļumam salīdzinoši lielā skaitā zooplanktona dzīvnieki tika konstatēti plkst. 01:00. Dziļāk par 20 m to skaits plkst. 01:00 ir salīdzinoši neliels. Tomēr skaidri izteiktas, klasiskas diennakts vertikālās migrācijas zooplanktona dzīvniekiem kopumā netika novērotas. Savukārt septembrī konstatētais zooplanktona organismu daudzums ir salīdzinoši mazāks, turklāt lielākā daļa zooplanktona dzīvnieku visu diennakti ir koncentrējušies ūdens slānī līdz 20 m. Izteikta vertikālo migrāciju uzvedība netika novērota.

Kopumā zooplanktona indivīdu skaita izmaiņas 24 stundu laikā Sventes ezerā jūlijā bija ar lielāku amplitūdu nekā Sventes ezerā septembrī vai Brīgenes ezerā augustā (4.4.-1. attēls).



4.4.-1. attēls. Zooplanktona indivīdu daudzuma izmaiņas diennakts vertikālo migrāciju laikā 2008. gadā – A – Sventes ezerā (jūlijā, septembrī), B – Briēnes ezerā (augustā). Attēlā norādītās laika skalas atbilstību paraugu ievākšanas laikam skatīt 6. pielikumā.

Toties Briēnes ezerā ūdens kolonnas augšējā slānī bija lielāka zooplanktona koncentrācija nekā Sventes ezerā. Briēnes ezerā 0-10 m slānī diennakts laikā tika konstatēti 42 % no visiem zooplanktona dzīvniekiem, Sventes ezerā jūlijā tie bija 18 %, bet septembrī 29 %.

Ja aplūko sugu uzvedību individuāli (4.4.-1. tabula), tad var novērot, ka zooplanktona sugām ir sezonāli noteikts diennakts vertikālo migrāciju raksturs. Septembrī Sventes ezerā airkājvēžiem, dažām dominantajām zarūsaiņu un virpotāju sugām tika konstatēts līdzīgs vertikālā sadalījuma modelis – krēslas un nakts laikā dzīvnieki pārvietojās uz augšējo ūdens slāni. Jūlijā airkājvēžiem varēja novērot pretēja rakstura uzvedību – epilimnija slānī diennakts tumšajā daļā indivīdu skaits samazinājās. Aukstu ūdeņu sugas *Limnocalanus macrurus* indivīdu skaits diennakts tumšajā daļā nedaudz palielinājās metalimnija slānī. Būtiskas vertikālās dinamikas atšķirības šai sugai jūlijā un septembrī netika konstatētas.

Eudiaptomus sp. ievērojami lielākā skaitā tika konstatēta Briēnes ezerā. Lai arī sugai ir tendence lielākā skaitā uzturēties epilimnija un metalimnija slāņos, Briēnes ezerā šo

kalanoīdu skaits bija salīdzinoši liels arī ūdens dziļākajos hipolimnija slāņos, kamēr Sventes ezerā dziļumā šī suga praktiski nebija sastopama vai arī bija sastopama ļoti nelielā skaitā. Ģintij tika novērots noteikts diennakts vertikālās izplatības modelis.

Nauplijiem netika novērota izteikta diennakts vertikālo migrāciju uzvedība. Briģenes ezerā naupliji bija izplatīti samērā vienmērīgi visos dziļumos dažādos diennakts laikos. Sventes ezerā septembrī, neatkarīgi no diennakts laika, naupliji lielākā skaitā sastopami tieši virsējā ūdens slānī (0-15 m). Dziļākos slāņos to skaits strauji samazinās. Jūlijā Sventes ezerā naupliju vertikālā izplatība ir nevienmērīga. Naupliju skaits ir salīdzinoši neliels ūdens slānī 0-5 m, dziļāk (5-15 m) to skaits pieaug, tomēr skaita maksimumi sastopami dažādos dziļumos, dažādos diennakts laikos, un likumsakarības, kas apstiprinātu vertikālo diennakts migrāciju uzvedību, netika novērotas.

Savukārt dominantajām dafniju sugām – *Daphnia (Daphnia) cristata* un *Daphnia (Daphnia) cucullata* Sventes ezerā tika novērota nepārprotama izvairīšanās no hipolimnija dziļākiem slāņiem. *Daphnia (Daphnia) cristata* Briģenes ezerā tika konstatēta pārsvarā metalimnija un hipolimnija slāņos, savukārt Sventes ezerā – pārsvarā epilimnija un metalimnija slāņos. *Daphnia (Daphnia) cucullata* Sventes ezera hipolimnija slāņos tika konstatēta ļoti nelielā daudzumā. Briģenes ezerā šai sugai tika novēroti skaita maksimumi gan augšējās, gan dziļākās ūdens slāņos. Sugai *Diaphanosoma brachyurum* Sventes ezerā diennakts vertikālo migrāciju uzvedība jūlijā un septembrī bija pretēja, salīdzinot ar airkājvēžiem (4.4.-1. tabula). Abos ezeros diennakts laikā sugas indivīdi uzturējās vairāk tieši augšējā ūdens slānī.

Septembrī virpotāju skaits kopumā bija mazāks un diennakts vertikālā dinamika nebija izteikta. Abas *Keratella* ģints sugas gan Sventes, gan Briģenes ezerā vismazākajā skaitā tika konstatētas pašā augšējā 0-5 m slānī. Sventes ezerā jūlijā un Briģenes ezerā augustā *Keratella quadrata* diennakts tumšajā daļā tika konstatēta lielākā skaitā hipolimnija slānī. *Asplanchna priodonta* septembrī konstatētais indivīdu maksimums salīdzinoši ar jūliju ūdens kolonnā bija pavisam uz augšu, tuvāk virsējam ūdens slānim. Attiecībā uz *Kellicotia longispina*, gan jūlijā, gan septembrī Sventes ezerā diennakts tumšajā laikā šīs sugas indivīdu skaits palielinās hipolimnija slāņos. Tomēr, atšķirībā no jūlija, skaita maksimums septembrī tika konstatēts tikai vidēji dziļajos slāņos, kamēr jūlijā viens no skaita maksimumiem bija hipolimnija dziļākajos slāņos. Briģenes ezerā praktiski nekādas diennakts vertikālās migrācijas šai sugai netika konstatētas. Skaita maksimums konstatēts vidēji dziļos

un dziļos slāņos, epilimnija slānī diennakts tumšajā daļā nedaudz pieaugu indivīdu skaits, salīdzinot ar diennakts gaišo daļu. Kopumā izteiktas klasiska rakstura diennakts vertikālās migrācijas virpotājiem netika novērotas.

4.4.-1. tabula.

Diennakts vertikālā dinamika dominējošajiem zooplanktona taksoniem. Tumšās kolonnas - diennakts tumšās daļas zooplanktona vertikālā dinamika, gaišās kolonnas - diennakts gaišās daļas zooplanktona vertikālā dinamika. Izmantotie saīsinājumi: KOP – airkājvēži, KLA – zarūsaini, ROT – virpotāji, LimMac – *Limnocalanus macrurus*, AspPri - *Asplanchna priodonta*. Citi saīsinājumi norādīti 4.3.3.1.-1. attēlā

un 4. pielikumā.

Taksons	Svente, jūlijs	Svente, jūlijs	Svente, septembris	Svente, septembris	Brīgene, augusts	Brīgene, augusts
KOP	↓ epilimnijā	↑ epilimnijā, metalimnijā	↑ epilimnijā	arī lielākā koncentrācijā augšējā ūdens slānī	↑ dziļākos slāņos, plkst. 21:00, lielā daudzumā arī virsējā ūdens slānī	↑ epilimnijā, metalimnijā
Naupliji	vismazāk epilimnijā, sasniedz maksimumu metalimnijā, otrs maksimums hipolimnijā dienas tumšajā daļā		sastopami nelielā skaitā		skaita maksimumi gan epilimnijā, gan metalimnijā, gan hipolimnijā	
Cop	↑ hipolimnijā, ↓ epilimnijā	nedaudz ↑ epilimnijā, ↓ hipolimnijā	nedaudz ↑ epilimnijā		↓ epilimnijā, hipolimnijā	↑ epilimnijā, hipolimnijā
Cycl	vairāk epilimnijā, metalimnijā, nedaudz ↑ hipolimnijā, ↓ epilimnijā	vairāk epilimnijā, metalimnijā, nedaudz ↓ hipolimnijā	vairāk epilimnijā, metalimnijā, ↑ epilimnijā	vairāk epilimnijā, metalimnijā, ↓ epilimnijā	vairāk epilimnijā, metalimnijā, ↓ epilimnijā	vairāk epilimnijā, metalimnijā, ↑ metalimnijā, nedaudz ↓ epilimnijā
Eud	pārsvārā epilimnijā, metalimnijā, ↓ epilimnijā	pārsvārā epilimnijā, metalimnijā, ↑ epilimnijā	pārsvārā epilimnijā, metalimnijā, ↑ epilimnijā	pārsvārā epilimnijā, metalimnijā, ↑ metalimnijā	visos dziļumos, ↑ epilimnijā, nedaudz ↑ hipolimnijā	visos dziļumos, ↑ metalimnijā, ↓ hipolimnijā
LimMac	Metalimnijā, hipolimnijā, nedaudz ↑ metalimnijā, ↑ 25-30 m dziļumā	Metalimnijā, hipolimnijā	Metalimnijā, hipolimnijā, nedaudz ↑ metalimnijā, ↑ 25-35 m dziļumā	Metalimnijā, hipolimnijā		
KLA		nedaudz ↑ 5-15 m slānī	vairāk augšējā ūdens slānī	vairāk augšējā ūdens slānī	vairāk augšējā ūdens slānī	vairāk augšējā ūdens slānī
DapCri	vairāk augšējā ūdens slānī, ↑ epilimnijā	vairāk augšējā ūdens slānī, ↑ metalimnijā	vairāk augšējā ūdens slānī, ↑ epilimnijā	vairāk augšējā ūdens slānī, nedaudz ↑ metalimnijā	Vairāk sastopama metalimnijā, hipolimnijā, nedaudz ↑ epilimnijā	Vairāk sastopama metalimnijā, hipolimnijā
DapCuc	Nedaudz ↑ metalimnijā, un hipolimnija augšējos slāņos	↑ epilimnijā	↑ metalimnijā		vairāk augšējā ūdens slānī, viens no skaita maksimumiem	vairāk augšējā ūdens slānī

					hipolimnijā, nedaudz ↑ epilimnijā	
DiaBra	↑ epilimnijā	↓ epilimnijā	↓ epilimnijā	↑ epilimnijā	vairāk augšējā ūdens slānī, ↑ epilimnijā	vairāk augšējā ūdens slānī skaita maksimums sastopams nedaudz dziļāk nekā tumšajā laikā, ↑ metalimnijā
BosCra	↓ epilimnijā	↑ epilimnijā, metalimnijā,			↓ epilimnijā	↑ epilimnijā, metalimnijā,
BosLong	pārsvārā metalimnijā, hipolimnijā, Izteikti ↑ hipolimnijā	pārsvārā metalimnijā, hipolimnijā	pārsvārā epilimnijā, metalimnijā, ↑ metalimnijā	pārsvārā epilimnijā, metalimnijā, ↑ epilimnijā	dažādos dziļumos	dažādos dziļumos
ROT	vismazāk 0-5 m slānī, ↑ hipolimnijā	vismazāk 0-5 m slānī, ↑ metalimnijā	vismazāk 0-5 m slānī	vismazāk 0-5 m slānī	vismazāk 0-5 m slānī	vismazāk 0-5 m slānī
KelLon	epilimniji nemainīgs, sastopama lielā daudzumā arī dziļākajos slāņos	epilimnija slānis nemainīgs, skaita maksimums ↑ 5-15 m slānī	epilimnija slānis nemainīgs, sastopama lielākā daudzumā arī dziļākajos slāņos	epilimnija slānis nemainīgs, izteiktāks maksimums 5-15 m slānī		
Fil Lon	lielākā daudzumā sastopama metalimnijā, hipolimnijā, ↑ hipolimnijā	↑ metalimnijā	↑ epilimnijā	↓ epilimnijā, ↑ hipolimnijā	lielākā daudzumā sastopama sākot no ~ 10 m slāņa, ↓ hipolimnijā	lielākā daudzumā sastopama sākot no ~ 10 m slāņa, izteikti ↑ hipolimnijā
KelCoc	vismazāk 0-5 m slānī, ↑ hipolimnijā	vismazāk 0-5 m slānī, ↑ metalimnijā		↑ ūdens kolonnas vidējos slāņos		
KelQua	vismazāk 0-5 m slānī, maksimums hipolimnijā plkst. 9:00 un 5:00	vismazāk 0-5 m slānī, maksimums metalimnijā pārējā diennakts daļā	vismazāk 0-5 m slānī	vismazāk 0-5 m slānī, maksimums metalimnijā	vismazāk 0-5 m slānī, ↑ hipolimnijā	vismazāk 0-5 m slānī
PolVul	lielākā daudzumā sastopama epilimnijā, metalimnijā	lielākā daudzumā sastopama epilimnijā, metalimnijā, ↑ epilimnijā, metalimnijā	↑ hipolimnijā		lielākā daudzumā sastopama epilimnijā, metalimnijā	lielākā daudzumā sastopama epilimnijā, metalimnijā
ConHip	vismazāk 0-5 m slānī	vismazāk 0-5 m slānī , ↑ epilimnijā	nelielā daudzumā, 0-5 m slānī	nelielā daudzumā, 0-5 m slānī	-	-
AspPri	lielākā daudzumā sastopama metalimnijā, hipolimnijā, ↑ metalimnijā	lielākā daudzumā sastopama metalimnijā, hipolimnijā	lielākā daudzumā sastopama metalimnijā, hipolimnijā, ↑ metalimnijā	lielākā daudzumā sastopama metalimnijā, hipolimnijā	↑ epilimnijā, ↓ metalimnijā	lielākā daudzumā sastopama metalimnijā, hipolimnijā, ↑ metalimnijā, ↑ epilimnijā

Zooplanktona sugas, kurām tika novērotas klasiska rakstura diennakts vertikālās migrācijas (diennakts tumšajā laikā zooplanktona dzīvnieki migrē uz augšējiem slāņiem, bet gaišajā laikā – uz dziļākiem slāņiem):

- *Eudiaptomus* sp. (Brīgenes un Sventes ezeros septembrī, savukārt jūlijā šai sugai konstatēta diennakts vertikālo migrāciju uzvedība pretēja klasiskajai – dzīvnieku skaits augšējā ūdens slānī pieauga diennakts gaišajā daļā, bet samazinājās diennakts tumšajā daļā);

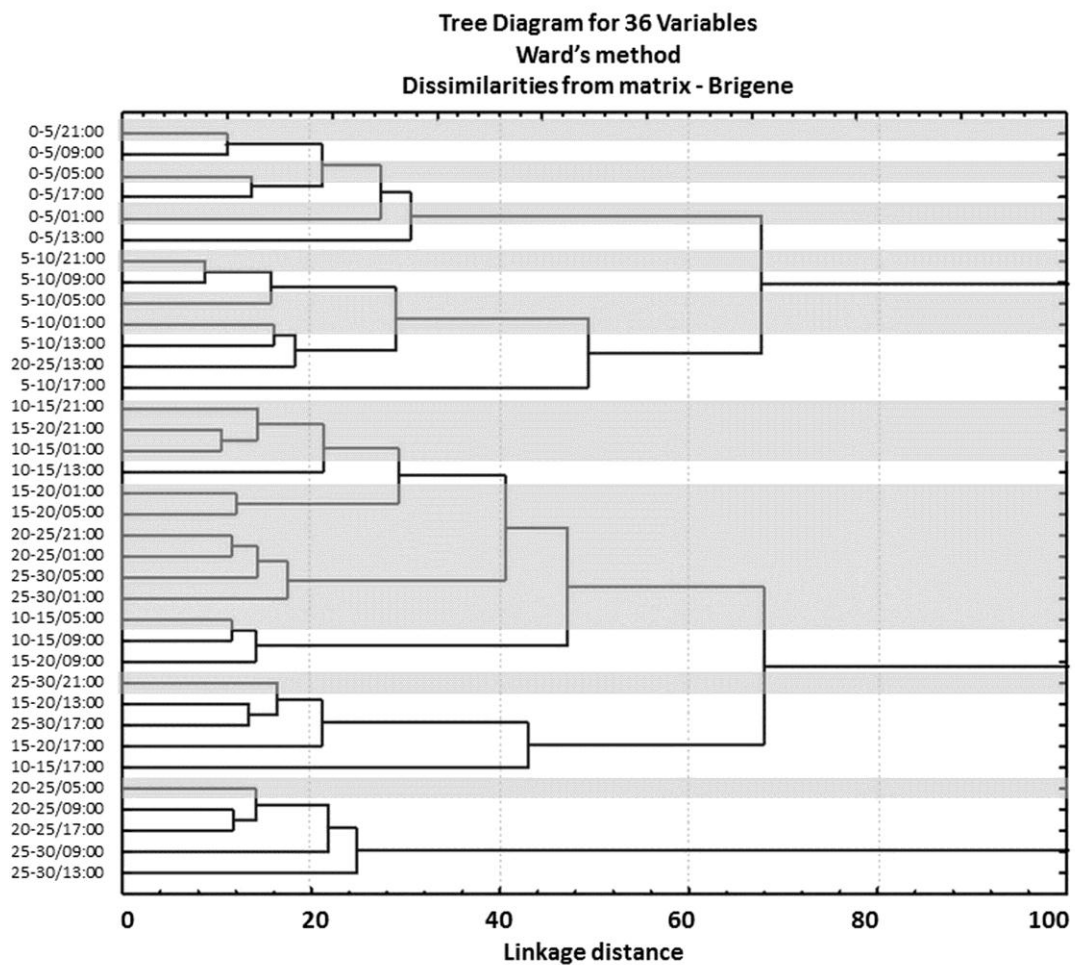
- *Daphnia (Daphnia) cristata* (septembrī mazāk izteikta);

- *Daphnia (Daphnia) cucullata* (Brīgenes ezerā, tomēr ne īpaši izteikta, savukārt Sventes ezerā migrāciju uzvedība bija pretēja klasiskajai);

- *Diaphanosoma brachyurum* (Brīgenes ezerā un Sventes ezerā jūlijā, savukārt Sventes ezerā septembrī migrāciju uzvedība bija pretēja klasiskajai).

Pēc DCA ordinācijas analīzes (rezultāti grafiski nav attēloti) zooplanktona indivīdu daudzumam un sugu daudzveidībai nevar novērot atsevišķu kopu veidošanos diennakts tumšo un gaišo laiku raksturojošajiem paraugiem. Atsevišķas kopas veidojas katrai diennakts vertikālo paraugu ievākšanas reizei - Brīgenes ezera paraugu kopa un Sventes ezera paraugu kopa, kā arī Sventes ezeram - jūlija un septembra diennakts paraugu kopas. Kopumā Sventes ezera jūlija un septembra paraugu kopas savā starpā ir līdzīgākas, nekā Brīgenes ezera augusta diennakts paraugu kopa ar kādu no Sventes ezera diennakts paraugu kopām. Tomēr, ja aplūko zooplanktona indivīdu daudzuma paraugu kopas pēc dziļumiem, var izdalīt sekojošas grupas – 0-10 m, 10-20 m, 20-30 m. Turklāt virsējā ūdens slāņa paraugu grupa dalās divās daļās – Sventes ezera jūlija paraugu grupa un Sventes ezera septembra paraugu grupa kopā ar Brīgenes ezera augusta paraugu grupu. Augšējā ūdens slānī līdzību nenosaka vairs paraugu piederība pie noteikta ezera, bet gan sezonālitate. Šāda līdzība gan nav raksturīga ūdens dziļākiem slāņiem. Sventes ezerā abos mēnešos skaidri var izšķirt paraugus pēc dziļumiem, kas ievākti 10-20 m un 20-30 m dziļumā. Brīgenes ezerā iepriekšminēto dziļumu paraugi veido vienu, samērā izkliedētu grupu.

Arī pēc klasteru diagrammas analīzes (Ward metode) zooplanktonam tika novērots skaidri izteikts dalījums nevis pēc diennakts laika, bet gan pēc dziļuma (4.4.-2. attēls).



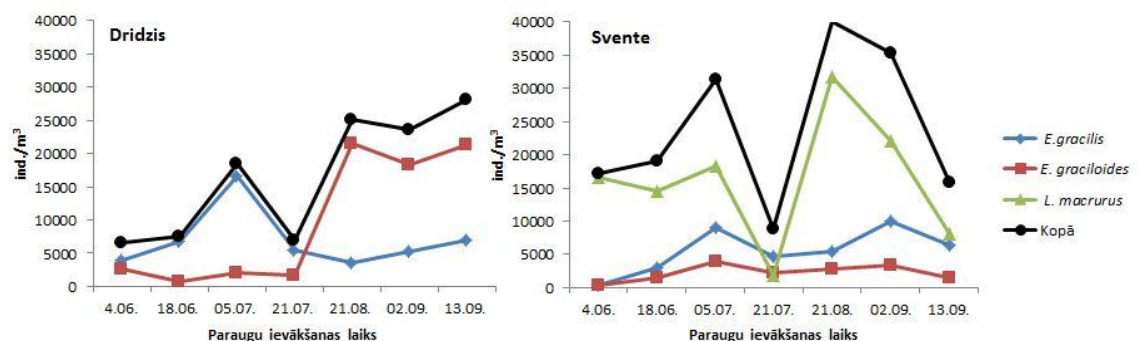
4.4.-2. attēls. Klasteru analīzes (pēc Ward's metodes) rezultāti zooplanktona indivīdu daudzumam, raksturojot diennakts vertikālo dinamiku Briģenes ezerā 2008. gada augustā. Vertikālās ass apzīmējumi norāda paraugu ievākšanas dziļuma intervālu un diennakts laiku, kad paraugs ievākts. Tonētās paraugu kopas apzīmē paraugus, kas ievākti diennakts tumšajā laikā.

Atsevišķas līdzīgas kopas veidojās paraugiem no epilimnija, metalimnija un hipolimnija slāņiem. Izteikti atsevišķi var nodalīt 0-10 m dziļuma paraugus. Briģenes ezerā sākot no 20 m dziļuma, hipolimnija slānī pēc klasteru diagrammas tika novērots nosacīts dalījums pēc diennakts tumšā un gaišā laika (4.4.-2. attēls). Sventes ezeram šāds diennakts dalījums hipolimnija slānī netika konstatēts.

4.5. Kalanoīdu sugu vertikālās izplatības dinamika – pieņēmums par uzvedības noteiktu izvairīšanās stratēģiju no plēsējiem

Paraugu ievākšanas laikā (2010. gadā no jūnija līdz septembrim) gan Sventes, gan Dridža ezeros kopumā tika novēroti divi kalanoīdu indivīdu maksimumi – jūlija sākumā un augusta beigās. Dridža ezerā augusta mēneša maksimums saglabājas un turpinās arī

septembrī, kamēr Sventes ezerā kopējais kalanoīdu skaits septembra sākumā nedaudz samazinās, bet septembra vidū vērojama strauja indivīdu skaita samazināšanās (4.5.-1. attēls). Dridža ezerā jūlija indivīdu maksimumu nodrošina *Eudiaptomus gracilis*, toties jau jūlija beigās šīs sugas indivīdu daudzums būtiski samazinās, pieaugot *Eudiaptomus graciloides* indivīdu skaitam, un augusta beigās/septembrī kalanoīdu indivīdu maksimumu veido tieši *Eudiaptomus graciloides* indivīdu skaits. Sventes ezerā kopējais *Eudiaptomus* sugu indivīdu skaits ir mazāks nekā Dridža ezerā. Sventes ezera kopējo kalanoīdu skaitu lielā mērā veido tieši *Limnocalanus macrurus*. Atšķirībā no Dridža ezera abu *Eudiaptomus* spp. sugu sezonālā skaita dinamika ir līdzīga, skaita ziņā dominē *Eudiaptomus gracilis*. Kalanoīdu skaita maksimums jūlija sākumā Sventes ezerā ir maksimums visām trim kalanoīdu sugām, vēlāk – jūlija beigās, līdzīgi kā Dridža ezerā, seko skaita samazināšanās visām kalanoīdu sugām. Sezonas otrais maksimums *Limnocalanus macrurus* tika novērots augusta beigās, kamēr *Eudiaptomus* sugām Sventes ezerā sezonas otrais maksimums tika konstatēts septembra sākumā. Atšķirībā no Dridža ezera abām *Eudiaptomus* sugām Sventes ezerā, tāpat arī *Limnocalanus macrurus* tika novēroti divi sezonas maksimumi.



4.5.-1. attēls. Kalanoīdu indivīdu daudzums katrā paraugu ievākšanas reizē 2010. gadā visā ūdens kolonnā.

Aplūkojot *Eudiaptomus gracilis* un *Eudiaptomus graciloides* indivīdu vertikālo sadalījumu paraugu ievākšanas laikā kopumā, būtiskas atšķirības starp abiem ezeriem netika konstatētas. Sventes ezerā 35 % no visiem *Eudiaptomus gracilis* īpatņiem konstatēti ūdens slānī 0-10 m, savukārt Dridža ezerā tas ir 31 %, *Eudiaptomus graciloides* 0-10 m slānī Sventes ezerā konstatēti 46 % no visiem ūdens kolonnā sastopamajiem īpatņiem, bet Dridža ezerā – 32 %. *Limnocalanus macrurus* Sventes ezerā atbilstoši šīs sugas ekoloģiskajām prasībām pēc vēsākas temperatūras vislielākā skaitā (36 % no visa kopējā indivīdu daudzuma) tika konstatēts 25-30 m ūdens slānī, 0-5 m slānī šīs sugas īpatņi neuzturējās, savukārt 5-10 m slānī tika konstatēti 3 % no kopējā daudzuma. Sezonas laikā *Limnocalanus macrurus*

populācijas indivīdu skaita maksimums nobīdās dziļākos ūdens slāņos sezonas beigās (no 20-30 m jūnijā uz 25-35 m septembrī).

Pēc grafiskā attēla (7. pielikums) varētu šķist, ka *Eudiaptomus gracilis* populācijas maksimums Dridža ezerā dislocējies dziļākos ezera slāņos nekā Sventes ezerā. Tomēr abu ezeru dziļumi ir dažādi un konkrētajam telpiskajam izvietojumam nav statistiski nozīmīga pamatojuma. *Eudiaptomus graciloides* telpiskais izvietojums sezonas laikā abos ezeros ir salīdzinoši atšķirīgāks nekā otrai *Eudiaptomus* sugai.

Eudiaptomus gracilis abos ezeros būtiski (Pīrsona korelācija, $p < 0,05$) negatīvi korelēja ar ezera dziļumu, turklāt Sventes ezerā šī korelācija bija daudz izteiktāka nekā Dridža ezerā. Sugai *Eudiaptomus graciloides* būtiska negatīva korelācija ar ezera dziļumu tika novērota tikai Sventes ezerā. Sventes ezerā tika konstatēta būtiska, pozitīva korelācija starp abām *Eudiaptomus* ģintis sugām, tomēr ne *Eudiaptomus gracilis*, ne *Eudiaptomus graciloides* pieaugušie īpatņi neuzrādīja statistiski būtisku korelāciju ar *Limnocalanus macrurus*. Savukārt *Limnocalanus macrurus* tika novērota būtiska (Pīrsona korelācija, $p < 0,05$) negatīva korelācija ar temperatūru, kamēr abām *Eudiaptomus* sugām šī korelācija bija pozitīva. Dridža ezerā gan *Eudiaptomus gracilis*, gan *Eudiaptomus graciloides* tika novērota būtiska (Pīrsona korelācija, $p < 0,05$) pozitīva korelācija ar hlorofila a daudzumu, Sventes ezerā šāda sakarība netika konstatēta. Neviena no apsekotajām sugām neuzrādīja korelāciju ar skābekļa koncentrāciju, tāpat arī netika konstatēta pH ietekme.

Lai arī abu ģinšu sugu populācijas maksimumi atsevišķos paraugu ievākšanas laikos un dziļumos pārklājās, kopumā var secināt, ka *Limnocalanus macrurus* skaita maksimums ir novērojams aiz *Eudiaptomus* spp. indivīdu skaita pieauguma.

5. Diskusija

5.1. Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) fauna un jauna suga Latvijas faunā - *Cyclops bohater* Kozminski, 1933

Līdz šim Latvijā pēc dažādiem bibliogrāfiskiem un citiem npublicētiem materiāliem konstatētas 60 sugas un divas pasugas brīvi dzīvojošu saldūdens airkājvēžu. Tomēr reāli eksistējošo sugu skaits var tikt vērtēts kā augstāks visās trīs brīvi dzīvojošo airkājvēžu taksonomiskajās grupās – Calanoida, Cyclopoida un Harpacticoida. Īpaši tas atzīmējams par Harpacticoida kārtu, kurā konstatēti tikai deviņi taksoni. Salīdzinājumam, harpaktikoīdu noteicējā par saldūdens sugām no Viduseiropas minēts nedaudz vairāk kā 100 sugu

(Janetzky et. al., 1996). Ziemeļvalstu saldūdens harpaktikoīdu fauna (kas arī ir salīdzinoši maz pētīta) pārstāvēta ar aptuveni 30 sugām (Kiefer, 1978; Sarvala, 1986; Walseng & Halvorsen, 1996; Sarkka & Makela, 1999; Silfverberg, 1999). Savukārt Polijas faunā dzimtas Canthocamptidae ietvaros atrodamas 29 sugas (Drzycimski & Radziejewska, 2008). Tāpat arī pastāv liela iespējamība konstatēt vairākas sugas saistībā ar to ģeogrāfisko izplatību, atradumiem tuvākās kaimiņvalstīs. Pēc limnofaunas reģistra Baltijas teritorijai (Пидгайко, 1984) un sugu izplatības datiem Baltijas provincē (Kiefer, 1978b) Latvijas saldūdeņiem iespējamās vismaz vēl 7 kalanoīdu un ciklopoīdu sugas, kā arī vairāk nekā 20 harpaktikoīdu sugas (sugu uzskaitījums - Deimantovica et. al., 2011). Īpaši tas būtu atzīmējams par sugu *Acanthocyclops robustus*, kuras izplatības areāls aptver Eiropu, Ameriku, Ziemeļāfriku, Āziju un Jaunzēlandi (Einsle, 1996). Nesenie pētījumi pierādījuši, ka *Acanthocyclops robustus* ir sastopams Skandināvijā, Kanādā, ASV ziemeļos, kā arī, iespējams, Krievijas ziemeļos. Savukārt pārējā Eirāzijas daļā, Ziemeļāfrikā un Ziemeļamerikā sastopamas sugas *Acanthocyclops trajani* Mirabdullayev & Defaye, 2004 un *Acanthocyclops einslei* Mirabdullayev & Defaye, 2004 (Mirabdullayev & Defaye, 2002; Mirabdullayev & Defaye, 2004). Šis atklājums iniciēja citus pētījumus un diskusijas par *Acanthocyclops* ģints sugu molekulāro un morfoloģisko daudzveidību (Blaha et. al., 2010; Yang et. al., 2009).

Tāda suga kā *Ectinosoma abrau* ir jau zināma Latvijā kā Rīgas līča suga (Sloka, 1995c). Atsevišķas sugas, piemēram, *Hemidiaptomus (Gigantodiaptomus) amblyodon*, *Cyclops lacustris*, *Diacyclops bisetosus*, *Diacyclops crassicaudis*, *Diacyclops stygius*, *Graeteriella (Graeteriella) unisetigera* tika konstatētas tikai vienu reizi vai tikai vienā ūdenstilpē. Šo sugu izplatība Latvijā ir diskutējama un nepieciešami papildus pētījumi, lai noskaidrot sugu reālo sastopamību. Atsevišķu litorāla zonas specifiskiem biotopiem raksturīgu sugu retā sastopamība un gadījuma rakstura atradumi Latvijas ezeros visticamāk ir skaidrojami ar kļūdainu noteikšanu, kā arī pielietotās paraugu ievākšanas metodikas izvēli. Pārsvārā tiek ievākti pelagiāles daļas paraugi, kur sugu daudzveidība ir zemāka nekā litorālē.

Glaciāla perioda reliktai sugai *Limnocalanus macrurus* ir zināma viena populācija Latvijā - Sventes ezerā. Latvijā šī suga ir sastopama ne tikai saldūdeņos – Sventes ezerā, bet arī Baltijas jūrā Rīgas līča atklātajā daļā, un līdz 70-to gadu sākumam tā bija viena no dominējošām sugām zooplanktona cenzē. Pēc tam *Limnocalanus macrurus* skaits samazinājās vides apstākļu pasliktināšanās un intensīvas zivju barošanās dēļ (Ikauniece, 2005). *Limnocalanus macrurus* ir konstatēts vēl vienā Latvijas ezerā – Ričā, bet līdz šim

atrasts tikai Baltkrievijas puses paraugos (Vezhnavets et. al., 2011), kas visticamāk ir saistīts ar sugas ekoloģiskajām vajadzībām pēc lielāka dziļuma (vēsākas temperatūras). Sugas ierobežotā izplatība Latvijā skaidri nav izprotama, jo, lai arī to nosaka vēsturiskie apstākļi un sugas sastopamība var būt saistīta ar piemērotu biotopu trūkumu, samērā nelielā attālumā no Sventes ezera (Latgales augstienē, Augšzemes augstienē un Austrumlatvijas zemienē) ir atrodami arī citi dziļie ezeri ar salīdzinoši labākiem skābekļa apstākļiem (Deimantovica et. al., 2011). Savukārt Sventes ezerā katru gadu sezonas laikā ir vērojama krasa skābekļa koncentrācijas samazināšanās dziļākajos un attiecīgi arī vēsākajos ūdens slāņos. Piemēram, blakus esošajā Lietuvā *Limnocalanus macrurus* ir sastopams 13 ezeros (Arbačiauskas & Kalytyte, 2010).

Arī harpaktikoīdu suga *Phyllognathopus viguieri* konstatēta tikai vienu reizi un atzīmēta kā *Phyllognathopus fodinatus*. Oriģinālais *Phyllognathopus fodinatus* apraksts ir tik nepilnīgs, ka ir pieņemts uzskatīt *Phyllognathopus fodinatus* un *Phyllognathopus viguieri* par vienu un to pašu sugu un attiecīgi *Phyllognathopus fodinatus* par *Phyllognathopus viguieri* sinonīmu (Gurney, 1932). Vairāki autori (Kiefer 1960, Lang 1975) ir atzinuši, ka Eiropas populācija ir pārstāvēta ar vienu *Phyllognathopus* ģints sugu - *Phyllognathopus viguieri*, kas tomēr ir maz ticams. Šī ir kosmopolītiskas izplatības suga, ar plašu mainību sugas ietvaros, un savstarpējās krustošanas eksperimenti norāda, ka tā visdrīzāk pārstāv vairāku sugu kompleksu (Glatzel & Königshoff, 2005).

Samērā bieži neskaidrību par aktuālo sugu skaitu rada daudzo sinonīmu, kā arī kļūdainu sugu nosaukumu lietošana. Piemēram, *Eudiptomus coeruleus* ir zināms kā sinonīms sugai *Eudiptomus transylvanicus*, savukārt *Eudiptomus coeruleus vulgaris* ir sinonīms *Eudiptomus vulgaris* (Kiefer, 1978a). Par sinonīma 'coeruleus' turpmāku lietošanas pārtraukšanu tika pieņemts lēmums 1954. gadā Starptautiskajā zooloģijas nomenklatūras komisijā (International Commission of Zoological Nomenclature, slēdziens Nr. 203), tomēr dažādos Latvijā publicētos materiālos tas tiek lietots arī pēc lēmuma pieņemšanas, un nosaukums *Eudiptomus transylvanicus* izmantotajos bibliogrāfiskajos materiālos nav atrodams. Tāpat arī sugas *Eurytemora hirundoides* un *Eurytemora hirundo* pēc aktuālās nomenklatūras uzskatāmas par *Eurytemora affinis* sinonīmiem (Busch & Brenning, 1992) un nav atsevišķi lietojami nosaukumi. Savukārt pasugas, kas izdalītas pamatojoties uz morfoloģiskām variācijām dažādu vides apstākļu ietekmē, uzskatāmas par

ģeogrāfiskiem reģioniem tipiskiem ekotipiem un arī nav izdalāmas kā atsevišķas sugas, piemēram, *Cyclops scutifer wigrensis* uzskatāms par *Cyclops scutifer* ekotipu (Einsle, 1993).

Vienas no plašāk pārstāvētajām un izplatītajām sugām ir *Eucyclops* ģints sugas. Lai gan tāda taksona kā *Eucyclops serrulatus proximus* lietojums ir diskutējams un sugu grupu *Eucyclops serrulatus* nepieciešams izsmeltoši pārskatīt attiecībā uz sugu aprakstiem (Aleksēv et. al., 2006, Dussart & Defaye, 2006). Paredzams, ka Latvijā konstatēto sugu komplekss ir pārstāvēts ar vairāk sugām, nekā līdz šim pieņemts uzskatīt.

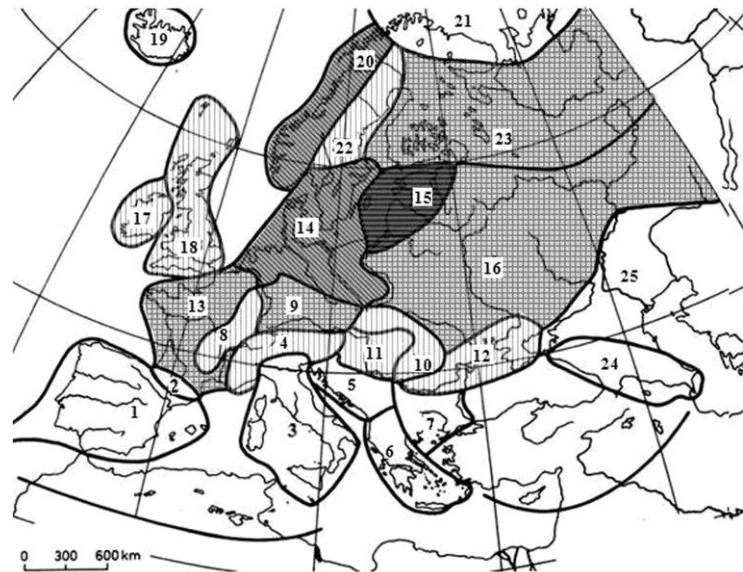
Suga *Cyclops bohater* tika konstatēta Latvijā pirmo reizi. Tās attīstības cikls gada laikā Latvijas ezeros nav zināms. No literatūras ir zināms, ka šai sugai raksturīgas viena vai divas paaudzes gada laikā. Līdz ar to, gada attīstības cikls Latvijas klimatiskajos apstākļos var būtiski atšķirties no tā, kas ir zināms līdz šim no literatūras datiem (Kozminski, 1936; Einsle, 1975, 1996; Dussart, 1969; Stebler, 1979). Šī ir viena no izmēra ziņā lielākajām *Cyclops* ģints sugām, tomēr ķermeņa garums Latvijas ezeros konstatētajām *Cyclops bohater* mātītēm atšķiras no literatūras datiem par citām *Cyclops bohater* populācijām Eiropā, lai arī pieļaujama samērā liela variācija (variācijas koeficients mātīšu ķermeņa garumam disertācijas ietvaros veiktajā pētījumā bija 3,37 %, savukārt sugas aprakstītajam Z. Kozminski (1936) tie bija 7 %. Mērīto īpatņu skaits un vidējais ķermeņa garums šajā un Z. Kozminski (1936) pētījumā attiecīgi ir seši (1727,9 μm) un 18 – 20 (2435 μm). Šajā pētījumā mērīto tēviņu (seši indivīdi) vidējais ķermeņa garums (1546,6 μm) ir aptuveni 88 % no izmērītā vidējā tēviņu garuma (1763,7 μm, mērīti 10 indivīdi), ko veicis Z. Kozminski (1936). Vistuvāk pēc ķermeņa garuma Latvijas *Cyclops bohater* populācijai pielīdzināma Šveices populācija, kur kopējais ķermeņa garums mātītēm nepārsniedz 2,1 mm, bet tēviņu garums ir mazāks par 1,6 mm (Stebler, 1979). Samērā liela variācija attiecībā uz ķermeņa izmētiem *Cyclops* ģints sugu īpatņiem nav ārkārtēja un neparasta parādība. Piemēram, pieaugušām *Cyclops scutifer* mātītēm Atna ezerā Norvēģijā kopējais ķermeņa izmērs laika posmā no novembra līdz maijam variēja no 0,9 līdz 1,3 mm (Dimante-Deimantoviča, nepublicēti dati). Bet *Cyclops scutifer* cefalotoraksa izmērs 52 dažādās populācijās Eirāzijā un Ziemeļamerikā atšķīrās līdz pat 53 % lielākajiem īpatņiem, salīdzinot ar mazākajiem īpatņiem (Elgmork & Halvorsen, 1998).

Šajā pētījumā konstatētās *Cyclops bohater* atsevišķas ķermeņa daļu proporcijas gan sakrīt, gan atšķiras ar citu autoru sniegtajiem datiem. Piemēram, ceturtās krūšu kājas endopodīta trešā segmenta garuma un platuma attiecība (2,5:1 - 3:1) atbilst U. Einsle (1996)

datiem. Savukārt furkas garuma un platuma attiecība (6,1:1 – 7,4:1) atšķirās no literatūras datiem (Einsle, 1996). Tāpat arī variācijas vērojamas vēdera segmentu proporcionālajā attiecībā pret galvkrūšu segmentu garumu un piektās kājas pirmā segmenta apikālā sara garuma attiecībā pret piektās kājas otrā segmenta apikālā sara garumu. Pamanāmas atšķirības ir ceturta un piektā krūšu segmenta platuma mērījumos, furkas dorsālā sara garuma attiecībā pret ķermeņa bez furkas garumu, furkas dorsālā sara garuma attiecībā pret furkas garumu un ceturta krūšu segmenta platuma attiecībā pret pirmā krūšu segmenta maksimālo platumu, salīdzinot ar datiem pēc Z. Kozminski (1936) un citiem. Tēviņiem pamanāmās atšķirības atteicas uz urosomīta garumu un furku saru garumu attiecībām, salīdzinot ar Z. Kozminski (1936) (Deimantovica, 2010).

Kopumā raugoties, morfoloģiskie rādītāji Latvijas populācijas *Cyclops bohater* īpatņiem lielā mērā sakrīt ar citu autoru sniegtajiem datiem, tomēr gan tēviņi, gan mātītes no Latvijas populācijas ir nepārprotami izmēros mazāki attiecībā uz to kopējo ķermeņa garumu, salīdzinot ar citu ģeogrāfisku dislokācijas vietu šīs sugas populācijām.

Ņemot vērā Latvijas saldūdeņos kā Baltijas provincē (pēc Illies, 1978 ekoreģionu klasifikācijas) konstatētās kalanoīdu un ciklopoīdu sugas, Baltijas provincei (Nr. 15 attēlā 5.1.-1.) pēc sugu kompozīcijas vislielākā līdzība (Sorensena līdzības koeficients > 80 %) ir ar Centrālo līdzenumu un Ziemeļu augstienes ekoreģioniem (Nr. 14 un Nr. 20 attēlā 5.1.-1.). Tie ir arī Baltijas provincei vieni no attāluma ziņā tuvākajiem ekoreģioniem. Saskaņā ar Sorensena līdzības koeficientu no Baltijas provinces tālāk esošajiem ekoreģioniem samazinās kalanoīdu un ciklopoīdu sugu līdzības koeficients. Savukārt ar Fennoskandijas vairoga ekoreģionu (Nr. 22 attēlā 5.1.-1.), neskatoties uz atrašanos līdzās Baltijas provincei, sugu līdzība ir salīdzinoši zema (Sorensena līdzības koeficients 64 %). Zināmā mērā to var izskaidrot ar topogrāfiski noteiktajām klimatiskajām atšķirībām, augstuma atšķirību un jūras klātbūtnes ietekmi. Tomēr pastāv arī iespējamība attiecībā uz informācijas trūkumu par retu sugu konstatēšanu konkrētajos ekoreģionos.



5.1.-1. attēls. Līdzība starp Baltijas provinci un citiem Eiropas ekoreģioniem attiecībā uz sastopamajām kalanoīdu un ciklopoīdu sugām (pēc Illies 1978, publicēts Deimantovica et. al., 2011).

- 15, Baltijas province.
- Sorensena līdzības indeks > 80 % - 14, Centrālie līdzenumi; 20, Ziemeļu augstienes.
- Sorensena līdzības indeks 80 %-70 % - 9, Centrālās augstienes; 13, Rietumu līdzenumi; 16, Austrumu līdzenumi; 23, Taiga.
- Sorensena līdzības indeks 70 %-60 % - 4, Alpi; 8, Rietumu augstienes; 10, Karpati; 11, Ungārijas zemienes; 12, Pontijas kalnu province; 17, Īrija un Ziemeļīrija; 18, Lielbritānija; 22, Fennoskandijas vairogs.
- Sorensena līdzības indeks < 60 % - 1, Ibērijas–Makaronēzijas reģions; 2, Pireneji; 3, Itālija, Korsika un Malta; 5, Dināru kalniene Balkānu pussalas rietumos; 6, Helēņu dziļvaga Balkānu rietumos; 7, Austrumbalkāni; 19, Islande; 21, Tundra; 24, Kaukāzs; 25, Kaspijas ieplaka.

Pašreizējie dati, kas atspoguļo Latvijas saldūdeņu airkājvēžu faunas daudzveidību, iegūti, apsekojot upes, dīķus, ezeru pelagiāles un litorāles zonas pavasara, vasaras un rudens sezonas laikā. Lielākā daļa sugu datu ir no Latvijas dienvidaustrumu (ezeriem bagātas teritorijas) un piejūras reģioniem.

Apsēkojot dažādus saldūdens biotopus (ūdenstilpju un teču bentāli, purvus, alas, palienes, īslaicīgās ūdenstilpes, peļķes pavasaros u.c.) un teritoriālās vienības (Latvijas rietumu un ziemeļaustrumu daļu), kā arī veicot materiāla ievākšanu ziemas sezonas laikā (kad atsevišķu koepodu sugu populāciju pieaugušie īpatņi sastopami vislielākā skaitā,

piemēram, *Cyclops bohater* un *Cyclops vicinus*), pastāv lielas iespējas papildināt informāciju par Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošajiem airkājvēžiem.

5.2. Dziļo ezeru ekoloģija un zooplanktona vertikālās struktūras sezonālā dinamika

Pētījumā netika pierādīta nepārprotamas un skaidras zooplanktona izplatības un sugu daudzveidības izmaiņas atkarībā no skābekļa daudzuma samazināšanās. No literatūras ir zināms, ka *Asplanchna* sp. ir jūtīga attiecībā uz skābekļa koncentrācijas ierobežojumu (Elliott, 1977; Mikschi, 1989). Disertācijas ietvaros veiktajā pētījumā tika novērots, ka *Asplanchna* sp. sasniedz skaita maksimumu ūdens virsējos slāņos (0-10 m), kas vienlaicīgi ir arī ar skābekli bagātākie slāņi. Tomēr kopumā tika novērots, ka, neskatoties uz to, ka gan Sventē, gan Briģenē, gan Garajā ezerā sezonas laikā skābeklis samazinās krietni zem literatūrā noteiktā kritiskā skābekļa daudzuma (2-3 mg/l), kas nepieciešams zooplanktona eksistencei (Dodson, 2005), netika konstatēta statistiski nozīmīga korelācija starp zooplanktona īpatņu daudzumu, sugu daudzveidību un skābekļa koncentrāciju. Tāpat arī attiecībā uz zooplanktona daudzumu un sugu daudzveidību netika konstatētas atšķirības starp ezeriem ar dažādu skābekļa daudzumu. Tam par iemeslu var būt dažādi skaidrojumi:

1) Konkrētajā pētījumā pielietotās zooplanktona paraugu ievākšanas un skābekļa mērījumu veikšanas metodes.

Atsevišķu dziļumu zooplanktona paraugu intervāls bija desmit vai pieci metri, savukārt skābekļa daudzums tika mērīts katrā metrā. Nav zināms sīkāks zooplanktona organismu izkļedējums paraugā - vai zooplanktons bija sastopams vienmērīgi piecos (desmit) metros, vai koncentrējās noteiktā dziļumā. Jebkurā gadījumā Sventes un Briģenes ezeros zemas koncentrācijas skābekļa gradients aptvēra vairākus no ievāktajiem vertikālajiem zooplanktona paraugiem.

2) Skābekļa gradients lielākajai daļai zooplanktona sugu ir salīdzinoši plašs, un tāpēc ir sarežģīti konstatēt izteiktu korelāciju.

Skābeklim kā vienam no vidi raksturojošiem rādītājiem nepārprotami ir nozīmīga loma attiecībā uz zooplanktonu (Elliott, 1977; Field & Prepas, 1997). Daudzi autori aprakstījuši virpotāju un vēžveidīgo reakciju uz skābekļa koncentrācijas samazināšanos (Roff, 1973; Infante, 1993; Zadereev & Tolomeyev, 2007). Tomēr, lai arī katrai sugai var izdalīt noteiktu skābekļa koncentrācijas optimumu, kopumā skābekļa diapazons, pie kāda

sastopamas dažādas zooplanktona sugas, ir ārkārtīgi plašs (Berzins & Pejler, 1989b; Bertilsson et al., 1995). Pētījumā par vairāk nekā 500 dažādām saldūdens ūdenstilpēm Zviedrijā tika konstatēts, ka, piemēram, dažādu *Polyarthra* ģints un daudzu citu virpotāju sugu skābekļa koncentrācijas optimums ir aptuveni 8-9 mg/l, bet *Polyarthra* ģints sugas var būt sastopama arī pie ļoti zemas skābekļa koncentrācijas – zem 2 mg/l (Berzins & Pejler, 1989b).

3) Konkrētajos apstākļos zema skābekļa koncentrācija būtiski neietekmē zooplanktona dzīvniekus, jo pastāv iespējamība, ka tiem izveidojusies adaptīva atbildes reakcija uz ikgadējo skābekļa koncentrācijas samazināšanos sezonas laikā.

Zooplanktona organismu spēja pielāgoties videi ar zemu skābekļa koncentrāciju dažādu iemeslu dēļ (piemēram, lai izvairītos no plēsējiem – planktofāgajām zivīm) ir zināma no citiem pētījumiem (De Meester & Vyverman, 1997). Tomēr netika konstatētas būtiskas atšķirības attiecībā uz zooplanktona vertikālo izplatību Sventes (sastopamas tādas planktofāgās zivis kā repši *Coregonus albula*) un Briģenes (repši nav sastopami) ezeros, ko varētu skaidrot ar skābekļa koncentrācijas samazināšanās ietekmi. Sventes ezerā skābekļa daudzuma samazināšanās sezonas laikā novērota jau 1952. gadā (Пэр & Школьникова, 1955). Tāpēc nevar tikt izslēgta iespēja, ka, ja šāda skābekļa daudzuma samazināšanās ūdens dziļākos slāņos atkārtoti noteiktā laikā norisinās katru gadu, tad zooplanktona dzīvniekiem laika gaitā var izveidoties adaptīva atbildes reakcija un tie spēj pielāgoties šādam skābekļa koncentrācijas izmaiņu ciklam. Iespējams, ka, pateicoties adaptācijai noteiktiem vides apstākļiem, vienu un to pašu sugu populācijas dažādos ūdens slāņos ir nodalītas un atšķirās pēc to attīstības cikliem. Piemēram, airkājvēžu sugai, bentiskajam harpaktikoīdam *Paracampton schmeili* dažādās ezera zonās (seklākā un dziļākā litorālē un profundālē) pēc attīstības cikla izpētes tika konstatētas reproduktīvi izolētas kohortas, kam pamatā bija skaidrojums - sezonāli noteiktas temperatūras un barības pieejamības izmaiņas (Sarvala, 1990).

Salīdzinot vēsturiskos un šajā pētījumā iegūtos datus par skābekļa režīmu apsekotajos ezeros, var konstatēt, ka Sventes un Ilzas-Geraņimova ezeros skābekļa koncentrācija kā virsējos, tā dziļākos slāņos pēdējo 50 gadu laikā nav būtiski mainījusies (Пэр & Школьникова, 1955). Savukārt Dridža ezerā virsējā ūdens slānī 1938. gada augustā skābekļa koncentrācija bija 8,55 mg/l, 1952. gada augustā – 9,2 mg/l (Спурис, 1951; Пэр & Школьникова, 1955) bet 2007. gada augustā – 7,39 mg/l. Kopumā visā ūdens kolonnā

varēja novērot skābekļa koncentrācijas nelielu samazināšanos, salīdzinot ar vēsturiskajiem datiem.

pH apstākļi apsekotajos ezeros bija piemēroti konstatētajām zooplanktona sugām. Pēc B. Berzins & B. Pejler (1987) un B. Berzins & J. Bertilsson (1990) informācijas par pH optimumu dažādām vēžveidīgo un virpotāju sugām, pH optimums daudzām virpotāju sugām ir zem 7, turklāt šāds pH optimums arī raksturīgs virpotājiem, kas dod priekšroku oligotrofiem apstākļiem ūdenstilpēs. Arī oligotrofos apstākļus indicējošām zarūsaiņu un airkājvēžu sugām pH optimums ir nedaudz zem 7 (Berzins & Bertilsson, 1990). Apsekotajos ezeros pH bija robežās no 7,76 līdz 8,18. kas ir vairāk nekā Zviedrijas ūdenstilpēs konstatētais pH optimums zarūsaiņu sugām (6,8 – 7,2) (Berzins & Bertilsson, 1990). Šajā pētījumā tika konstatētas gan tādas sugas, kuru pH optimums saskaņā ar augstākminēto literatūru ir zem 7 (*Conochilus (Conochilus) hippocrepis*, *Ascomorpha ecaudis*, *Polyarthra remata*, *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Holopedium gibberum*), gan tādas, kuru izplatības pH optimums ir virs 7.0 (*Trichocerca capucina*, *Pompholyx sulcata*, *Keratella quadrata*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia (Daphnia) longispina*, *Bosmina (Eubosmina) crassicornis*). Jāpiemin, ka, ļoti iespējams, fotosintēzes dēļ ūdens slānī 0-10 m vienmēr bija nedaudz augstāks pH nekā pārējā ūdens kolonnā.

Salīdzinot ar vēsturiskajiem datiem no 50-tajiem un 60-tajiem gadiem, pH apstākļi nav būtiski mainījušies pēdējo vismaz 50 gadu laikā tādos ezeros kā Sventes, Dridža un Ilzas-Geraņimova ezers (Спурис, 1951; Пэр & Школьникова, 1955; Līne, 1966).

Temperatūrai bija visbūtiskākā ietekme uz zooplanktona īpatņu telpisko izplatību, skaitu un sugu sastāvu apsekotajos ezeros sezonas laikā. Temperatūras kā svarīga ietekmējoša faktora nozīme ir aplūkota un pierādīta daudzos pētījumos (Бушман & Русанова, 1976; Taylor et. al., 1993; Kessler & Lampert, 2004; Kaya et. al., 2010; Doulka & Kehayias, 2011). Pēc dažu ezeru vēsturiskajiem datiem jāsecina, ka temperatūras apstākļi un termoklīna dziļums pēdējo 50 gadu laikā nav būtiski mainījies. Piemēram, laika periodā 1960. – 1962. gads Ilzas-Geraņimova ezerā vasaras laikā virsējā ūdens temperatūra variēja no 18,1 līdz 21,2 °C, bet termoklīns bija konstatēts 7-8 m dziļumā (Līne, 1966). Šajā pētījumā virsējā ūdens temperatūra variēja no 17,5 līdz 21,2 °C un termoklīns attiecīgi tika konstatēts 6-8 m dziļumā.

Visos ezeros, izņemot Sventes ezeru, pie augstākas temperatūras tika konstatēts, ka samazinās virpotāju daudzums epilimnija slānī. Ir zināms, ka liela daļa virpotāju un

vēžveidīgo sugu īpatņu ir sastopami samērā plašā temperatūras amplitūdā, tomēr virpotājiem optimālā temperatūra ir zemāka (Kizito & Nauwerck, 1995) nekā vēžveidīgajiem (Berzins & Pejler, 1989a; Bertilsson et al., 1995). Šajā pētījumā tika konstatētas sugas, kas temperatūras ziņā ir ļoti tolerantas un var būt sastopamas visu gadu, piemēram, viena no dominējošajām un visos ūdens slāņos sastopamajām sugām *Kellicottia longispina* (Бушман & Русанова, 1976). Tāpat tika konstatētas sugas, kuras sastopamas šaurākā temperatūras diapazonā, piemēram, *Pompholyx sulcata*, *Trichocerca capucina* un *Bosmina (Eubosmina) crassicornis* (Berzins & Pejler, 1989a; Bertilsson et al., 1995), lai gan tās tika konstatētas gan epilimnija, gan hipolimnija slānī.

Analizējot rezultātus, jāpiekrīt B. Berzins & B. Pejler (1989a) izteiktajam secinājumam, ka sugu vertikālo izplatību vairāk noteica ūdens noslāņošanās termālās stratifikācijas laikā nekā īpatņu individuālās vajadzības un priekšroka noteiktai temperatūrai.

Arī hlorofila a koncentrācijai kopā ar citiem ietekmējošiem faktoriem ir liela nozīmē attiecībā uz zooplanktona vertikālo izplatību (Beaver & Havens, 1996; Kubar et al., 2005; Ka et al., 2006). Apsekotajos ezeros, kuros metalimnija slānī hlorofila a koncentrācija samazinājās pakāpeniski, bija lielāks zooplanktona īpatņu skaits nekā tajos, kuros hlorofila a koncentrācija starp dažādiem termostratifikācijas slāņiem mainījās strauji, kas, iespējams, saistīts ar piemērotākas dzīves vietas – nišas izvēli. Tomēr kopumā gan visam zooplanktonam, gan trim funkcionālajām grupām netika novērota izteikta un statistiski būtiska korelācija ar hlorofila a koncentrāciju. Statistiski būtiska korelācija (Pīrsona korelācija, $p < 0,01$) tika novērota tikai atsevišķām sugām - *Asplanchna priodonta*, *Daphnia (Daphnia) cucullata*, pieaugušajiem ciklopoīdiem un *Eudiaptomus* sp.

Caurredzamība pēdējo 50 gadu laikā ir samazinājusies Dridža un Ilzas-Geraņimova ezeros. Z. Spuris (1958) raksta, ka Dridža ezerā vasaras laikā caurredzamība ir 4-5,2 m. B. Berzins (1949a) pētījumā, kas veikts 1938. – 1940. gadā Dridža ezerā jūlijā un augustā, konstatējis caurredzamību 5,2 m centrālajā daļā un 3,9 m dienvidu līcī. 2007. gada augustā veiktajos mērījumos Seko dziļums Dridža ezerā bija 3,7 m. Ilzas-Geraņimova ezerā Z. Spuris (1958) norāda caurredzamību – 4-4,2 m, B. Berzins (1949a) – 4,2 m. 2007. gadā konstatētā caurredzamība augustā ir 3-3,5 m. Sventes ezerā joprojām ir viena no lielākajām caurredzamībām vasaras laikā. Z. Spuris (1958) konstatēja 8-8,2 m, bet pētījumos, kas tika veikti 2007. – 2008. gada vasaras mēnešos, izmērītais Seki dziļums bija 6-8,7 m.

Elektro vadītspējas atšķirības starp apsekotajiem ezeriem raksturojamas kā samērā nenoīmīgas. Sakarība starp elektro vadītspēju un virpotāju sugu daudzveidību ir novērojama iesāju ūdeņu ezeros, kur M. Kaya et. al. (2010) konstatēja būtisku saistību virpotāju sugu daudzveidībai ar sājuma daudzumu. Savukārt J. Green (1986) novēroja, ka 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ir robežlielums daudzām virpotāju sugām un daudzas nepanes augstāku elektro vadītspēju. Lai arī šajā pētījumā tika konstatētas atsevišķas sugu sabiedrības tādiem ezeriem kā Garais un Ilzas-Geraņimova ezers, kuru elektro vadītspēja bija $\sim 320 \mu\text{S}/\text{cm}$ (kas ir augstāka nekā, piemēram, Sventes, Dridža vai Riča ezerā konstatētā), tomēr drīzāk tie bija citi vides faktori un nevis elektro vadītspēja, kas šajā gadījumā noteica zooplanktona vertikālo izplatību un sugu daudzveidību. Lai konstatētu būtisku elektro vadītspējas ietekmi uz zooplanktona populācijām, nepieciešama plašas amplitūdas elektro vadītspējas rādītāju variēšanas sezonas laikā un/vai starp dažādiem ezeriem.

Zooplanktona vertikālā struktūra (skaita un sugu daudzveidības atšķirības) apsekotās sezonas laikā lielā mērā ir atkarīga no ezeru stratifikācijas. Tika konstatēta korelācija starp paraugu ievākšanas laiku un sugu daudzveidību, kā arī starp paraugu ievākšanas laiku un zooplanktona daudzumu.

Attiecībā uz sugu sastāvu un abiotiskajiem faktoriem īpaši atšķiras maija mēneša paraugi. To līdzība (indeksa aprēķināšanai izmantots rādītājs, summējot visus viena dziļuma profila paraugus) ar pārējiem sezonas paraugiem pēc Renkonena indeksa ir zema. Līdzība palielinās vasaras un rudens sezonas mēnešu paraugiem (5.2.-1. tabula).

Rezultāti norāda uz vertikālās struktūras saistību ar temperatūru un termālo stratifikāciju pavasarī, jo maijā noslāņošanās vēl nav tik izteikta, savukārt vasaras un rudens mēnešos, mainoties dažādu ietekmējošu abiotisko faktoru rādītājiem, par būtiskākiem zooplanktona struktūru ietekmējošiem faktoriem kļūst citi vides gradienti.

Sezonas faktors ir nozīmīgs attiecībā uz zooplanktona sugu vertikālo izplatību skaita izmaiņām (Primicerio & Klemetsen, 1999; Трифонова & Макарецца, 2006; Zuykova et. al., 2009; Doulka & Kehayias, 2011), kaut gan to ļoti ietekmē dažādi citi faktori un ekoloģiskās nianšes konkrētā ezerā, arī tas, kādi paraugi tiek analizēti - šajā pētījumā tika aplūkoti pelagiāles paraugi, ievākti pārsvarā vienā ezera vietā, bet, piemēram, pētījumā, kur tika analizēti dati no lineāriem transektes paraugiem, sezonai kā ietekmējošam faktoram bija salīdzinoši neliela nozīme (Kaya et al., 2010).

Apstākļi, ka tika ievākti tikai pelagiāles paraugi, izskaidro, kāpēc dažas sugas tika novērotas sezonas laikā tikai vienu reizi vai tikai atsevišķos paraugos. Tādas var būt sugas, kuras nav tipiski pelagiāli apdzīvojošas, un to klātesamība vai trūkums neraksturo vides stāvokļa mainību. Piemēram, sugas *Alona affinis*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Sida crystallina* un citas.

5.2.-1. tabula.

Renkonena līdzības indekss Sventes (paraugu ievākšanas datumi sarkanā krāsā) un Brīgenes (paraugu ievākšanas datumi zilā krāsā) ezera pelagiāles paraugiem 2008. gada sezonā. Izcelti indeksa rādītāji 12. maija paraugiem.

30.05.	16.06.	07.07.	07.08.	22.08.	02.09.	30.05.	30.05.	16.06.	07.08.	22.08.	
50	40	33	28	30	30	47	50	38	31	30	12.05.
	81	69	67	68	68	65	80	76	66	48	30.05.
		76	77	83	80	67	84	77	75	57	16.06.
			82	75	69	63	71	70	71	50	07.07.
				84	83	58	74	64	75	56	07.08.
					86	60	73	66	78	62	22.08.
						60	72	65	76	66	02.09.
							73	67	61	42	12.05.
								73	66	48	30.05.
									70	55	16.06.
										76	07.08.

Tāpat arī starpsugu konkurencei, barības pieejamībai un kvalitātei sezonas laikā var būt lielāka nozīme nekā temperatūrai un stratifikācijai (Buyukates & Inanmaz, 2009). Savukārt planktivoro plēsēju aktivitāte un ietekme uz zooplanktonu reizēm var būt būtiskāka nekā barības pieejamība (Beaver & Havens, 1996).

Korelācija tika konstatēta arī starp dziļumu un indivīdu daudzumu. Lai gan atšķirības starp dažāda dziļuma vertikālajiem paraugiem tika konstatēts ne tikai attiecībā uz indivīdu daudzumu, bet arī uz sugu sastāvu sezonas laikā. Visu ezeru 0-10 m dziļuma paraugi pēc RDA analīzes (zooplanktona daudzums) veidoja atsevišķu grupu kopā ar Riča un Sventes ezeru pārējo dziļumu paraugiem. Šo divu ezeru paraugu ievākšanas dziļums un maksimālais dziļums (Riča ezeram – Latvijas teritorijas pusē) bija vismazākais no visiem ezeriem, kas tika apsekoti 2007. gadā. Dridža, Garā un Ilzas-Geraņimova ezeru paraugi, kas ievākti dziļāk par

10 m, veidoja atsevišķu paraugu kopu. Novērotā, iepriekš aprakstītā vertikālā zooplanktona struktūra liecina par dziļo ezeru specifiku attiecībā uz zooplanktona telpisko izplatību sezonas laikā. Atšķirības starp dziļajiem un sekļajiem ezeriem ir novērotas arī attiecībā uz zooplanktona sugu daudzveidību. R. Līne (1966) savā disertācijas darbā ir norādījusi, ka Latvijas dziļajos (vidējais dziļums > 9 m) un vidēji dziļajos ezeros (vidējais dziļums 5 – 9 m) ir neliela zooplanktona sugu daudzveidība, salīdzinot ar sekļajiem ezeriem (vidējais dziļums < 5 m). Dziļajos ezeros zooplanktona taksonu skaits parasti variēja no 24 līdz 46 (kopskaitā maksimālais konstatētā sugu skaits - 85), vidēji dziļajos ezeros no 22 līdz 33 (maksimums 91), bet sekļajos ezeros, kuri ir ar organiskajām vielām bagātāki, konstatēto zooplanktona taksonu skaits bija no 30 līdz 64 (maksimums 116). Līdz zināmai eutroficēšanās pakāpei ezera litorāla zona sekļajos ezeros ir bagātāka ar dažādām augu sabiedrībām, kas attiecīgi nodrošina litorāla zonas zooplanktona sugu daudzveidību, jo daudzas sugas ir raksturīgas konkrētajām augu sabiedrībām (Līne, 1966). Šajā pētījumā konstatēto vēžveidīgo un virpotāju sugu skaits pelagiālē apsekotajos ezeros (24 – 49), salīdzinot ar citiem pētījumiem, lielākoties ir vai nu nedaudz augstāks vai palicis nemainīgs (Līne, 1966; Вадзис и др., 1976; Brakovska & Skute, 2007). Pētījumos, kas tika veikti laika periodā no 1959. līdz 1965. gadam, Latvijas dziļajos ezeros konstatētas vidēji 24 – 46 zooplanktona sugas (Вадзис и др., 1976). Tomēr jāatzīmē, ka šajā pētījumā iegūtie rezultāti ne vienmēr ir tieši salīdzināmi ar vēsturiskajiem datiem, jo aplūkoti tika tikai pelagiāles paraugi, paraugu ievākšanas metodes atšķīrās, kā arī daudzu taksonu lietošana (Кумсапе & Лагановская, 1959) pēc mūsdienu klasifikācijas ir vērtējama kā kontroversāla.

Par tiem ezeriem, par kuriem pieejami vēsturiskie dati un publicēti nesenu pētījumu rezultāti (Dridža, Ilzas-Geraņimova, Sventes ezeri), var secināt, ka gan pēdējo dažu gadu (Brakovska & Škute, 2009; Brakovska & Skute, 2007), gan arī pēdējo 50 gadu (Berzins, 1949a; Селкере, 1955; Кумсапе & Лагановская, 1959; Līne, 1966; Вадзис и др., 1976) laikā dominanto sugu komplekss nav būtiski mainījies. Joprojām tādas sugās kā *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Filinia longiseta*, *Polyarthra vulgaris*, *Daphnia* (*Daphnia*) *cristata*, *Daphnia* (*Daphnia*) *cucullata*, *Bosmina* (*Eubosmina*) *crassicornis*, *Bosmina* (*Eubosmina*) *longispina*, *Diaphanosoma brachyurum* ir dominantas. Lielākā daļa iepriekš uzskaitīto sugu R. Līnes (1966) darbā minētas kā raksturīgas dziļajiem un vidēji dziļajiem ezeriem. Visas dominantās sugas ir plaši izplatītas un bieži sastopamas Latvijas ezeros (Līne, 1966; Sloka, 1981; Paidere & Škute, 2011). Suga, kas bija pārstāvētā vislielākā skaitā no

dominējošām sugām visā paraugu ievākšanas sezonas laikā, bija *Keratella cochlearis*. Šī virpotāju suga ir kosmopolītiskas izplatības un ir konstatēta kā dominanta suga daudzos pētījumos dažādās valstīs (Grundstrom, 1987; Beaver & Havens, 1996; Primicerio, 2000; Pinel-Alloul et. al., 2004, Kubar et. al., 2005). *Keratella cochlearis* ir eiriterma (Elliott, 1977; Mikschi, 1989) un spēj eksistēt pie zemas skābekļa koncentrācijas (Elliott, 1977). Tāpat šīs sugas īpatņiem ir raksturīga kapacitāte uzkrāt resursus (Kirk, 2002). Augstākminētās īpašības daļēji paskaidro *Keratella cochlearis* iespējas dominēt citu sugu starpā.

Dažas izmaiņas sugu sastāvā:

1) Jau 1955. gada pētījumos un vēlāk zooplanktona sugu sastāvā ir parādījusies *Conochilus (Conochilus) hippocrepis*, kas nomainījusi *Conochilus (Conochilus) unicornis* (Brigēnes, Riča un Sventes ezeros, lai gan par Riča ezeru ir zināms, ka joprojām abas sugas ir konstatētas Baltkrievijas pusē (Līne, 1966; Vežnavecs, nepublicēti dati)). Ilzas-Geraņimova ezerā pētījumos, kas veikti laika posmā no 1960. līdz 1962. gadam, konstatētas abas sugas, bet *Conochilus (Conochilus) hippocrepis* konstatēta ļoti reti, kamēr *Conochilus (Conochilus) unicornis* konstatēta gandrīz visās paraugu ņemšanas reizēs (Līne, 1966).

Grūti rast viennozīmīgu skaidrojumu šai sugu nomaiņai un skaita attiecības izmaiņām. Abām sugām ir raksturīgi līdzīgi barošanās ekoloģiskie apstākļi. Pētījumi ir pierādījuši, ka to atšķirīgo, sezonālo attīstības ciklu nosaka temperatūra, tāpēc abu sugu skaits karstākajā laikā var samazināties, bet attīstības maksimums vienai var būt vēlā pavasarī, bet otrai agrā rudenī (Hampton, 2005). A. Karabin (1985) pētījumā par pelagiskā zooplanktona izmaiņām ezeru eitrofikācijas procesā norādījis *Conochilus (Conochilus) hippocrepis* kā sugu, kuras dominance samazinās, pieaugot trofijas pakāpei. *Conochilus (Conochilus) unicornis* īpatņu daudzumu eitrofikācija būtiski neietekmē (Karabin, 1985). Tāpat arī *Conochilus* skaitu negatīvi var ietekmēt *Daphnia* spp. skaita izmaiņas. Dafniju skaitam pieaugot, tās sāk konkurēt ar *Conochilus* par barības resursiem (Hampton, 2005). Dafniju skaits pieaug, ja pieaug trofijas līmenis (Kohler et al., 2005). Lai arī informācija par dafniju skaitu no senākiem datiem nav viennozīmīga, to attiecība pret pārējo zooplanktona indivīdu daudzumu pēc šajā pētījumā iegūtajiem datiem ir caurmērā no 2,9 % Dridža ezerā un 4,6 % Ilzas-Geraņimova ezerā, līdz 12,7 % Garajā ezerā. Sventes ezerā dafnijas vidēji ir 7 % no pārējā zooplanktona indivīdu daudzuma, bet Riča ezerā 4 %. Vismazāk un tikai periodiski *Conochilus* bija sastopams Garajā ezerā un Ilzas-Geraņimova ezerā. Ietekme uz

Conochilus var būt arī pastarpināta, piemēram, pieaugot plēsēja *Bythotrephes longimanus* aktivitātei, tiek nomāktas herbivorās vēžveidīgo sugas, kas konkurē ar *Conochilus* par barības resursiem un tādējādi *Conochilus* skaits pieaug (Hovius et. al., 2006).

2) *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Dridža un Sventes ezeros netika konstatēta kā dominanta suga, salīdzinot ar senāk veiktiem pētījumiem (Селкере, 1955; Вадзис и др., 1976). Dridža un Sventes ezeros šīs bosminas skaits, tāpat kā airkājvēžu skaits, ir samazinājies.

To visdrīzāk var skaidrot ar planktofāgo zivju ietekmi. R. Selkere (1955) pēc 1953. gada datiem konstatēja, ka tādas zivju sugas kā repši *Coregonus albula*, salakas *Osmerus aperlanus* un viķes *Alburnus alburnus* barojas galvenokārt ar *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Cyclops*, *Diaptomus* un *Eurytemora* ģints sugām (Селкере, 1955). Ņemot vērā datus par industriālo zveju laika posmā no 1950. - 2007. gadam (Latvijas Zivju resursu aģentūras dati), dominē salakas, bet repši ir sastopami salīdzinoši nelielā skaitā.

Arī *Bosmina (Eubosmina) coregoni* atzīmēta kā vāji oligotrofu – mezotrofu ezeru grupai raksturīgo sugu kompleksa suga (Līne, 1966). Šādi ezeri R. Līnes (1966) darbā ir norādīti divi – Ilzas-Geraņimova un Sventes ezeri. Šajā pētījumā Ilzas-Geraņimova paraugos *Bosmina (Eubosmina) coregoni* netika konstatēta, tomēr tas jāizvērtē kritiski, jo suga atzīmēta sugu sarakstā A. Brakovskas & R. Škutes (2009) publikācijā, kurā arī analizēti Ilzas-Geraņimova ezera paraugi no 2007. gada.

3) Ja turpina aplūkot sugu sastāvu pēc ezeru trofiskā stāvokļa, var konstatēt vērā ņemamas izmaiņas.

Salīdzinot pašreizējo sugu sastāvu Dridža ezerā ar datiem 1938. – 1940. gadā (pēc Bērziņš, 1949a) var konstatēt, ka sugu sastāvu ir papildinājušas vismaz piecas eitrofikāciju indicējošas (Hakkari, 1972; Karabin, 1985) sugas, piemēram, tādas sugas kā *Daphnia (Daphnia) cucullata*, *Keratella quadrata*, *Pompholyx sulcata*. Turpretī tādas sugas, kas liecina par oligotrofiskiem apstākļiem, piemēram, *Gastropus stylifer* (Sventes un Ilzas-Geraņimova ezerā) un *Ploesoma hudsoni* (Dridža un Ilzas-Geraņimova ezerā) ir izzudušas. Pētījumos, kas veikti 1938. – 1940. gadā, Dridža ezers raksturots kā mēreni oligotrofs ar augstu skābekļa koncentrāciju visā ūdens kolonnā, zemu zooplanktona īpatņu skaitu un eitrofikāciju raksturojošu sugu trūkumu, nabadzīgu veģetāciju, bez ūdens ziedēšanas (Berzins, 1949a). Dažādās publikācijās Dridža ezers raksturots gan kā oligomezotrofs, gan mezotrofs un arī

eitrofs ezers. Eurowaternet monitoringa programmas ietvaros Dridzis norādīts kā mezotrofs ezers (Glazačeva, 2004).

Savukārt Ilzas-Geraņimova ezers laika periodā 1938. – 1940. Ir raksturots kā mēreni eitrofs ezers ar mazu skābekļa daudzumu ūdens dziļākajos slāņos, bagātīgu planktonu un virpotāju sugām, kuras liecina par eitrofikāciju (Berzins, 1949a). Sventes un Ilzas-Geraņimova ezeros izmaiņas oligotrofiju un eitrofiju norādošo sugu attiecībā nav tik izteiktas. Trofiskā stāvokļa izmaiņas un atšķirības starp apsekotajiem ezeriem var aplūkot arī pēc citām sakarībām. Ja aplūko proporciju zooplanktona funkcionālajām grupām, piemēram, Dridža ezerā – airkājvēžu daudzums ir samazinājies no 56 % 1954. gada augustā (Кымcape & Лагановская, 1959) līdz 40 % 2007. gadā. Savukārt virpotāju daudzums ir pieaudzis (attiecīgi no 21 % līdz 47 %). Zarūsaiņu skaits veidoja 23 % 1954. gadā un 13 % 2007. gadā. A. Karabin (1985) ir izteicis hipotēzi, ka zooplanktona sabiedrībās zarūsaiņi samazinās pieaugot eitrofikācijai, turklāt izteiktāk šī dominances samazināšanās vērojama ezeros, kuros trofijas līmenis ir zems. Turpretī L. Urtāne (1998) norāda, ka sākotnējās ezeru attīstības stadijās organisma skaita pieaugumu nodrošina vēžveidīgie, bet sasniedzot eitrofu stāvokli – virpotāji. Attiecība starp dažādām zooplanktona dzīvnieku funkcionālajām grupām raksturo ezeru trofijas stāvokli. Izteikts zarūsaiņu proporcijas pieaugums Latvijas ezeros konstatēts tikai stipri eitrofos un distrofos ezeros. Virpotāju un vēžveidīgo attiecība būtiski mainās no 0:1 mezoeitrofos un vāji eitrofos ezeros līdz 1:20-1 stipri eitrofos ezeros (Urtāne, 1998). Šī sakarība, apkopojot datus par visiem paraugiem, kas tika ievākti sezonas laikā apsekotajos ezeros, ir īpaši izteikta Ilzas-Geraņimova ezeram (aptuveni 1:5) un Garajam ezeram (aptuveni 1:3). Dridža ezerā virpotāju:vēžveidīgo attiecība bija aptuveni 1:1. Ilzas-Geraņimova ezerā pētījumos, kas tika veikti 1960. – 1962. gadā, paraugu ievākšanas sezonas laikā konstatētā vidējā attiecība virpotājiem pret vēžveidīgajiem svārstījās aptuveni 1:2 – 1:3 (pēc Līne, 1966). Savukārt Dridža ezerā 1954. gadā šī attiecība bija aptuveni 1:4 (Кымcape & Лагановская, 1959).

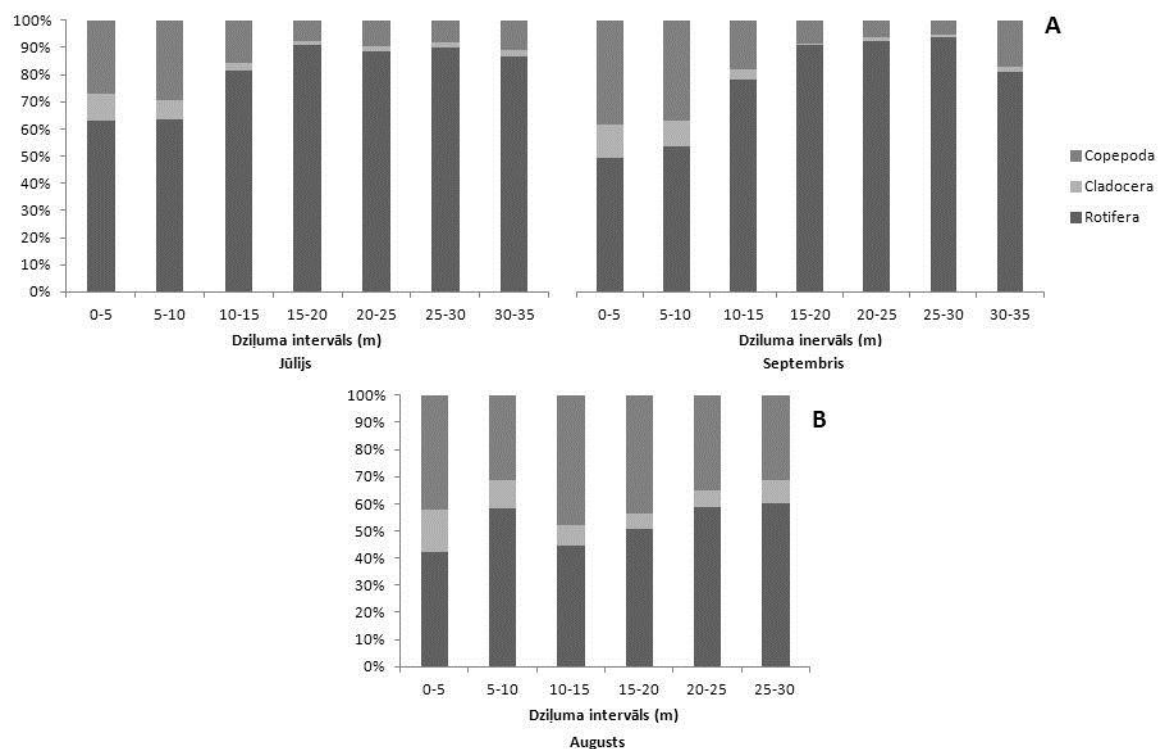
Vertikālā segregācija izteiktāka bija virpotājiem. Zarūsaiņiem tā nebija tik izteikta. Dridža, Ilzas-Geraņimova, Briēnes un Sventes (2008. g.) ezeros tādas sugas kā *Diaphanosoma brachyurum* un *Daphnia (Daphnia) cristata* deva priekšroku augšējam ūdens slānim, savukārt suga *Bosmina (Bosmina) longirostris* bija vairāk sastopama dziļākos ūdens slāņos, līdzīgi kā Adamczuk (2009) pētījumā. Riča ezerā šāds vertikālais sadalījums netika novērots, bet Sventes ezerā (2007. g.) un Garajā ezerā nebija izteikts. Briēnes ezerā

Bosmina (Bosmina) longirostris bija sastopama arī 0-5 m slānī, kas, iespējams, saistīts ar to, ka šajā ezerā nav planktofāgo zivju – repšu *Coregonus albula*. Līne (1966) par Ilzas-Geraņimova ezeru raksta, ka atsevišķu sugu vertikālajā sadalījumā nav novērojamas būtiskas atšķirības starp dažādiem horizontiem, izņemot to, ka 30 m dziļumā vairs nav sastopamas tādas sugas kā *Conochilus (Conochilus) unicornis*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Filinia* spp., *Gastropus stylifer*, *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Daphnia (Daphnia) cucullata*, *Ceriodaphnia* spp., *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*. Šāds sugu sadalījums Ilzas-Geraņimova ezerā 2007. gada sezonā netika novērots, no iepriekš uzskaitītajām sugām, kuras bija sastopamas ezerā, 30 m dziļumā nebija sastopamas *Daphnia (Daphnia) cristata*, *Ceriodaphnia* spp. un *Chydorus sphaericus*.

Veiktajā pētījumā tika konstatēts, ka atsevišķām dominantajām virpotāju sugām kā *Kellicottia longispina*, *Polyarthra vulgaris* un *Pompholyx sulcata* pēc to dominances indeksa vērtībām paraugu ievākšanas laikā raksturīga noteikta vertikālā un sezonālā segregācija, sugu indivīdu skaita maksimumi atšķīrās. Līdzīgu izplatības modeli konstatējis arī R. Laxhuber (1987), aprakstot, kā, samazinoties *Polyarthra* sp. īpatņu skaitam, palielinājās *Kellicottia longispina* īpatņu skaits, un otrādi. Tomēr tā nav raksturīga parādība visiem ezeriem, daudzi autori nav to konstatējuši (Grundstrom, 1987; Primicerio & Klemetsen, 1999). E. Doulka & G. Kehayias (2011) savā pētījumā attēloja vertikālās izplatības atšķirības starp *Kellicottia longispina* un citām virpotāju sugām, norādot, ka *Kellicottia longispina* izvairās no augšējiem ūdens slāņiem visā sezonas laikā, ieskaitot stratifikācijas periodu. Izvairīšanās no augšējā 0-5 m ūdens slāņa tika konstatēta arī Briģenes un Sventes ezeros 2008. gada paraugu ievākšanas sezonā. Citos ezeros, kā arī Sventes ezerā, kad paraugi tika ievākti 2007. gadā, *Kellicottia longispina* skaita maksimums konstatēts zem 10 m dziļuma, kas skaidrojams ar paraugu ievākšanas metodi – 2007. gada paraugiem dziļuma intervāls ir 10 m, kas ir par lielu, lai konstatētu iepriekš minēto sakarību – izvairīšanos no paša virsējā ūdens slāņa. Tāpat arī E. Doulka & G. Kehayias (2011) savā pētījumā konstatēja līdzīgu iepriekš aprakstīto segregācijas modeli starp sugām *Kellicottia longispina* un *Pompholyx sulcata* - abu sugu populācijām netika konstatēta koeksistence, skaita maksimumu sasniedzot. Zināmā mērā šādu segregāciju var skaidrot ar barošanās uzvedību un ekoloģiskajām prasībām. *Polyarthra* sp. nav zināmi daudzi iespējamie barības konkurenti, jo šīs sugas barojas ar barības daļām, kas pēc izmēra ir izteikt lielas, salīdzinot ar *Keratella cochlearis* vai *Kellicottia longispina* (Gilbert & Bogdan, 1984; Bogdan & Gilbert, 1987). Tomēr pastāv izteiktas atšķirības attiecībā uz šo

sugu morfoloģiju. *Polyarthra* sp. raksturīga mīksta ķermeņa kutikula, tādējādi šī suga ir vairāk jūtīga pret plēsējiem nekā, piemēram, tādas sugas kā *Kellicottia longispina*, kuras kutikula ir stingrāka un ar dzelkņiem līdzīgiem izaugumiem. Ir zināms, ka *Polyarthra* sp., *Asplanchna* sp., *Pompholyx sulcata* un *Keratella cochlearis* no plēsēju puses ir daudz vairāk apdraudētas nekā *Kellicottia longispina* (Brandl, 2005). Sugai *Keratella cochlearis* arī ir raksturīgi salīdzinoši nelieli dzelkņu izaugumi un, atkarībā no ūdenstilpē esošo potenciālo plēsēju dominances, dzelkņu garums variē (Green, 2007). Neskatoties uz barošanās un morfoloģiskajām atšķirībām, virpotāju sugu segregācijai savā starpā var arī nebūt īpaša saistība, un tā, iespējams, noris katrai sugai neatkarīgi no citām.

Salīdzinot 2008. gada datus par Sventes un Brīgenes ezeru, tika konstatētas būtiskas atšķirības zooplanktona funkcionālo grupu sadalījuma ziņā gan sezonālā, gan arī dziļuma griezumā (4.3.2.2.-2. attēls, 5.2.-1. attēls).



5.2.-1. attēls. Zooplanktona organismu galveno taksonu grupu proporcionālais sadalījums Sventes ezerā – jūlijā un septembrī, Brīgenes ezerā – augustā.

Sventes ezerā airkājvēžu un zarūsaiņu daudzums attiecībā pret virpotājiem uzskatāmi samazinās, sākot no 10-15 m dziļuma, bet virpotāju proporcija palielinās. Brīgenes ezerā šādas izmaiņas praktiski nav novērotas. Savukārt sezonālā griezumā Brīgenes ezerā,

tuvojoties rudenim, palielinās abu vēžveidīgo grupu dzīvnieku daudzums un samazinās virpotāju proporcija. Ir zināms, ka Briēnes ezerā ne tikai nav sastopamas tādas planktonfāgās zivis kā Sventes ezerā, piemēram, repši *Coregonus albula*, tāpat arī Briēnes ezerā nav konstatēta plēsīgā kalanoīdu suga *Limnocalanus macrurus*. Līdz ar to atšķirības zooplanktona sezonālajā un dziļuma dinamikā varētu būt lielā mērā skaidrojamas ar plēsēju klātbūtnes ietekmi. Dati par repšu populācijas izpēti Sventes ezerā liecina, ka repši vistīcamāk sasniedz skaita maksimumu 5-15 m dziļumā, bet zooplanktona vertikālā izvietojuma analīze norāda uz to, ka tie barojas dziļumā no 5 līdz 25 metriem (Igaune & Škute, 2010; Morkāne & Škute, 2010) un to barību veido airkājvēži, dafnijas, diaphanosomas, bosminas un naupliji, kā arī *Keratella quadrata* (Morkāne & Škute, 2010; Daugavpils Universitātes Ekoloģijas institūts, npublicēti dati). No citiem pētījumiem ir zināms, ka repši galvenokārt barojās ar zarūsaiņiem un airkājvēžiem, turklāt barošanās ritms mainās gan atkarībā no dziļuma, gan no diennakts laika, gan arī sezonālās (Viljanen, 1983; Czarkowski et. al., 2007). Priekšroka tiek dota pēc izmēra lielākām zarūsaiņiem un airkājvēžiem (Hamrin, 1983). Repšu kā plēsēju aktivitātes rezultātā potenciālo barības objektu indivīdiem samazinās ķermeņa izmērs un zooplanktona populācijā sāk dominēt maza izmēra sugas (Bohn & Amundsen, 1998). Citos pētījumos kā repšu barības objekti tiek norādīti *Daphnia (Daphnia) cucullata*, *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Cyclops scutifer*, *Cyclops vicinus*, *Heterocope appendiculata* (Hamrin, 1983; Viljanen, 1983; Czarkowski et. al., 2007).

Salīdzinoši reti paraugos tika konstatēti tādi liela izmēra bezmugurkaulnieki-plēsēji kā pie zarūsaiņiem piederošās *Leptodora kindti* un *Bythotrephes longimanus*. Tomēr iegūtie dati nevar tikt uzskatīti par minēto sugu raksturojošiem, jo jau esošie pētījumi ir pierādījuši, ka šo sugu populācijas daudzuma un dinamikas novērtēšanai nepieciešama īpaša, mērķtiecīga metodika attiecībā uz organismu ievākšanu. Ir zināms, ka *Leptodora kindti* spēj izvairīties no tradicionāli pētījumos izmantojamajiem planktona tīkliem un nakts paraugos ievākto leptodoru skaits var būt pat 5-6 reizes lielāks nekā dienas paraugos vienā un tajā pašā paraugu ievākšanas vietā (Škute, 1993).

5.3. Zooplanktona diennakts vertikālā dinamika

Kopumā zooplanktonam abos ezeros izteiktas vertikālās migrācijas netika novērotas. Briēnes ezerā zooplanktona dzīvnieki lielākā skaitā tika konstatēti ūdens slānī 0-10 m, to

skaits samazinājās 10-20 m dziļumā, bet atkal palielinājās sasniedzot 20-25 m dziļumu. Sventes ezerā zooplanktona vertikālais sadalījums būtiski atšķirās jūlijā un septembrī. Jūlijā ūdens dziļākos slāņos (sākot no 10 m dziļuma) tika konstatēts lielāks zooplanktona skaits nekā augšējos slāņos. Dažādos diennakts laikos ūdens kolonnā mainās zooplanktona daudzuma maksimumi. Septembrī konstatētais zooplanktona daudzums ir salīdzinoši zemāks, turklāt lielākā daļa zooplanktona dzīvnieku visu diennakti ir koncentrējušies ūdens slānī līdz 20 m. Kopumā zooplanktona indivīdu skaita izmaiņas diennakts laikā Sventes ezerā jūlijā bija ar lielāku amplitūdu nekā Sventes ezerā septembrī vai Briģenes ezerā augustā.

Atšķirības zooplanktona vertikālajā izplatībā abos ezeros un dažādos laikos var saistīt ar konstatētajām atšķirībām hlorofila a vertikālajā gradientā. Zooplanktona diennakts vertikālo migrāciju saistību un sakarības ar tā barības bāzes vertikālo gradientu apliecina arī citi pētījumi (Lampert & Taylor, 1985; Reichwaldt et. al., 2004). Laikā, kad veikti diennakts vertikālo migrāciju novērojumi, Briģenes ezerā hlorofila a koncentrācijas maksimums ir tieši 0-10 m slānī, savukārt Sventes ezerā hlorofila a koncentrācijas pieaugums vērojams sākot ar 5 m un dziļāk, sasniedzot maksimālo koncentrāciju 10-15 m dziļumā. Dziļākajos Sventes ezera slāņos septembrī hlorofila a koncentrācija ir gandrīz uz pusi mazāka nekā jūlijā. Tomēr viennozīmīgiem secinājumiem būtu nepieciešams noteikt hlorofila a gradienta izmaiņas diennakts laikā, šajā pētījumā hlorofila a mērījumi tika veikti vienu reizi diennakts gaišajā periodā. Citi pētījumi ir pierādījuši, ka barošanās aktivitāte zooplanktona dzīvniekiem atšķirās ne tikai sezonas laikā un dažādos dziļumos, bet arī atkarībā no diennakts laika (Lampert & Taylor, 1984). Pie zināma barības daudzuma vienā un tajā pašā ūdenstilpē dažādām sugām var tikt novērota dažādi diennakts vertikālo migrāciju uzvedības modeļi, izmaiņas barības daudzumā var izmainīt sugas migrāciju uzvedību (Ringelberg, 2010).

Abos ezeros, gan Sventes, gan Briģenes ezerā, tika konstatēts skābekļa deficīts dziļākos ūdens slāņos. Briģenes ezerā būtiska skābekļa koncentrācija samazināšanās vērojama jau 12-16 m dziļumā, Sventes ezerā 19-25 m dziļumā. Sventes ezerā termoklīna slānis atradās dziļāk, savukārt augstākā virsējā ūdens slāņa un zemākā ūdens dziļuma temperatūra tika konstatēta Briģenes ezerā augustā (21,3⁰C augšējā ūdens slānī un 5,1⁰C 32 m dziļumā). Skābekļa koncentrācijai var būt būtiska, limitējoša ietekme uz zooplanktona diennakts vertikālajām migrācijām. Eitrofā ezerā, kurā tika konstatēts skābekļa minimums metalimnija slānī 10-15 m dziļumā, zarūsaiņi neveica diennakts vertikālās migrācijas, to vertikālā izplatība bija noteikta un saistīta ar ūdens slāni virs termoklīna un skābekļa

minimālo koncentrāciju (Horppila et. al., 2000). Tomēr Sventes un Briēnes ezerā būtiska skābekļa koncentrācijas samazināšanās ietekme uz zarūsaiņiem un zooplanktona īpatņiem kopumā netika novērota, lai arī vairums diennakts vertikālo kustību izmaiņas bija saistītas ar epilimnija un metalimnija slāņiem. Tā kā temperatūras un skābekļa apstākļi abos ezeros pētītajā laika posmā bija salīdzinoši līdzīgi, ar to nevar tikt interpretētas diennakts vertikālo migrāciju atšķirības. Iespējams, ka gan Sventē, gan Briēnē skābekļa koncentrācijas izmaiņas sezonas laikā būtiski ietekmē diennakts vertikālās migrācijas, ja salīdzina pavasara datus (maijā), kad skābekļa koncentrācija ir salīdzinoši augsta, ar vasaras datiem (jūlijā, augustā) un vēlā rudens datiem (oktobrī, novembrī), kad skābekļa gradients ir būtiski mainījies. Citi pētījumi apstiprina skābekļa kā ietekmējošā faktora lomu mijiedarbībā ar citiem apstākļiem diennakts vertikālo migrāciju modelī dažādos gadalaikos. Ūdens slānis, kurā ir zema skābekļa koncentrācija var kalpot par patvērumu zooplanktona dzīvniekiem no plēsējiem - zivīm (Muluk & Beklioglu, 2005).

Sventes un Briēnes ezerā diennakts vertikālo migrāciju novērojumi veikti stratifikācijas laikā, kam ir galvenā nozīme attiecībā uz diennakts vertikālo migrāciju uzvedības sākuma un beigu iniciēšanas noteikšanu (Ringelberg, 2010). Stratifikācijas ietekme jūtama arī šajā pētījumā, jo gan Sventes, gan Briēnes ezerā novērots izteikts zooplanktona organismu telpiskais dalījums nevis pēc diennakts laika, bet gan dziļuma.

Jāizslēdz plēsīgo zarūsaiņu ietekme uz citu zooplanktona sugu diennakts vertikālo migrāciju ritmu, lai gan ir zināmi pētījumi, kas apliecina plēsīgo sugu diennakts vertikālo migrāciju uzvedību, piemēram, tādai sugai kā *Leptodora kindti*, turklāt nepieaugušiem un pieaugušiem īpatņiem tika konstatēts pretējs migrāciju ritms ar atšķirīgām migrāciju amplitūdām. Sugai *Leptodora kindti* var arī nebūt izteikta diennakts vertikālo migrāciju uzvedība, un tā var atšķirties vienā un tajā pašā ūdenstilpē dažādos gados (Škute, 1993). Tomēr Sventes un Briēnes ezeros plēsīgās zarūsaiņu sugas bija sastopamas tik nelielā skaitā, ka to ietekme uz citām sugām visticamāk vērtējama kā maznozīmīga.

Vertikālo migrāciju amplitūdas atšķirības saistībā ar vizuāli medījošo plēsēju - zivju aktivitāti ietekmē ūdens caurredzamība. Ir zināms, ka vertikālo migrāciju amplitūda ir lielāka ezeros, kuros ir lielāks Seki dziļums (Gliwicz, 1986; Dodson, 1990; Ringelberg, 2010). Tāpat arī ezeros, kur novērota UV radiācijas ietekme, caurredzamības dziļums izteikti korelē ar populācijas īpatņu vidējo atrašanās vietas dziļumu ezeros (Ringelberg, 2010). Sventes ezerā caurredzamība bija lielāka nekā Briēnes ezerā, un visticamāk, ka planktofāgo zivju aktivitāte

ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas nosaka vertikālo migrāciju amplitūdu atšķirības abos ezeros.

Sventes ezerā kopepoda *Limnocalanus macrurus* ietekme uz vairums citu zooplanktona sugu vertikālo izplatību diennakts laikā visticamāk ir mazbūtiska. Lai arī šai plēsīgajai sugai ir zināma pat ļoti izteikta diennakts vertikālo migrāciju uzvedība (Rahkola et. al. 1999), Sventes ezerā abos mēnešos, kad tika veikti diennakts novērojumi, netika konstatētas izteiktas un būtiskas *Limnocalanus macrurus* vertikālās struktūras izmaiņas. Diennakts tumšajā laikā *Limnocalanus macrurus* skaits nedaudz palielinājās metalimnija slānī un noteiktā hipolimnija dziļumā. Iespējams, tas ir iemesls, kāpēc savukārt *Eudiaptomus* sp. īpatņi Sventes ezerā praktiski nav sastopami hipolimnija slānī, atšķirībā no Briģenes ezera. Briģenes ezerā kopumā konstatēto *Eudiaptomus* sp. skaits bija ievērojami lielāks nekā Sventes ezerā, un, lai arī šis ģints pārstāvjiem ir tendence pārsvarā uzturēties epilimnija un metalimnija slāņos, Briģenes ezerā to bija salīdzinoši daudz arī hipolimnijā. *Eudiaptomus* sp. arī citos pētījumos, tāpat kā Sventes un Briģenes ezerā, konstatēta klasiska diennakts vertikālo migrāciju uzvedība (Lampert & Taylor, 1985; Dobrynin, 2009 sugai *Eudiaptomus graciloides*).

Ja aplūko citu sugu, ģinšu vai indivīdu grupu diennakts vertikālo migrāciju uzvedību individuāli, var novērot, ka ne tikai *Eudiaptomus* sp. ir raksturīgs noteikts diennakts vertikālās izplatības modelis. Tāds bija arī sugai *Diaphanosoma brachyurum*, turklāt sezonas laikā Sventes ezerā diennakts vertikālo migrāciju raksturs šai sugai mainījās no klasiskas migrācijas jūlijā uz pretēju klasiskajai migrācijai septembrī. Klasiska modeļa diennakts vertikālās migrācijas *Diaphanosoma brachyurum* novērotas arī citu autoru pētījumos (Grzegorz et. al., 2005; Karabin & Karabin, 2005; Dobrynin, 2009), tajā pašā laikā šai sugai var arī nebūt diennakts vertikālo migrāciju uzvedība (Adamczuk, 2009).

Dafnijām diennakts vertikālo migrāciju uzvedība konstatēta daudzos pētījumos gan laboratorijas apstākļos, gan dabā (Dodson et. al., 1997; De Meester et. al., 1999), tā var būt izteikta vai neizteikta atkarībā no dažādiem ietekmējošiem vides apstākļiem (Pijanowska & Dawidiwicz, 1987; Muluk & Beklioglu, 2005), kā arī vienas ūdenstilpes robežās pie dažādu dafniju sugu koeksistences migrāciju uzvedība var būt vairāk vai mazāk izteikta dažādām dafniju sugām (Lampert & Taylor, 1985). Dafnijām Sventes ezerā tika novērota izvairīšanās no hipolimnija dziļākajiem slāņiem. Briģenes ezerā dafnijām raksturīgi skaita maksimumi gan augšējos, gan dziļākos ūdens slāņos. Vairāki autori aprakstījuši izsalkušām

dafnijām spēcīgi izteiktu fototaksiju, peldēšanu gaismas virzienā. Turklāt tā nav saistīta ar barības ieguvu. Eksperimentālos pētījumos pierādīts, ka, novietojot barību ūdens kolonnas apkašējā daļā, izsalkušās dafnijas strauji dosies projām virzienā uz augšējo ūdens slāni, projām no barības. Par orientieri šajā gadījumā kalpo gaisma, nevis barība (Ringelberg, 2010). Arī M. Adamczuk (2009) konstatējis dafniju uzturēšanos hipolimnija augšējos slāņos, tām veicot vertikālās migrācijas noteikta hipolimnija slāņa robežās.

Gan nauplijiem, gan lielākajai daļai virpotāju netika novērota izteikta diennakts vertikālo migrāciju uzvedība. Tas, iespējams, saistīts ar to nelielajiem ķermeņa izmēriem - potenciālajiem barības objektiem šādā ķermeņu izmēra klasē nav piemērotu, gana būtiskā daudzumā sastopamu plēsēju, lai būtu nepieciešamība pēc migrācijām. Pēc zooplanktona struktūras Sventes ezerā dominē virpotāji, t.i. neliela izmēra zooplanktona dzīvnieki, Briēnes ezerā virpotāju īpatsvars ir ievērojami mazāks, un tas liek domāt par planktofāgo zivju lomu zooplanktona populāciju strukturizēšanā. Ir zināms no citiem pētījumiem, ka plēsējiem - zivīm ir būtiska ietekme uz zooplanktona sabiedrībām, populācijās dominē maza ķermeņa izmēra indivīdi, kuriem nav raksturīgas diennakts vertikālās migrācijas (Semyalo et. al., 2009). Maza izmēra zooplanktona dzīvniekiem, tādiem kā nauplijiem, virpotājiem un bosminām, konkrētu plēsēju-bezmugurkaulnieku aktivitātes gadījumos var būt raksturīgas diennakts vertikālās migrācijas, kas ir pretējas klasiskajām, lai tādā veidā izvairītos no tādiem plēsējiem kā *Chaoborus* un *Leptodora* (Ringelberg, 2010). Ja plēsēju-bezmugurkaulnieku aktivitāte ir zema un pieejamais barības resursu daudzums neliels, tad virpotāji var veikt klasiska rakstura diennakts vertikālās migrācijas, tādā veidā konkurējot ar pārējiem herbivorajiem zooplanktona dzīvniekiem par pieejamajiem barības resursiem. Šādos gadījumos virpotāju migrāciju amplitūda un ātrums var būt lielāks nekā, piemēram, zarūsaiņiem. Virpotājiem *Synchaeta pectinata* migrācijas amplitūda bija 8 m, *Trichocerca simonei* – 6 m, bet zarūsaiņiem *Holopedium gibberum* un *Diaphanosoma brachyurum* attiecīgi 3-4 m un 4-5 m (Karabin & Karabin, 2005).

Nav iespējams viennozīmīgi izskaidrot diennakts vertikālo migrāciju uzvedības atšķirības Sventes un Briēnes ezeros. Rezultāti liek domāt, ka galvenie ietekmējošie faktori ir hlorofila a gradients ūdens kolonnā, plēsēju – zivju ietekme un stratifikācija ar visām no tās izrietošajām sekām, ko savukārt nosaka sezonālitate. Tāpēc jāpiekrīt secinājumam, ko izteikuši T. Sekino & N. Yamamura (1999), W. Makino et. al. (2003), ka vertikālā struktūra

zooplanktona dzīvniekiem mainās sezonāli, lai gūtu maksimāli daudz labuma atkarībā no indivīda ekoloģiskajām vajadzībām un enerģētiskajām rezervēm.

Detalizētākam izskaidrojumam par diennakts vertikālo migrāciju modeli Sventes un Briģenes ezeros būtu nepieciešami laboratorijas pētījumi par konkrētu sugu fizioloģijas un uzvedības mehānismiem. Tajā pašā laikā par šādiem pētījumiem J. Ringelberg (2010) ir norādījis, ka ūdens kolonnā ezerā esošie apstākļi ir daudz komplicētāki nekā salīdzinoši nelielā cilindrā, kurā tiek veikti pētījumi, un iegūtie rezultāti nevar tikt tieši pielīdzināti situācijai ezerā. Katra ezera zooplanktona populāciju diennakts vertikālo migrāciju skaidrojumam nepieciešama individuāla pieeja, ņemot vērā visus iespējamus ietekmējošos faktorus un nianšes, secinājumi var būt ļoti dažādi. Pētījumā, piemēram, par dziļūdens hlorofila maksimumu, tika konstatēts, ka bezmugurkaulnieku plēsēju aktivitāte un skābekļa samazināšanās nav iemesli, kas izraisa diennakts vertikālās migrācijas, par galveno ietekmējošo faktoru atzīta temperatūra (Winder et. al. 2003). Savukārt M. Adamczuk (2009) pētījumā par zooplanktona diennakts vertikālo struktūru dziļā Polijas ezerā konstatēja, ka vertikālo segregāciju vairāk ietekmē konkurence par pieejamajiem barības resursiem un nevis plēsēju klātbūtne. Arī M. V. Rahkola et. al. (1999) norāda citus faktorus (temperatūru, barības resursus) kā būtiskākus par plēsēju ietekmi.

5.4. Kalanoīdu sugu vertikālās izplatības dinamika – pieņēmums par uzvedības noteiktu izvairīšanās stratēģiju no plēsējiem

Sventes ezerā dominē trīs pēc ekoloģiskajām prasībām un koeksistences stratēģijām atšķirīgu kalanoīdu sugu populācijas – *Limnocalanus macrurus*, *Eudiaptomus gracilis* un *Eudiaptomus graciloides*. *Limnocalanus macrurus* ir pārsvarā sastopama jūrā, glaciāla reliktsuga, kura sākotnēji pēc barošanās veida uzskatīta tikai par herbivoru filtrētāju, tālāki pētījumi apstiprināja šīs sugas arī omnivoro dabu, kā arī norādīja uz tiešiem pierādījumiem par *Limnocalanus macrurus* kā vērā ņemamu plēsēju barošanās ķēdē, kas var ietekmēt zooplanktona sabiedrību sastāvu (Bowers & Warren, 1977; Warren, 1983; Warren, 1985; Ramcharan & Sprules, 1991). Atkarībā no dažādiem ietekmējošiem apstākļiem un barības pieejamības, *Limnocalanus macrurus* var mainīt savu barošanās stratēģiju no diatomaļģēm uz zooplanktona dzīvniekiem (Barbiero et. al., 2009). *Limnocalanus macrurus* kā plēsēja barošanās ir pierādīta gan lauka, gan laboratorijas pētījumos un apliecina, ka *Limnocalanus macrurus* var būt būtiska ietekme attiecībā uz naupliju mirstību un skaitu ziemas – pavasara

periodā (Warren, 1983). Laboratorijas pētījumos *Limnocalanus macrurus* kā barības objektam deva priekšroku nauplijiem un pēc izmēra mazākiem kopepodītiem (Warren, 1985), tomēr, ja eksperimentos tika piedāvāti tikai pieauguši kalanoīdu īpatņi (*Diaptomus ashlandi*, *Diaptomus sicilis*, *Diaptomus oregonensis*), *Limnocalanus macrurus* barojās arī ar tiem (Bowers & Warren, 1977; Ramcharan & Sprules, 1991). Šajos pētījumos arī aplūkota potenciālo upuru izdzīvošanas stratēģija un adaptēšanās spēja, dalot kopēju dzīves telpu ar plēsēju *Limnocalanus macrurus*. Upuriem, kuri *Limnocalanus macrurus* klātbūtnē paaugstināja savu peldēšanas ātrumu, „lūkājošu” kustību biežumu, bija lielākas iespējas tikt nometītiem nekā tiem, kuri peldēšanas ātrumu samazināja un nepiesaistīja plēsēja uzmanību ar biežām „lūkājošām” pārvietošanās kustībām (Ramcharan & Sprules, 1991). Plēsēju uzvedībai ir sezonāls raksturs, Mičiganas ezerā ASV sezonas laikā izteiktāka plēsēja uzvedība *Limnocalanus macrurus* tika novērota vēlā pavasarī un rudenī (Warren, 1985).

Eudiaptomus gracilis un *Eudiaptomus graciloides* ir Eiropā plaši izplatītas, morfoloģiski un pēc ekoloģiskajām prasībām līdzīgas kalanoīdu sugas. Abas sugas ir salīdzinoši reti sastopamas vienā ezerā, tomēr tām ir atšķirīgs attīstības cikls un dažāda atbildes reakcija uz ietekmējošiem vides faktoriem (Santer et. al., 2000; Zeller et. al., 2004; Jamieson, 2005; Jimenez-Melero et. al., 2005). Pastāv uzskatas, ka abas sugas ir konkurējošas savā starpā. *Eudiaptomus graciloides* ir pēc ķermeņa izmēra nedaudz mazāka suga, pieaugušiem īpatņiem ziemā raksturīga diapauze, veidojas ilgolas. *Eudiaptomus gracilis* ir nedaudz pēc ķermeņa izmēra lielāka suga, diapauze nav novērota, ilgolas neveidojas, bet to īpatņiem raksturīgs nedaudz ātraks attīstības laiks, lielāks olu skaits un lielāks procentuālais no olām attīstījušos naupliju skaits (Zeller et. al., 2004; Jimenez-Melero et. al., 2005). Bet līdz ar to, ļoti iespējams, ka *Eudiaptomus gracilis* ir iecienītāks barības objekts zivīm nekā *Eudiaptomus graciloidis*. Diennakts vertikālo migrāciju pētījumos ir konstatēts, ka *Eudiaptomus gracilis* dienas gaišajā laikā atrodas dziļākos ūdens slāņos nekā *Eudiaptomus graciloides*, turklāt mātītes (kuras ir lielākas (īpaši tās, ar olām) un labāk redzamas plēsējiem) migrē dziļāk nekā tēviņi (Jamieson, 2005). Tāpat arī konstatēs, ka ekstrēma temperatūra ietekmē *Eudiaptomus gracilis* mazāk nekā *Eudiaptomus graciloides*. Tāpēc pastāv hipotēze, ka *Eudiaptomus graciloides* diapauze un ilgolu veidošanās sekmē šīs sugas izdzīvošanu aukstajos periodos un paaugstina spēju eksistēt līdzās ar *Eudiaptomus gracilis*, kas pēc ekoloģiskajām prasībām ir radniecīga suga. Savukārt planktofāgo zivju

klātbūtne izlīdzina *Eudiaptomus gracilis* priekšrocības attiecībā uz *Eudiaptomus graciloides* (Zeller et. al., 2004; Jimenez-Melero et. al., 2005).

Sventes ezers ir vienīgais zināmais ezers, kurā eksistē *Limnocalanus macrurus* populācija Latvijas teritorijā. Pētījuma laikā tika konstatētas dažādas zooplanktona sugu un sugu grupu telpiskās izplatības atšķirības starp Sventes un citiem ezeriem (kuros nav *Limnocalanus macrurus*), tomēr, aplūkojot *Eudiaptomus* spp. (Sventes, Dridža un Briēnes ezerā) un *Limnocalanus macrurus* (Sventes ezerā), nevarēja konstatēt *Limnocalanus macrurus* būtisku ietekmi uz *Eudiaptomus* spp. telpisko izplatību. Tomēr pastāv acīmredzamas atšķirības abu *Eudiaptomus* ģintis sugu vertikālajā izplatībā ezeros ar un bez *Limnocalanus macrurus* īpatņiem. Abos gadījumos, kad Sventes ezers tika salīdzināts ar kādu ezeru, kurā nav *Limnocalanus macrurus*, gan Dridža, gan Briēnes ezerā *Eudiaptomus* spp. bija sastopams lielākā skaitā nekā Sventes ezerā. Īpaši Briēnes ezerā citi kopepodīti bija sastopami lielā skaitā dziļumos, kuros parasti dominē *Limnocalanus macrurus*. Briēnes ezerā *Eudiaptomus* sp. lielākā vai mazākā skaitā ir sastopami visā ūdens kolonnā, Sventes ezerā to skaits ļoti samazinās, sākot no 20 m dziļuma un dziļākos ūdens slāņos.

Attiecībā uz citām kopepodītu dzīvnieku grupām 2008. gada Sventes ezera paraugos, tika konstatēta *Limnocalanus macrurus* negatīva korelācija ar visām pārējā airkājvēžu grupām, tomēr statistiski nozīmīga korelācija bija tikai ar pieaugušajiem ciklopoīdiem. Tādējādi *Limnocalanus macrurus* kā ietekmējošais iespējamo plēsēju faktors nevar tikt izslēgts un var tikt sagaidīta atšķirīga uzvedības atbildes reakcija no abām *Eudiaptomus* ģintis sugām. Iespējams, ka, *Limnocalanus macrurus* Sventes ezerā raksturīgs noteikts barības spektrs, kas būtu jāaplūko sīkāk, lai izdarītu viennozīmīgus secinājumus. A. Škute (1993) eksperimentu veidā veica pieaugušu *Leptodora kindti* barošanās izpēti, piedāvājot plēsīgajai sugai vairākus zooplanktona taksonu pārstāvjus gan no Copepoda, gan Cladocera grupas. Tika konstatēts, ka Copepoda pārstāvjiem (eksperimentā tika izmantotas tādas sugas kā *Cyclops vicinus*, *Eudiaptomus gracilis*, *Eudiaptomus graciloides* u.c.) daudz biežāk izdodas atbrīvoties no plēsēja satvēriena nekā, piemēram, Cladocera pārstāvjiem, tādiem kā *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*. Savukārt, izrādījās, ka no *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata* *Leptodora kindti* lieto uzurā izmērā vismazākās pieejamās dafnijas, tādas, kuras izšķīlušās salīdzinoši nesen, kuru hitīna apvalki ir salīdzinoši plāni. Nepieaugušie *Leptodora kindti* uzturā patērēja virpotājus, un tikai pieaugušie izvēlējās dafnijas (Škute, 1993). Līdz ar to aktuāls ir jautājums,

kuru *Limnocalanus macrurus* populācijas daļu var uzskatīt par plēsējiem. Pēc literatūras datiem *Limnocalanus macrurus* sāk baroties kā plēsēji kopepodīta IV stadijā (Warren, 1985).

Lai konstatētu bezmugurkaulnieku-plēsēju ietekmi uz citiem zooplanktona dzīvniekiem, jāņem vērā arī, ka jūtamai plēsēju ietekmei uz potenciālajiem upuriem svarīga ir noteikta plēsēju koncentrācija ūdenstilpē (Škute, 1993). Šajā pētījumā *Limnocalanus macrurus* bija sastopama Sventes ezerā visas sezonas laikā, nelielā skaitā - sākot jau no 10 m dziļuma. Dziļākos slāņos *Limnocalanus macrurus* skaits bija > 50 % no kopējā airkājvēžu daudzuma.

Limnocalanus macrurus kā glaciāla reliкта izplatību nosaka divi galvenie ietekmējošie vides faktori – temperatūra un skābeklis (Сущенья и др., 1986). *Limnocalanus macrurus* literatūrā parasti tiek raksturots kā labus skābekļa apstākļus mīloša suga, un, skaidrojot *Limnocalanus macrurus* izplatību Lietuvas dziļajos ezeros, skābeklis tiek uzsvērts kā viens no iespējamajiem izplatību limitējošiem faktoriem (Arbačiauskas & Kalytyte, 2010). Pēc J. Bertilsson et. al. (1995) datiem *Limnocalanus macrurus* ir sastopams pie samērā plaša skābekļa koncentrācijas diapazona (sākot no aptuveni 3 mg/l, populācijas skaita maksimums pie skābekļa apstākļiem aptuveni 9 mg/l), tomēr tie spēj eksistēt arī pie ļoti zemas skābekļa koncentrācijas (aptuveni 1 mg/l) (Сущенья и др., 1986). Tāpat arī netika novērota būtiska skābekļa koncentrācijas samazināšanās ietekme uz *Eudiaptomus* ģints sugām, un to eksistences robežas saistībā ar skābekļa daudzumu ir vēl plašākas nekā *Limnocalanus macrurus* (Bertilsson et. al., 1995). Turklāt tam pamatā var būt arī abu sugu ekoloģiskās nišas sadalīšana un izvairīšanās no plēsējiem stratēģija. Neskatoties uz skābekļa limitu, *Eudiaptomus gracilis* var uzturēties zemākos ūdens slāņos, tādējādi izvairoties no plēsējiem, kamēr *Eudiaptomus graciloides* kā izmēros mazākas sugas īpatņi, kas līdz ar to ir mazāk pamanāmi plēsējiem, uzturas augstākos ūdens slāņos – labākos skābekļa apstākļos (Jamieson, 2005).

Tā kā Sventes ezerā zema skābekļa koncentrācija dziļākos ūdens slāņos ir ikgadēja parādība, sugām varētu būt izveidojusies zināma adaptīva reakcija uz šādu ikgadēju vides faktoru pasliktināšanos.

6. Secinājumi

1. Informācija par Latvijas saldūdeņos brīvi dzīvojošo airkājvēžu (Copepoda) sugu daudzveidību nav pilnīga. Apsekojot līdz šim nepētītus gan dabiskus, gan antropoloģiski ietekmētus biotopus, var tikt atklātas Latvijas airkājvēžu faunai jaunas sugas. Pēc pašreiz pieejamiem un apkopotajiem materiāliem, pārstāvētas ir trīs kārtas, septiņas dzimtas, zināmas 60 sugas un divas pasugas. Pastāv ļoti liela iespējamība visās kārtās papildināt konstatēto sugu skaitu, īpaši tas attiecinām uz kārtu Harpacticoida, kura praktiski Latvijā nav pētīta.
2. Morfoloģiskie rādītāji jaunajai sugai Latvijas brīvi dzīvojošo saldūdens airkājvēžu faunā - *Cyclops bohater* - lielā mērā saskan ar citu autoru sniegtajiem datiem. Tomēr gan tēviņi, gan mātītes no Latvijā dzīvojošās populācijas ir nepārprotami izmēros mazāki attiecībā uz to kopējo ķermeņa garumu, salīdzinot ar ģeogrāfiski citās dislokācijas vietās esošajām šīs sugas populācijām.
3. Zooplanktona vertikālā struktūra (skaita un sugu daudzveidības atšķirības) un tās izmaiņas diennakts laikā lielā mērā ir atkarīgas no ezeru stratifikācijas, kas savukārt ir atkarīga no sezonas.
4. Zooplanktona vertikālo struktūru pavasarī jūtami ietekmē temperatūras gradients. Ūdenim noslāņojoties, vasaras un rudens mēnešos pieaug citu zooplanktona struktūru ietekmējošo abiotisko un biotisko gradientu nozīme.
5. Zooplanktona populāciju struktūra dziļajos ezeros ir dinamiska visas veģetācijas sezonas laikā. Izteikta sezonālā un vertikālā segregācija starp dažādām zooplanktona sugām un indivīdu grupām var tikt novērota gan viena ezera robežās, gan dažādos ezeros.
6. Pastāv liela iespējamība, ka zooplanktona īpatņiem izveidojusies adaptīva atbildes reakcija uz ikgadējo skābekļa koncentrācijas samazināšanos sezonas laikā.

-
7. Netika konstatētas būtiskas izmaiņas analizētajos abiotiskajos rādītājos (temperatūra, skābeklis, pH, hlorofils a, ORP, elektrovadītspēja), salīdzinot ar vēsturiskajiem datiem. Tomēr dažos ezeros (Dridža un Ilzas-Geraņimova) var novērot nelielu skābekļa koncentrācijas samazināšanos. Paralēli tam, izmaiņas zooplanktona sugu sastāvā pēdējo 50 gadu laikā liecina par ezeru trofijas pakāpes izmaiņām eitrofikācijas virzienā. Pie vairāk vai mazāk vienādiem apstākļiem dziļajos ezeros ar augstāku trofijas pakāpi vidi raksturojošo rādītāju pasliktināšanās norisinās ilgākā laika posmā nekā ezeros, kuru trofijas pakāpe ir zemāka. Tāpēc jo īpaši svarīgi ir nodrošināt dziļajiem ezeriem atbilstošu pārvaldību un normatīvajos aktos pamatotu aizsardzību saskaņā ar ezeru ekoloģiskajām prasībām to ilgtspējīgai eksistencei nākotnē.
 8. Diennakts vertikālajos pētījumos zooplanktonam kopumā tika novērotas telpiskās struktūras izmaiņas nevis pēc diennakts laika, bet pēc ūdens slāņa, kurā uzturas zooplanktona organismi, dziļuma. Atsevišķas līdzīgas kopas veidojās paraugiem no epilimnija, metalimnija un hipolimnija slāņiem. Izteikti atsevišķi nodalās 0-10 m dziļuma paraugi.
 9. Individuālu zooplanktona sugu diennakts vertikālās migrācijas var atšķirties vienai un tai pašai sugai ne tikai dažādās ūdenstilpēs, bet arī dažādās sezonās.
 10. Diennakts vertikālo migrāciju uzvedības atšķirības Sventes un Briģenes ezeros vistīcāmāk ir skaidrojamas ar tādiem ietekmējošiem faktoriem kā hlorofila a gradients ūdens kolonnā, planktofāgo zivju ietekme un stratifikācija, kuru savukārt nosaka sezonālitate.
 11. Detalizētākam izskaidrojumam par diennakts vertikālo migrāciju modeli Sventes un Briģenes ezeros būtu nepieciešami laboratorijas pētījumi par konkrētu sugu fizioloģijas un uzvedības mehānismiem.
 12. Netika pierādīta tieša un nepārprotama, statistiski būtiska *Limnocalanus macrurus* ietekme uz *Eudipatomus* spp. pieaugušu īpatņu vertikālo izplatību sezonas laikā.

Tomēr *Eudipatomus* spp. un citu airkājvēžu grupu vertikālā struktūra ezeros ar *Limnocalanus macrurus* un ezeros bez *Limnocalanus macrurus* uzskatāmi atšķirās, tāpēc šīs plēsīgās sugas ietekme nevar tikt izslēgta.

7. Pateicības

Vēlos izteikt pateicību Dr. Marija Hoļinskai (Zooloģijas institūts un muzejs Varšavā, Polijā) par komentāriem un labojumiem darbā ar Latvijas brīvi dzīvojošo saldūdens airkājvēžu faunas saraksta izveidošanu. Tāpat arī pateicība par padomiem un ieteikumiem, kā arī par praktisku palīdzību paraugu un datu ievākšanā un analizēšanā kolēģiem Daugavpils Univērsitātes Ekoloģijas institūtā, īpaši Vladimiram Bardačenko, Vasilam Vežnavecam, Janai Paiderei, Aijai Brakovskai un Renātei Škutei, kolēģiem Norvēģijas dabas izpētes institūtā - Bjornam Valsengam, Gunāram Halvoršenam, Annai Kristīnei Šartau, Ērikam Framstadam un Tomasam Korelam Jensenam. Īpaši izsaku pateicību darba vadītājam Dr. Artūram Škuteim par promocijas darba plānošanu un vadīšanu. Tāpat pateicos par morālo un praktisko atbalstu saviem draugiem un ģimenei, īpaši Guntai Kintai, Agritai Žunnai, Inai Baļķei, Sandai Pīlāgai, Laurai Ritumai, Mārtiņam Veigulim, Andrejam Ļeonovam, Atim Dimantam un Alīsijai Klērai.

8. Literatūras saraksts

- Anonymous, 1954. Opinion 203. Bulletin of Zoological Nomenclature, 3: 287-296.
- Adamczuk, M. 2009. Predation follows competition in depth selection behaviour of Cladocera in a deep lake (E Poland). Biological Letters, 46 (1): 29-36.
- Alekseev, V., Dumont, H. J., Pensaert, J., Baribwegure, D. & Vanfleteren, J. R., 2006. A redescription of *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) (Crustacea: Copepoda: Cyclopoida) and some related taxa, with a phylogeny of the *E. serrulatus*-group. Zoologica Scripta, 35 (2): 123-147.
- Arbačiauskas, K. & Kalytyte D. 2010. Occurrence and interannual abundance variation of glacial relict calanoids *Limnocalanus macrurus* and *Eurytemora lacustris* in Lithuanian lakes. Acta Zoologica Lituanica, 20 (1): 61-67.

-
- Avotiņa, R. 1984a. Latvijas PSR ūdenstilpju nosaukumi. Īsa izziņa. 2. burtnīca (E – K). P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte, Rīga, 79lpp.
- Avotiņa, R. 1984b. Latvijas PSR ūdenstilpju nosaukumi. Īsa izziņa. 4. burtnīca (N – R). P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte, Rīga, 59lpp.
- Avotiņa, R. 1984c. Latvijas PSR ūdenstilpju nosaukumi. Īsa izziņa. 1. burtnīca (A – D). P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte, Rīga, 83lpp.
- Avotiņa, R. 1984d. Latvijas PSR ūdenstilpju nosaukumi. Īsa izziņa. 5. burtnīca (S – T). P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte, Rīga, 59lpp.
- Barbiero, R. P., Bunnell, D. B., Rockwell, D. C. & Tuchman, M. L. 2009. Recent increases in the large glacial-relict calanoid *Limnocalanus macrurus* in Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 35: 285-292.
- Beaver, J. R. & Havens, K. E. 1996. Seasonal and spatial variation in zooplankton community structure and their relation to possible controlling variables in Lake Okeechobee. *Freshwater biology*, 36: 45-56.
- Bertilsson, J., Berzins, B. & Pejler, B. 1995. Occurrence of limnic micro-crustaceans in relation to temperature and oxygen. *Hydrobiologia*, 299: 163-167.
- Berzins, B., 1941. Entomotraken und Rotatorien der Gemeinde Tome, Kreis Riga. *Folia Zoologica Hydrobiol.*, 11: 39-43.
- Berzins, 1949a. Zur Limnologie der Seen Sudostlettlands. *Schweiz Z. Hydrol.*, 11: 583-607.
- Berzins, B. 1949b. On the biology of the Latvian perch (*Perca fluviatilis* L.). *Hydrobiologia*, 2: 64-71.
- Berzins, B. & Bertilsson, J. 1989. On limnic micro-crustaceans and trophic degree. *Hydrobiologia*, 185: 95-100.
- Berzins, B. & Bertilsson, J. 1990. Occurrence of limnic micro-crustaceans in relation to pH and humic content in Swedish water bodies. *Hydrobiologia*, 199: 65–71.
- Berzins, B. & Pejler, B. 1987. Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147: 107-116.
- Berzins, B. & Pejler, B. 1989a. Rotifer occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia*, 175: 223-231.
- Berzins, B. & Pejler, B. 1989b. Rotifer occurrence in relation to oxygen content. *Hydrobiologia*, 183: 165-172.

-
- Brakovska, A. & Skute, R. 2007. Ecological characteristic of groups of zooplankton in the deepest lakes of East-Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 7 (2): 165-174.
- Brakovska, A. & Škute, R. 2009. Ecological evaluation of zooplankton groups in Lake Geranimovas-Ilzas and Lake Garais. *Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference*, 3: 43-50.
- Brandl, Z. 2005. Freshwater copepods and rotifers: predators and their prey. *Hydrobiologia*, 546: 475–489.
- Blaħa, M., Hulak, M., Sloukova, J. & Těšitel, J. 2010. Molecular and morphological patterns across *Acanthocyclops vernalis-robustus* species complex (Copepoda, Cyclopoida).— *Zoologica Scripta*, 39 (3): 259-268.
- Bogdan, K. G. & Gilbert, J. J. 1987. Quantitative comparisons of food niches in some freshwater zooplankton. *Oecologia*, 72: 331-340.
- Bohn, T., & Amundsen, P.-A. 1998. Effects of invading vendace (*Coregonus albula* L.) on species composition and body size in two zooplankton communities of the Pasvik River System, northern Norway. *Journal of Plankton Research*, 20 (2): 243-256.
- Bollens, S. M., Frost, B. W. and Cordell, J. R., 1994. Chemical, mechanical and visual cues in the vertical migration behavior of the marine planktonic copepod *Acartia hudsonica*. *Journal of Plankton Research*, 16 (5): 555-564.
- Bollens, S. M., Rollwagen-Bollens, G. J., Quenette, A. & Bochdansky, A. B. 2011. Cascading migrations and implications for vertical fluxes in pelagic systems. *Journal of Plankton Research*, 33 (3): 349-355.
- Bowers, J. A., Warren, G. J. 1977. Predaceous feeding by *Limnocalanus macrurus* upon *Diaptomus ashlandi*. *Journal of Great Lakes Research*, 3 (3-4): 234-236.
- Boxshall, G. A. (red.), 2004. Copepoda. *Fauna Europaea* versija 1.1, pieejama <http://www.faunaeur.org> (mājas lapa apmeklēta 2012. gada janvārī).
- Boxshall, G. A. & Halsey, S. H. 2004. An introduction to copepod diversity. *Ray Society Series*, The Ray Society, London, 166 (1-2): 966pp.
- Branstrator, D. K. & Lehman, J. T. 1991. Invertebrate predation in Lake Michigan: regulation of *Bosmina longirostris* by *Leptodora kindti*. *Limnol. Oceanogr.*, 36 (3): 483-495.
- Bružika, I. 2008. Dabas parks „Dridža ezers” dabas aizsardzības plāns. Daugavpils, pieejams http://www.daba.gov.lv/upload/File/DAPi_apstiprin/DP_Dridza_ez-09.pdf (vietne apmeklēta 2012. gada martā).

-
- Busch, A. & Brenning, U. 1992. Studies on the status of *Eurytemora affinis* (Pope, 1880) (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 62 (1): 13-38.
- Buyukates, Y. & Inanmaz, O. 2009. Cladocerans of an urbanized harbour: effects of environmental parameters on vertical distribution, occurrence, abundance, and seasonal variation. *Crustaceana*, 82 (5): 543-554
- Caroni, R. & Irvine, K. 2010. The potential of zooplankton communities for ecological assessment of lakes: redundant concept or political oversight? *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 110B: 35-53.
- Chang, K.-H., Hanazato, T. 2004. Predation impact of *Leptodora kindti* on population dynamics and morphology of *Bosmina fatalis* and *B. longirostris* in mesocosms. *Freshwater biology*, 49: 253-264.
- Cimdiņš, P. 2001. Limnoekoloģija. „Mācību apgāds”, Rīga, 159lpp.
- Colbourne, J. K., Pfrender, M. E., Gilbert, D., Thomas, W. K., Tucker, A., Oakley, T. H., Tokishita, S., Aerts, A., Arnold, G. J., Basu, M. K., Bauer, D. J., Cáceres, C. E., Carmel, L., Casola, C., Choi, J.-H., Detter, J. C., Dong, Q., Dusheyko, S., Eads, B. D., Frohlich, T., Geiler-Samerotte, K. A., Gerlach, D., Hatcher, P., Jogdeo, S., Krijgsveld, J., Kriventseva, E. V., Kültz, D., Laforsch, C., Lindquist, E., Lopez, J., Manak, J. R., Muller, J., Pangilinan, J., Patwardhan, R. P., Pitluck, S., Pritham, E. J., Rechtsteiner, A., Rho, M., Rogozin, I. B., Sakarya, O., Salamov, A., Schaack, S., Shapiro, H., Shiga, Y., Skalitzky, C., Smith, Z., Souvorov, A., Sung, W., Tang, Z., Tsuchiya, D., Tu, H., Vos, H., Wang, M., Wolf, Y. I., Yamagata, H., Yamada, T., Ye, Y., Shaw, J. R., Andrews, J., Crease, T. J., Tang, H., Lucas, S. M., Robertson, H. M., Bork, P., Koonin, E. V., Zdobnov, E. M., Grigoriev, I. V., Lynch, M. & Boore, J. L. 2011. The Ecoresponsive Genome of *Daphnia pulex*. *Science*, 331: 555-561.
- Cole, G. A. 1979. Textbook of limnology second edition. The C. V. Mosby Company. St. Louis, Toronto, London, 426pp.
- Cole, G. A. 1994. Textbook of limnology fourth edition. Waveland Press, Inc., Prospect Heights, Illinois, 412pp.
- Cordova, S. E., Giffin, J. & Kirk, K. L. 2001. Food limitation of planktonic rotifers: field experiments in two mountain ponds. *Freshwater biology*, 46: 1519-1527.
- Cushing, D. H. 1955. Some experiments on the vertical migration of zooplankton. *J. Anim. Ecol.*, 24: 137-166.

-
- Czarkowski, T.K., Martyniak, A., Kapusta, A., Wojcik, A., Bowszys, M., Wziatek, B., Szamanska, U. & Kozłowski, J. 2007. Feeding ecology of vendace, *Coregonus albula* (L.), in Lake Wigry (Northeastern Poland). *Arch. Pol. Fish.*, 15 (2): 117-128.
- Daukste, V. 1959. Lielupes lejasdaļas zooplanktons. Diplomdarbs, P. Stučka Latvijas Valsts Universitātes Bioloģijas fakultātes Zooloģijas katedra, Rīga, 40pp.
- De Meester, L., Weider, L. J. & Tollrian, R. 1995. Alternative antipredator defences and genetic polymorphism in a pelagic predator-prey system. *Nature*, 378: 483-485.
- De Meester, L. & Vyverman, W. 1997. Diurnal residence of the larger stages of the calanoid copepod *Acartia tonsa* in the anoxic monimolimnion of a tropical meromictic lake in New Guinea. *Journal of Plankton Research*, 19 (4): 425-434.
- De Meester, L., Dawidowicz, P., Van Gool, E. & Loose, C. J. 1999. Ecology and evolution of predator-induced behavior of zooplankton: depth selection behavior and diel vertical migration. In Tollrian, R. & Harvell, C. D. (eds.), *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*. Princeton, Princeton University Press, 160-176.
- Deimantoviča, I. 2010. First records of *Cyclops bohater* Kozminski, 1933 from Latvia's lakes with notes on its morphometry. *Acta Zoologica Lituonica*, 20 (3): 215-224.
- Deimantoviča, I., Skute, R. & Strake, S. 2011. A survey of the Latvian freshwater free-living Copepoda fauna. *Crustaceana*, 84 (3): 257-279.
- Dobrynin, E. A. 2009. Diurnal dynamics of the vertical distribution of zooplankton in an oligotrophic lake. *Inland Water Biology*, 2 (2): 162-170.
- Dodson, S. 1990. Predicting diel vertical migration of zooplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 35 (5): 1195-1200.
- Dodson, S. 2005. *Introduction to Limnology*. McGraw-Hill, New York, 400pp.
- Dodson, S. I. & Frey, D. G. 2001. Cladocera and other Branchiopoda. In Thorp, J. H. & Covich, A. P. (eds.), *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, San Diego CA., USA, 723-786.
- Dodson, S. I., Newman, A. L., Will-Wolf, S., Alexander, M. L., Woodforf, M. P. & Van Egeren, S. 2009. The relationship between zooplankton community structure and lake characteristics in temperate lakes (Northern Wisconsin, USA). *Journal of Plankton Research*, 31 (1): 93-100.
- Dodson, S. I., Tollrian, R. & Lampert, W. 1997. *Daphnia* swimming behavior during vertical migration. *Journal of Plankton Research*, 19 (8): 969-978.

-
- Doulka, E. & Kehayias, G. 2011. Seasonal vertical distribution and diel migration of zooplankton in a temperate stratified lake. *Biologia*, 66 (2): 308-319.
- Drzycimski, I. & Radziejewska, T. 2008. Harpacticoida. In Bogdanowicz, W., Chudzicka, E., Pilipiuk, I. & Skibinska, E. (eds.), *Fauna of Poland – characteristics and checklist of species*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 304-313.
- Dussart, B. H. 1958. Remarques sur le genre *Cyclops* s. str. (Crust. Cop.). *Hydrobiologia*, X: 263-292.
- Dussart, B. H., 1967. Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. 1. Calanoïdes et Harpacticoïdes. Paris, Ed. Boubée & Cie., 500pp.
- Dussart, B. H. 1969. The Copepods of the inland waters of Western Europe. II. Cyclopoids and biology. Paris, Ed. Boubée & Cie., 292pp.
- Dussart, B. H. & Defaye, D. 1995. Introduction to the Copepoda. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World 7. Amsterdam, SPB Academic Publishing, 277pp.
- Dussart, B. H. & Defaye, D. 2002. World directory of Crustacea Copepoda of inland waters, 1. Calaniformes. Backhuys Publishers, Leiden, 276pp.
- Dussart, B. H. & Defaye, D. 2006. World directory of Crustacea Copepoda of inland waters, 2. Cyclopiformes. Backhuys Publishers, Leiden, 354pp.
- Einsle, U. 1975. Revision der Gattung *Cyclops* s. str., speziell der abyssorum-Gruppe. *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 32: 57-219.
- Einsle, U. 1985. A further criterion for the identification of species in the Genus *Cyclops* s. str. (Copepoda, Cyclopoida). *Crustaceana*, 49 (3): 299-309.
- Einsle, U. 1993. Crustacea: Copepoda: Calanoida und Cyclopoida. In Schwoerbel, J. & Zwick, P. (eds.), *Süßwasserfauna von mitteleuropa*, 8 (4-1). Gustav Fischer Verlag, 209ss.
- Einsle, U. 1996. Copepoda: Cyclopoida. Genera *Cyclops*, *Megacyclops*, *Acanthocyclops*. In Dumont, H. J. F. (ed.), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 10*. SPB Academic Publishing bv., 82pp.
- Eipurs, I. 1994. Brīgenes ezers. *Latvijas Daba 1. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. *Latvijas Enciklopēdija*, Rīga, 162 lp.
- Eipurs, I. 1995a. Drīdzis. *Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. *Latvijas Enciklopēdija*, Rīga, 7lp.

-
- Eipurs, I. 1995b. Garais ezers. Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 89lp.
- Eipurs, I., 1995c. Geraņimovas Ilzas ezers. Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 106lp.
- Elgmork, K., Halvorsen, G. 1998. Intraspecific morphological variation in a freshwater copepod (Crustacea) in relation to geographic distribution and environment. *Canadian Journal of Zoology*, 76: 751-762.
- Elliott, J. I. 1977. Seasonal changes in the abundance and distribution of planktonic rotifers in Grasmere (English Lake District). *Freshwater biology*, 7: 147-166.
- Field, K. M. & Prepas, E. E. 1997. Increased abundance and depth distribution of pelagic crustacean zooplankton during hypolimnetic oxygenation in a deep, eutrophic Albert lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic*, 54: 2146-2156.
- Flossner, D. 2000. Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Backhuys Publishers, Leiden, 428ss.
- Froese, H. 1939. Faunistische beobachtungen an Copepoden der umgebung Rigas mit besonderer berücksichtigung des Kanjersees. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, 63: 126-135.
- George, D. G. 2000. The impact of regional-scale changes in the weather on the long-term dynamics of *Eudiaptomus* and *Daphnia* in Esthwaite Water, Cumbria. *Freshwater biology*, 45: 111-121.
- Gilbert, J. J. & Bogdan, K. G. 1984. Rotifer grazing: in situ studies on selectivity and rates. In Meyers, D.G. & Strickler, J.R. (eds.), *Trophic interactions within aquatic ecosystems*. AAAS Selected Symposium Volume, 85. Westview Press: 97-133.
- Gilbert, J. J. 2011. Temperature, kairomones, and phenotypic plasticity in the rotifer *Keratella tropica* (Apstein, 1907). *Hydrobiologia*, 678 (1): 179-190.
- Glatzel, T. & Königshoff, D. 2005. Cross-breeding experiments among different populations of the 'cosmopolitan' species *Phyllognathopus viguieri* (Copepoda: Harpacticoida). *Hydrobiologia*, 534: 141-149.
- Glazačeva, L. 2004. Latvijas ezeri un ūdenskrātuves. Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, Ūdenssaimniecības un zemes zinātniskais institūts. Jelgava, 217lpp.
- Gliwicz, M. Z. 1986. Predation and the evolution of vertical migration in zooplankton. *Nature*, 320: 746-748.

-
- Goldman, C. R. & Horne, A. J. 1983. Limnology. McGraw-Hill Inc., New York, N.Y., 464pp.
- Green, J. 1986. Associations of zooplankton in six crater lakes in Arizona, Mexico and New Mexico. *Journal of Zoology*, 208: 135-159.
- Green, J. 2007. Morphological variation of *Keratella cochlearis* (Gosse) in Myanmar (Burma) in relation to zooplankton community structure. *Hydrobiologia*, 593: 5-12.
- Grundstrom, R. 1987. Changes in the population dynamics of *K. cochlearis* (Gosse), *K. longispina* (Gosse) and *Polyarthra vulgaris* Carlin in a fertilized enclosure. *Hydrobiologia*, 147: 215-219.
- Grzegorz, G., Kuczynska-Kippen, N. & Klimaszuk, P. 2005. Diel vertical distribution of zooplankton in Piaseczno Lake (WDA Landscape Park) - I. Crustacea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 34 (4): 97-108.
- Guhl, W. 1987. Aquatic ecosystem characterizations by biotic indices. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 72 (4): 431-455.
- Guisande, C., Bartumeus, F., Ventura, M. & Catalan, J. 2003. Role of food partitioning in structuring the zooplankton community in mountain lakes. *Oecologia*, 136: 627-634.
- Gurney, R. 1932. British Fresh-water Copepoda. Vol. 2. Ray Society, London, 336pp.
- Hairston, N. G. Jr. 1980. The vertical distribution of diaptomid copepods in relation to body pigmentation. In Kerfoot, W. C. (ed.), *Evolution and ecology of zooplankton communities*. University Press of New England, Hanover, New Hampshire: 98-110.
- Hakkari, L. 1972. Zooplankton species as indicators of environment. *Aqua Fennica*, 46-54.
- Hampton, S. E. 2005. Increased niche differentiation between two *Conochilus* species over 33 years of climate change and food web alteration. *Limnology and Oceanography*, 50 (2): 421-426.
- Hamrin, S. F. 1983. The food preference of vendace (*Coregonus albula*) in South Swedish forest lakes including the predation effect on zooplankton populations. *Hydrobiologia*, 101: 121-128.
- Hays, G. C. 2003. A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. *Hydrobiologia*, 503: 163-170
- Hebert, P. D. N. 1982. Competition in zooplankton communities. *Annales Zoologici Fennici*, 19: 349-356.

-
- Horppila, J., Malinen, T., Nurminen, L., Tallberg, P. & Vinni, M. 2000. A metalimnetic oxygen minimum indirectly contributing to the low biomass of cladocerans in Lake Hiidenvesi - a diurnal study on the refuge effect. *Hydrobiologia*, 436: 81-90.
- Hovius, J., Beisner, B., McCann, K.S. & Yan, N. 2006. Indirect food web effects of *Bythotrephes* invasion: responses by the rotifer *Conochilus* in Harp Lake, Canada. *Biological Invasions*, 9: 233-243.
- Hudcovicova, M. & Vranovsky, M. 2006. Vertical distribution of pelagial zooplankton in a middle-sized dimictic valley reservoir. *Biologia, Bratislava*, 61 (2): 171-177.
- Hutchinson, G. E. 1967 *A Treatise on Limnology*, Vol. 2: Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley and Sons, New York, NY, 1115pp.
- Ikauniece, A. 2005. Rīgas līča un Baltijas jūras zooplanktona daudzgadīgā dinamika un to kontrolējošie vides faktori. Promocijas darba kopsavilkums. Latvijas Universitāte, Rīga, 61lpp.
- Igaune, R. & Škute, A. 2010. Eholokācijas metodes pielietojums aizsargājamās zivju sugas *Coregonus albula* populācijas izpētē dabas parkos „Drīdzis” un „Svente”. Daugavpils Universitātes 52. Starptautiskās zinātniskās konferences tēzes, 25lp.
- Illies, J. (ed.), 1978. *Limnofauna Europaea*. Gustav Fischer Verlag: 13-17, Fig. 4.
- Infante, A. G. 1993. Vertical and horizontal distribution of the zooplankton in lake Valencia. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 6: 97-105.
- Ivanova, M. B. & Kazantseva, T. I. 2006. Effect of water pH and total dissolved solids on the species diversity of pelagic zooplankton in lakes: A statistical analysis. *Russian Journal of Ecology*, 37 (4): 264-270.
- Jacobs, J. 1977. Coexistence of similar zooplankton species by differential adaptation to reproduction and escape, in an environment with fluctuating food and enemy densities. I. A Model. *Oecologia*, 29 (3): 233-247.
- Jamieson, C.D. 2005. Coexistence of two similar copepod species, *Eudiaptomus gracilis* and *E. graciloides*: the role of differential predator avoidance. *Hydrobiologia*, 542: 191-202.
- Janetzky, W., Enderle, R. & Noodt, W. 1996. Crustacea: Copepoda: Gelyelloida und Harpacticoida. *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*. 8(4/2). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 228ss.

-
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., Lauridsen, T. L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L. S., Bjerring, R. & Amsinck, S. L. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676 (1): 279-297.
- Jiménez-Melero, R., Santer, B. & Guerrero, F. 2005. Embryonic and naupliar development of *Eudiaptomus gracilis* and *Eudiaptomus graciloides* at different temperatures: comments on individual variability. *Journal of Plankton Research*, 27 (11): 1175-1187.
- Ka, S., Pagano, M., Ba, N., Bouvy, M., Leboulanger, C., Arfi, R., Thiaw, O. T., N'dour, E. M., Corbin, D., Defaye, D., Cuoc, C. & Kouassi, E. 2006. Zooplankton distribution related to environmental factors and phytoplankton in a shallow tropical lake (Lake Guiers, Senegal, West Africa). *International Review of Hydrobiology*, 91: 389-405.
- Kabucis, I. (red.) 2000. Biotopu rokasgrāmata. ES izsargājamie biotopi Latvijā. Preses nams, Rīga, 160lpp.
- Kačalova, O. & Laganovska R. 1961. Zivju barības bāze Latvijas PSR ezeros. Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, Rīgā, 104lpp.
- Kačalova, O., Kumsāre, A. & Kundziņš, M. 1962. Lielie ezeri Rīgas apkārtnē. Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, Rīgā, 68lpp.
- Kalniņa, Z. 1962. Rušona ezera zooplanktons. Diplomdarbs. Pētera Stučka Valsts Universitāte, Rīga, 93lpp.
- Karabin, A. 1985. Pelagic zooplankton (Rotatoria, Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. I. Structural and quantitative features. *Ekologia Polska*, 33: 567-616.
- Karabin, A. & Ejsmont-Karabin, J. 2005. An evidence for vertical migrations of small rotifers - a case of rotifer community in a dystrophic lake. *Hydrobiologia*, 546: 381-386.
- Kaya, M., Fontaneto D., Segers H. & Altindag, A. 2010. Temperature and salinity as interacting drivers of species richness of planktonic rotifers in Turkish continental waters. *Journal of Limnology*, 69: 297-304.
- Kessler, K. & Lampert, W. 2004. Depth distribution of *Daphnia* in response to a deep-water algal maximum: the effect of body size and temperature gradient. *Freshwater biology*, 49: 392-401.
- Kiefer, F. 1960. Ruderfusskrebse (Copepoden). Kosmos, Stuttgart, 97ss.

-
- Kiefer, F. 1978a. Freilebende Copepoda. Das Zooplankton der Binnengewässer. 2. Teil, 26. Stuttgart. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller, 343ss.
- Kiefer F. 1978b. Copepoda non-parasitica. In Illies J. (ed.), Limnofauna Europaea, 2nd ed. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 532pp.
- Kirk, K. L. 2002. Competition in variable environments: experiments with planktonic rotifers. *Freshwater biology*, 47: 1089-1096.
- Kizito, Y. S. & Nauwerck, A. 1995. Temporal and vertical distribution of planktonic rotifers in a meromictic crater lake, Lake Nyahiryā (Western Uganda). *Hydrobiologia*, 312/314: 303-312.
- Kļaviņš, M. & Zicmanis, A. 1998. Ūdeņu ķīmija. LU, Rīga, 192lpp.
- Klavins, M., Rodinovs, V. & Kokorite, I. 2002. Chemistry of Surface Waters in Latvia. LU, Riga, 285pp.
- Kļaviņš, M. & Cimdiņš, P. 2004. Ūdeņu Kvalitāte un tās aizsardzība LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 204lpp.
- Kohler, S., Hilt, S., Adrian, R., Nicklisch, A., Kozerski H. P. & Walz, N. 2005. Long-term response of a shallow, moderately flushed lake to reduced external phosphorus and nitrogen loading. *Freshwater biology*, 50: 1639-1650.
- Korponai, J., Varga, K. A., Lengre, T., Papp, I., Toth, A. & Braun, M. 2011. Paleolimnological reconstruction of the trophic state in Lake Balaton (Hungary) using Cladocera remains. *Hydrobiologia*, 676: 237-248.
- Kozminski, Z. 1936. Morphometrische und ökologische Untersuchungen an Cyclopiden der strenuus-Gruppe. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 33: 161-240.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, California, 620pp.
- Kubar, K., Agasild, H., Virro, T. & Ott, I. 2005. Vertical distribution of zooplankton in a strongly stratified hypertrophic lake. *Hydrobiologia*, 547: 151-162.
- Kumsāre, A. 1960. Latvijas PSR iekšējo ūdeņu limnolģisko pētījumu gaita un sasniegumi. *Latvijas PSR iekšējo ūdeņu zivsaimniecība*, IV (XVI): 5-25.
- Kumsāre, A. & Selkere, R. 1955. Usmas un Puzes ezeru vasaras planktons. *Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Vēstis*, 12 (101): 75-90.

-
- Kuption, P. 1927. Die Cladoceren der Umgegend von Riga. *Archiv für Hydrobiologie*, 18: 273-315.
- Laiviņš, M. 1998. Sventes ezera salas. *Latvijas Daba* 5. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Preses nams, Rīga, 180lp.
- Lampert, W. 1989. The Adaptive Significance of Diel Vertical Migration of Zooplankton. *Functional Ecology*, 3 (1): 21-27.
- Lampert, W. & Taylor, B. E. 1984. In situ grazing rates and particle selection by zooplankton: Effects of vertical migration. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22: 943-946.
- Lampert, W. & Taylor, B. E. 1985. Zooplankton grazing in a eutrophic lake: implications of diel vertical migration. *Ecology*, 66 (1): 68-82.
- Lampert, W., Loose, C., J. 1992. Plankton towers: Bridging the gap between laboratory and field experiments. *Archiv für Hydrobiologie*, 126: 53-66.
- Lang, K. 1975. *Monographie der Harpacticiden*, 1. Authorized Reprint by Otto Koeltz Science Publishers. Koenigstein, 896ss.
- Laxhuber, R. 1987. Abundance and distribution of pelagic rotifers in a cold, deep oligotrophic alpine lake (Königssee). *Hydrobiologia*, 147: 189-196.
- Leinerte, M. 1988. *Ezeri deg! Zinātne*, Rīga, 94lpp.
- Lindberg, K. 1957. Le groupe *Cyclops rubens* (syn. *Cyclops strenuus*). Révision du genre *Cyclops* s. str. O. F. Müller, 1770 (Crustacés copépodes). C. W. K. Gleerup, Lund, 335pp.
- Līne, R. 1966. Latvijas PSR austrumu un centrālās daļas ezeru zooplanktona sastāvs, kvantitatīvā attīstība un perspektīvā izmantošana. Disertācija. Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Bioloģijas institūts. Rīga, 279lpp.
- Locke, A. & Sprules, W. G. 2000. Effects of acidic pH and phytoplankton on survival and condition of *Bosmina longirostris* and *Daphnia pulex*. *Hydrobiologia*, 437: 187-196.
- Lozeron, H. 1902. Sur la repartition verticale du plankton dans le lac de Zurich de Dec. 1900 a Dec. 1901. *Vjschr. naturf, Ges. Zurich*, 47: 115-198.
- Lyche, A. 1990. Cluster analysis of plankton community structure in 21 lakes along a gradient of trophy. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 586-591.
- Maemets, A. 1983. Rotifers as indicators of lake types in Estonia. *Hydrobiologia*, 104: 357-361.

-
- Makino, W., Yoshida, T., Sakano, H. & Ban, S. 2003. Stay cool: habitat selection of a cyclopoid copepod in a north temperate oligotrophic lake. *Freshwater biology*, 48: 1551-1562.
- Markots, A. 1995. Drīdža ezers ar apkārtējo ainavu. *Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Latvijas Enciklopēdija, Rīga: 7-8.
- Markots, A. 1997. Riču ezera apkārtnē un Silenes mežs. *Latvijas Daba 4. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Preses nams, Rīga, 243lp.
- Markots, A. 1998. Sventes ezers ar apkārtējo ainavu. *Latvijas Daba 5. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Preses nams, Rīga, 180lp.
- Marten, G. G. & Reid, J. W. 2007. Cyclopoid copepods. In Tom Floore (ed.), *Biorational Control of Mosquitoes*, American Mosquito Control Association Bulletin, 7: 65-92.
- Mavuti, K. M. 1992. Diel vertical distribution of zooplankton in Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia*, 232: 31-41.
- Mikschi, E. 1989. Rotifer distribution in relation to temperature and oxygen content. *Hydrobiologia*, 186/187: 209-214.
- Milecka, K., Kowalewski, G. & Szeroczyńska, K. 2011. Climate-related changes during the Late Glacial and early Holocene in northern Poland, as derived from the sediments of Lake Sierzywk. *Hydrobiologia*, 676: 187-202.
- Mirabdullayev, I. M. & Defaye, D. 2002. On the taxonomy of the *Acanthocyclops robustus* species complex (Copepoda, Cyclopidae). 1. *Acanthocyclops robustus* (G. O. Sars, 1863) and *Acanthocyclops trajani* n. sp. *Selevinia*, N 1-4: 7-20.
- Mirabdullayev, I. M. & Defaye, D. 2004. On the taxonomy of the *Acanthocyclops robustus* species – complex (Copepoda, Cyclopidae): *Acanthocyclops brevispinosus* and *A. einslei* sp. n. *Vestnik zoologii*, 38 (5): 27-37.
- Morkāne, L. & Škute, A. 2010. Lašveidīgo zivju (repšu (*Coregonus albula*)) barošānās īpatnības Latvijas ezeros. *Daugavpils Universitātes 52. Starptautiskās zinātniskās konferences tēzes*: 25-26.
- Muluk, C. B. & Beklioglu, M. 2005. Absence of typical diel vertical migration in *Daphnia*: varying role of water clarity, food, and dissolved oxygen in Lake Eymir, Turkey. *Hydrobiologia*, 537: 125-133.
- Neill, W. E. 1990. Induced vertical migration in copepods as a defence against invertebrate predation. *Nature*, 345: 524-526.

-
- Neill, W. E. 1992. Population variation in the ontogeny of predator-induced vertical migration of copepods. *Nature*, 356: 54-57.
- Nevalainen, L. & Luoto, T. P. 2010. Temperature sensitivity of gamogenesis in littoral cladocerans and its ecological implications. *Journal of Limnology*, 69 (1): 120-125.
- Nilssen, J. P. & Sandoy, S. 1990. Recent Lake Acidification and Cladoceran Dynamics: Surface Sediment and Core Analyses from Lakes in Norway, Scotland and Sweden. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 327 (1240): 299-309.
- Ohman, M. D., Frost, B. W. & Cohen, E. B. 1983. Reverse diel vertical migration: an escape from invertebrate predators. *Science*, 220 (4640): 1404-1407.
- Ortega-Mayagoitia, E., Rojo, C. & Armengol, J. 2000. Structure and dynamics of zooplankton in a semiarid wetland, the National Park Las Tablas de Daimiel, Spain. *Wetlands*, 20 (4): 629-638.
- Paidere, J. & Škute, R. 2011. Virpotāji (Rotifera) un to fauna Latvijā. Daugavpils Universitāte, Ekoloģijas institūts, Daugavpils, 272 lpp.
- Pasternak, A. F. & Arashkevich, E. G. 1999. Resting stages in the life cycle of *Eudiatomus graciloides* (Lill.) (Copepoda: Calanoida) in Lake Glubokoe. *Journal of Plankton Research*, 21 (2): 309-325.
- Pasternak, A., Mikheev, V. & Wanzenböck, J. 2006. How plankton copepods avoid fish predation: From individual responses to variations of the life cycle. *Journal of Ichthyology*, 46 (2): 220-226.
- Pijanowska, J. & Dawidowicz, P. 1987. The lack of vertical migration in *Daphnia*: The effect of homogeneously distributed food. *Hydrobiologia*, 148: 175-181.
- Pinel-Alloul, B., Methot, G. & Malinsky-Rushansky, N. Z. 2004. A short-term study of vertical and horizontal distribution of zooplankton during thermal stratification in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia*, 526: 85-98.
- Poikāne, S. 2000. Latvijas ezeru tipoloģija: teorija un prakse. Maģistra darbs. Rīga, 197 lpp.
- Primicerio, R. & Klemetsen, A. 1999. Zooplankton seasonal dynamics in the neighbouring lakes Takvatn and Lombola (northern Norway). *Hydrobiologia*, 411: 19-29.
- Primicerio, R. 2000. Seasonal changes in vertical distribution of zooplankton in an oligotrophic, subarctic lake (lake Takvatn, Norway). *Limnologia*, 30: 301-310.

-
- Rahkola, M., Avinski, V., Holopainen, A.-L., Jurvelius, J., Karjalainen, J. & Viljanen, M. 1999. Interacting in the dark: a study of the diel vertical migrations of pelagic plankton and fish in Lake Ladoga. *Boreal Environment Research*, 4: 245-255.
- Ramcharan, C. W. & Sprules, W. G. 1991. Predator-induced behavioral defense and its ecological consequences for two calanoid copepods. *Oecologia*, 86: 276-286.
- Redfield, G. W. & Goldman, C. R. 1980. Diel vertical migration by males, females, copepodids and nauplii in a limnetic population of *Diatomus* (Copepoda). *Hydrobiologia*, 44: 241-248.
- Reichwaldt, E. S., Wolf, I. D., & Stibor, H. 2004. The effect of different zooplankton grazing patterns resulting from diel vertical migration on algal growth and phytoplankton composition: a laboratory experiment. *Oecologia*, 141: 411-419.
- Ringelberg, J. 2010. Diel vertical migration in lakes and oceans: causal explanations and adaptive significances. Springer Science + Business Media, B.V., 356pp.
- Roff, J. C. 1973. Oxygen consumption of *Limnocalanus macrurus* Sars (Calanoida, Copepoda) in relation to environmental conditions. *Canadian Journal of Zoology*, 51: 877-885.
- Rothhaupt, K. O. 2000. Plankton population dynamics: food web interactions and abiotic constraints. *Freshwater Biology*, 45: 105-109.
- Rozenblate, V. 1963. Salacas baseina zooplanktons. Diplomdarbs, P. Stučkas Latvijas Valsts Universitātes Bioloģijas fakultātes Zooloģijas katedra, Rīga, 111pp.
- Santer, B. 1998. Life cycle strategies of free-living copepods in fresh waters. *Journal of Marine Systems*, 15 (1): 327-336.
- Santer, B., Blohm-Sievers, E., Cáceres, C. E. & Hairston, N. G. Jr. 2000. Life-history variation in the coexisting freshwater copepods *Eudiaptomus gracilis* and *Eudiaptomus graciloides*. *Archiv für Hydrobiologie*, 149: 441-458.
- Sarkka, J. & Makela, J. 1999. Meiofauna of esker groundwaters in Finland. *Hydrobiologia*, 405: 25-37.
- Sars, G. O. 1918. An account of the Crustacea of Norway, with short descriptions and figures of all the species, 6. Bergen museum, Bergen, 225pp.
- Sarvala, J. 1986. Patterns of benthic copepod assemblages in an oligotrophic lake. *Annales Zoologici Fennici*, 23: 101-130.
- Sarvala, J. 1990. Complex and flexible life history of a freshwater benthic harpacticoid species. *Freshwater biology*, 23: 523-540.

-
- Schwerdtfeger, F. 1975. *Ökologie der Tiere, Synökologie*. P. Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- Schwoerbel, J. 1994. *Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie*. Stuttgart, Jena, Gustav Fischer Verlag, 368ss.
- Sekino, T. & Yamamura, N. 1999. Diel vertical migration of zooplankton: optimum migrating schedule based on energy accumulation. *Evolutionary Ecology*, 13: 267-282.
- Semyalo, M., Nattabi, J. K & Larsson, P. 2009. Diel vertical migration of zooplankton in a eutrophic bay of Lake Victoria. *Hydrobiologia*, 635: 383-394.
- Shurin, J. B., Winder, M., Adrian, R., Keller, W., Matthews, B., Paterson, A. M., Paterson, M., Pinel-Alloul, B., Rusak, J. A. & Yan, N. 2010. Environmental stability and lake plankton diversity: contrasting effects of chemical and thermal variability. *Ecology Letters*, 13 (4): 453-463.
- Silfverberg, H. 1999. A provisional list of Finnish Crustacea. *Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica*, 75: 15-37.
- Sloka, N. 1955. *Daugavas baseina lejasdaļas zooplanktons*. Disertācija. Latvijas Valsts Universitāte, Bioloģijas fakultāte, Rīga, 332lpp.
- Sloka, N. 1961. Materiāli par Vidzemes centrālās augstienes lielāko ezeru – Alauksta, Ineša, Kāla, Kaķīša – hidrobioloģiju. P. *Stučkas Valsts Universitātes zinātniskie raksti*, 39: 153-200.
- Sloka, N. 1973. Zooplanktona struktūra litorālā. *Zooloģijas muzeja raksti, Invertebrata*, 11: 65-80.
- Sloka, N. 1975. Latvijas virpotāju (Rotatoria) Fauna I. *Zooloģijas muzeja raksti*, 13. sējums, *Invertebrata*. Latvijas Valsts universitāte, Rīga: 29-63.
- Sloka, N. 1976. Latvijas virpotāju (Rotatoria) Fauna II. *Zooloģijas muzeja raksti*, 14. sējums, *Invertebrata*. Latvijas Valsts universitāte, Rīga: 51-105.
- Sloka, N. 1981. Latvijas PSR Dzīvnieku noteicējs. Latvijas zarūsaiņu (Cladocera) fauna un noteicējs. P. *Stučkas Latvijas valsts universitāte, Rīga*, 146lpp.
- Sloka N. 1994a. *Airkājvēži (Copepoda)*. *Latvijas Daba 1. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. *Latvijas Enciklopēdija, Rīga*, 26lp.
- Sloka N. 1994b. *Ciklopoīdi (Cyclopoida)*. *Latvijas Daba 1. Enciklopēdija Latvija un latvieši*. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. *Latvijas Enciklopēdija, Rīga*: 190-191.

-
- Sloka, N. 1995a. Kladoceras (Cladocera). Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 242lp.
- Sloka N. 1995b. Kalanoīdi (Calanoida). Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 211lp.
- Sloka N. 1995c. Harpaktikoīdi (Harpacticoida). Latvijas Daba 2. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 144lp.
- Sloka, N. 1998. Virpotāji (Rotatoria). Latvijas Daba 6. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Preses nams, Rīga, 93lp.
- Slusarczyk, M. 1995. Predator-Induced Diapause in *Daphnia*. *Ecology*, 76 (3): 1008-1013.
- Spuris, Z. 1958. Mūsu ezeru bioloģija. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīgā, 100lpp.
- Stankovic, I. & Ternjej, I. 2007. The first record of *Cyclops bohater* Kozminski (Copepoda, Cyclopoida) in Croatia and the Balkan peninsula. *Natura Croatica*, 16 (3): 189-199.
- Stebler, R. 1979. Das pelagische Crustaceenplankton des Bielersees: Abundanzdynamik, Produktion and Sukzession. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 41 (1): 1-37.
- Stenson, J. A. E. 1976. Significance of predator influence on composition of *Bosmina* spp. populations. *Limnology and Oceanography*, 21 (6): 814-822.
- Stewart, L. J. & George, D.G. 1987. Environmental factors influencing the vertical migration of planktonic rotifers in a hypereutrophic tarn. *Hydrobiologia*, 147: 203-208.
- Stich, H. B. & Lampert, W. 1981. Predator evasion as an explanation of diurnal vertical migration by zooplankton. *Nature*, 293: 396-398.
- Suchy, K. D. & Hann, B. J. 2007. Using microfossil remains in lake sediments to examine the invasion of *Eubosmina coregoni* (Cladocera, Bosminidae) in Lake of the Woods, Ontario, Canada. *Journal of Great Lakes Research*, 33: 867-874.
- Szlauer, L. 1964. Reaction of *Daphnia pulex* de Geer to the approach of different objects. *Polskie Archiv für Hydrobiologie*, 12 (25): 5-16.
- Swadling, K. M., Pienitz, R. & Nogrady, T. 2000. Zooplankton community composition of lakes in the Yukon and Northwest Territories (Canada): relationship to physical and chemical limnology. *Hydrobiologia*, 431: 211-224.
- Sweetman, J. N., Ruhland, K. M. & Smol, J. P. 2010. Environmental and spatial factors influencing the distribution of cladocerans in lakes across the central Canadian Arctic treeline region. *Journal of Limnology*, 69 (1): 76-87.

-
- Škute, A. 1993. *Leptodora kindti* (Focke) (Crustacea; Cladocera) bioloģija un loma saldūdens ekosistēmās. Disertācija. LU, Rīgā, 113lpp.
- Tauriņš, E. & Ozols, E. 1957. Latvijas PSR dzīvnieku noteicējs I. Bezmugurkaulnieki. Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 871lpp
- Taylor, B. E., DeBiase, A. E. & Mahoney, D. L. 1993. Development of the zooplankton assemblage in a new cooling reservoir. *Archiv für Hydrobiologie*, 128: 129-148.
- Ter Braak, C. J. F. & Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, 351pp.
- Threlkeld, S. T. & Choinski, E. M. 1987. Rotifers, cladocerans and planktivorous fish: What are the major interactions? *Hydrobiologia*, 147: 239-243.
- Tidriķis, A. 1997. Riču ezers. Latvijas Daba 4. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Preses nams, Rīga: 243-244.
- Tidriķis A. 1998. Sventes ezers. Latvijas Daba 5. Enciklopēdija Latvija un latvieši. Atbildīgais redaktors Guntis Kavacs. Preses nams, Rīga, 180lp.
- Urtāne, L. 1998. Cladocera ka Latvijas ezeru tipu un trofiska stavokla indikatori. Disertācijas kopsavilkums. Rīga, 20lpp.
- Vezhnavets, V., Skute, A. & Molotkov, D. 2011. Comparative characteristics of zooplankton from trans-boundary lakes – Sita and Rica. 6th international conference “Research and conservation of biological diversity in Baltic region” book of abstracts. Daugavpils University Academic Press “Saule”, Daugavpils, 138pp.
- Viljanen, M. 1983. Food and food selection of cisco (*Coregonus albula* L.) in a dysoligotrophic lake. *Hydrobiologia*, 101: 129-138.
- Volkova, A. 1956. Burtņieku ezera zooplanktons. Diplomdarbs. Latvijas Valsts Universitāte, Bioloģijas fakultāte, Rīga, 88lpp.
- Von Elert, E. & Pohnert, G. 2000. Predator specificity of kairomones in diel vertical migration of *Daphnia*: a chemical approach. *Oikos*, 88: 119-128.
- Winder, M., Boersma, M. & Spaak, P. 2003. On the cost of vertical migration: are feeding conditions really worse at greater depths? *Freshwater biology*, 48: 383-393.
- Walseng, B., Halvorsen, G. 1996. Copepoda Hoppekreps. In Aagaard, K. & Dolmen, D. (eds.), *Limnofauna Norvegica*. Tapir Forlag, Trondheim: 103-107.

-
- Walseng, B. & Schartau, A. K. 2001. Crustacean communities in Canada and Norway: comparison of species along a pH gradient. *Water, Air and Soil Pollution*, 130: 1319-1324.
- Walseng, B., Yan, N. D. & Schartau, A. K. 2003. Littoral Microcrustacean (Cladocera Copepoda) indicators of acidification in Canadian Shield lakes. *AMBIO*, 32 (3): 208-213.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 2005. Littoral microcrustaceans as indices of trophic. *Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 29: 827-829.
- Warren, G. J. 1983. Predation by *Limnocalanus* as a potentially major source of winter naupliar mortality in Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 9 (3): 389-395.
- Warren, G. J. 1985. Predaceous feeding habits of *Limnocalanus macrurus*. *Journal of Plankton Research*, 7 (4): 537-552.
- Yang, W.-X., Mirabdullayev, I., Dahms, H.-U. & Hwang, J.-S. 2002. Karyology of *Acanthocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida), including the first karyological reports on *Acanthocyclops trajani* Mirabdullayev & Deefaye 2002 and *A. einslei* Mirabdullayev & Defaye, 2009. *Crustaceana*, 82 (4): 487-492.
- Young, S. & Watt, P. J. 1996. Daily and seasonal vertical migration rhythms in *Daphnia*. *Freshwater biology*, 36: 17-22.
- Zadereev, Y. S. & Tolomeyev, A. P. 2007. The vertical distribution of zooplankton in brackish meromictic lake with deep-water chlorophyll maximum. *Hydrobiologia*, 576: 69-82.
- Zeller, M., Jiminez-Melero, R. & Santer, B. 2004. Diapause in the calanoid freshwater copepod *Eudiaptomus graciloides*. *Journal of Plankton Research*, 26 (12): 1379-1388.
- Zuykova, E. I., Sheveleva, N. G. & Evstigneeva, T. D. 2009. The seasonal and interannual dynamics of zooplankton in Lake Teletskoye. *Inland Water Biology*, 2 (3): 47-60.
- Акатова, Н. А. 1958. Развитие зоопланктона в некоторых прудах Латвийской ССР при их удобрении. *Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР*, II (VII): 123-128.
- Андрушайтис, Г. П., Гайле, Р. Я., Качалова, О. Л., Кумсаре, А. Я. & Пер, Ф. Л. 1961. Гидробиологическая и рыбохозяйственная характеристика 14 озер. *Рыбное хозяйство внутренних и х водоемов Латвийской ССР*, VI (XIX): 291-363.

-
- Андрушайтис, Г. П. (ред.) 1987. Евтрофирование малых озер Латвии. Зинатне, Рига, 248с.
- Бушман, Л. Г. & Русанова, М. Н. 1976. Сезонные и межгодовые различия в развитии зоопланктона озер Вендюрской группы. Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск: 83-103.
- Вадзис, Д. Р., Лине, Р. Я. & Сейсума, З. К. 1976. Зоопланктон и макрозообентос в озерах Латвии. Зинатне, Рига, 163с.
- Волкова, А. П. 1961а. Увеличение биомассы зоопланктона при внесении комплексного удобрения в прудах болотного питания Екабпилсского прудового хозяйства. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, VI (XIX): 55-70.
- Волкова, А. П. 1961b. Видовой состав и динамика зоопланктона в прудах рыбопитомника "Мушас". Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, VI (XIX): 109-126.
- Волкова, А. 1966. Зоопланктон прудов Латвийской ССР и его значение в питании карпов. Автореферат. Рига, 213с.
- Волкова, А. П. 1976. Некоторые данные о гидробиологии озера Бабите. Ред. Шкуте Р. Я., Горский, В. М. & Слока, Н. А., экологические и биологические исследования водных животных. Зинатне, Рига: 68-75.
- Волкова, А. П. & Борейко, А. И. 1976. Развитие зоопланктона в озере Лиепаяс в зависимости от экологических условий. Ред. Шкуте Р. Я., Горский, В. М. & Слока, Н. А., экологические и биологические исследования водных животных. Зинатне, Рига: 76-84.
- Качалова, О. Л. 1960. Донная фауна озера Резнас и ее распределение по биотопам. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, V (XVII): 103-122.
- Кумсаре, А. Я. & Лагановская, Р. Ю. 1959. Зоопланктон озер Дридзас и Сивер. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, III: 81-106.
- Кумсаре, А. Я. & Гайле, Я. Р. 1960. Видовой состав, количественное развитие и распределение зоопланктона озера Резнас. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, V (XVII): 121-150.
- Кутикова, Л. А. 1958. Зоопланктон прудов колхоза "Пирмриндниекс" Латвийской ССР. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, II (VII): 126-138.

-
- Кутикова, Л. А. & Старобогатов, Я. И. (ред.) 1977. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос). Гидрометеоиздат., Ленинград, 512с.
- Лагановска, Р. Ю. 1960. Питание ряпушки в озерах Латвийской ССР. Рыбное хозяйство внутренних и х водоемов Латвийской ССР, V (XVII): 51-67.
- Лагановска, Р. Ю. 1961. Питание и пищевые взаимоотношения малоценных промысловых рыб озера Усмас. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, VI (XIX): 275-290.
- Лине, Р. Я. 1963. Зоопланктон в озерах Латгальской возвышенности Латвийской ССР. Гидробиология и ихтиология внутренних водоемов Прибалтики. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, VII: 103-107.
- Мануйлова, Е. Ф. 1964. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны ССР. Наука, Москва, Ленинград, 327с.
- Пидгайко, М.Л. 1984. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. Наука, Москва, 208с.
- Пэр, Ф. Л. & Школьникова, К. Л. 1955. Гидрохимическая характеристика промысловых озер Латвийской ССР. Рыбное хозяйство внутренних и х водоемов Латвийской ССР, I (II): 247-292.
- Селкере, Р. Ю. 1955. Зоопланктон и питание рыб-планктонофагов некоторых промысловых озер Латвийской ССР. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, I (II): 107-118.
- Сизов, И. В. 1959. Физико – географическая характеристика некоторых озер Латвийской ССР. Издательство Академии наук Латвийской ССР, Рига: 33-34.
- Слока, Н. А. & Слока, Я. Я. 1955. Материалы по биологии молоди промысловых рыб озера Дридза. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, I (II): 119-135.
- Слока, Н. А, 1963. Зоопланктон больших рек Латвийской ССР. Гидробиология и ихтиология внутренних водоемов Прибалтики. Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР, VII: 123-128.
- Слока, Н. А, 1969. Зоопланктон Кегумского водохранилища. Гидрология, гидробиология и ихтиофауна Кегумского водохранилища. Ученые записки, 66: 95-112.

-
- Спурис, З. 1951. Гидрологическая характеристика озера Дридза. *Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Vēstis*, 5 (46): 799-800.
- Сушня, Л. М., Семенченко, В. П. & Вежновец, В. В. 1986. Биология и продукция ледниковых реликтовых ракообразных. Наука и техника, Минск, 160с.
- Трифорова, И. С. & Макарецца, Е. С. 2006. Сезонная и многолетняя динамика фито- и зоопланктона и их взаимоотношения в мезотрофном озере. *Биология внутренних вод*, 3: 18-25.
- Цимдинь, П. 1989. Зоопланктон малых рек. Ред. Цимдинь, П., биоценотическая структура малых рек. Бассейн реки Салаца. *Зинатне*, Рига, 97-107.
- Шкуте, Р. Я. 1971. Зоопланктон реки Даугавы (кроме низовий) и его роль в продуктивности и санитарно-биологической оценке реки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Тарту, 233с.
- www.ezeri.lv biedrības "Latvijas ezeri" datubāze (vietne apmeklēta 2011. gada septembrī)
- www.hydrobios.de uzņēmuma mājas lapa (vietne apmeklēta 2012. gada janvārī)