

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS

ROKAS BUTKUS

NAUJAZELANDINIS VIJASRAIGIS *POTAMOPYRGUS ANTIPODARUM* (J. E. GRAY, 1853) GYVENIMO CIKLO RODIKLIAI, FUNKCINIS VAIDMUO IR GENETINIS VAIROVŲ LIETUVOS MEZOTROFINIŲ EŽERŲ EKOSISTEMOSE

Daktaro disertacijos santrauka

Biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra (03B)

Vilnius, 2016

Disertacija parengta Gamtos tyrimų centro Ekologijos institute 2012 – 2016 metais.

Mokslinis vadovas - prof. dr. Kostas Arbačiauskas (Gamtos tyrimų centro Ekologijos institutas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Disertacija ginama Vilniaus universiteto ekologijos ir aplinkotyros mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas - doc. dr. Jurgis Turinavičius (Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, zoologija – 05B).

Nariai:

Prof. dr. Darius Daunys (Klaipėdos universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B);

Doc. dr. Eduardas Budrys (Gamtos tyrimų centro Ekologijos institutas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B);

Prof. dr. Maurine Neiman (Ajosvos universitetas, JAV, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B);

Dr. Romualda Petkevičiūtė (Gamtos tyrimų centro Ekologijos institutas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03B).

Disertacija bus ginama viešame ekologijos ir aplinkotyros mokslo krypties tarybos posėdyje 2016 metų gruodžio 16 dieną, 14:00 h valandą, Gamtos tyrimų centro Ekologijos institute.

Adresas: Akademijos g. 2, Vilnius, Lietuva.

Disertacijos santrauka išsiuntinama 2016 metų lapkričio \_\_d..

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto, Gamtos tyrimų centro bibliotekose ir VU interneto svetainėje adresu: [www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius](http://www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius)

## VADAS

**Tyrimo svarba.** Pastaraisiais dešimtmečiais pasaulyje stebimas drastiškas biovairovės mažėjimas. Biovairovė yra svarbiausia sąlyga pilnavertiškam ekosistemų funkcionavimui ir stabilumui, kurie savo ruožtu suteikia žmonijos egzistavimui būtinas sąlygas (Isbell 2010). Antropogeninė veikla, manoma, yra pagrindinis veiksnys lemiantis aplinkos pokyčius globaliu mastu, kurie ir nulėmė biovairovės nykimą. Veiksniai, tokie kaip žemės naudojimo pokyčiai, svetimkraščių ir šiuršni invazijos, eutrofikacija ir klimato kaita yra laikomi svarbiausiais ir labiausiai takojančiais globalius ekosistemų pokyčius (Vitousek *et al.* 1997, Chapin *et al.* 2000, Isbell 2010, Butchart *et al.* 2010).

Biologinės invazijos yra itin greitas ir sėkmingas tam tikrų rūšių sitvirtinimas ekosistemose už gimtojo arealo ribas, lemiantis biovairovės mažėjimą, ekologines ir ekonomines netektis ar keliantis tiesioginę grėsmę žmonių gerovei. Manoma, jog žmonių veikla yra pagrindinis veiksnys padedantis svetimkraščių rūšims veikti natūralius įplėtimą ribojančius barjerus ir sitvirtinti teritorijose už gimtojo arealo ribas. Nors tik nedidelis dalis svetimkraščių rūšių tampa invazinėmis, jų populiacijos tampa itin gausios ir gali tiesiogiai ar netiesiogiai takoti tiek vietines bendrijas, tiek ir išstisias ekosistemas. Biologinės svetimkraščių rūšių savybės, tokios kaip plačios aplinkos sąlygų tolerancijos ribos, aukštas demografinis potencialas, parazitostoka ir gebėjimas išvengti vietinių plėšrėnų leidžia pastarosioms tapti sėkmingomis invazinėmis rūšimis variose ekosistemose.

Naujazelandinė vijasraigė *Potamopyrgus antipodarum* (J. E. Gray, 1853) yra viena iš sėkmingiausių ir plačiausiai pasaulyje paplitusių invazinė rūšių. Ši rūšis dažnai apibūdinama kaip tipinė invazinė rūšis su pastarosioms būdingomis savybėmis. Pirma, Naujazelandinė vijasraigė sitvirtino itin pliačiame Š. ir P. Amerikoje, Australijoje, Azijoje ir Europos vandens ekosistemų spektre. Antra rūšiai būdingas itin didelis reprodukcinis potencialas. Invaziniame areale sutinkamos tik patelės, kurioms būdinga obligatinė partenogenezė, kai produkuojamos kloninės dukterys. Be to embrionų produkcija yra nenutrūkstama su tam tikrais intensyvumo pikais augimo sezonu. Trečia, be parazitostokos invaziniame areale, smulki tvirta kriauklė, dangtelis ir maža mitybinė moliuskos vertė padeda išvengti vietinių plėšrėnų. Šios biologinės rūšies savybės leido

naujazelandinei vijasraigei kolonizuoti virias ekosistemas 5 žemynuose ir pasiekti dr stišk gausum (kai kuriose ekosistemose gali siekti 200 000, 500 000 ar 800 000 individ m<sup>-2</sup>), kuris l m poky ius tiek bendrijose, tiek ir ekosistemose (Hall et al. 2003, Riley et al. 2008, Arango et al. 2009, Moore et al. 2012, Kerans et al. 2005).

Pastaraisiais dešimtmeiais Naujazelandin vijasraig tapo itin populiariu tyrim objektu tiek ilgalaikiuose, tiek ir trumpalaikiuose lauko ir laboratorij tyrimuose. Intensyv jantys bendrij tyrimai vis dažniau pateikia duomen apie naujas r šies radimvietes. Tai rodo jog Naujazelandin vijasraig spar iai plinta, o duomen apie invazij istorij ir vektorius tr ksta. Naujai kolonizuotose ekosistemose, d l spar iai augan io invazin sraig s individ skai iaus, vietin s bendrijos patiria itin didel poveik . Tyrimai tokiose bendrijose gali atskleisti ne tik svetimkrašt s r šies gyvenimo ciklo rodiklius invazijos pradžioje, bet ir ekologines s veikas su vietiniais makrobestuburiais. Tokie tyrimai taipogi gali parodyti kolonizacijos patumus, tokius kaip plitimo istorij ir vektorius, genetin populiacij strukt rizacij , nulemt greito plitimo pla iame s lyg spektre. Bendrai duomenys apie dabartin paplitim , genetin populiacij vairov , gyvenimo ciklo rodiklius ir funkcin vaidmen naujai kolonizuotose ekosistemose yra riboti, o kartais net ir prieštaringi.

**Tyrimo tikslas ir uždaviniai.** Nustatyti dabartin Naujazelandin s vijasraig s *P. antipodarum* paplitim Lietuvos vidaus vandens telkiniuose, genetin moliuskos vairov , pagrindinius populiacij ir gyvenimo ciklo bruožus, bei funkcin vaidmen Lietuvos ežer ekosistemose. Tikslui pasiekti buvo išskelti uždaviniai:

1. Nustatyti dabartin paplitim Lietuvos vidaus vandenyse.
2. Naudojant mikrosatelitin s ir mitochondrin s DNR žymenis nustatyti *P. antipodarum* populiacij genetin vairov .
3. Nustatyti pagrindinius populiacij ir gyvenimo ciklo rodiklius Lietuvos mezotrofini ežer ekosistemose.
4. Naudojant stabili j izotop analiz nustatyti *P. antipodarum* funkcin vaidmen vietini makrobestuburi bendrijose.

5. Remiantis lauko tyrimais ir laboratoriniais eksperimentais nustatyti *P. antipodarum* vaidmen dominuojan i bentofagi žuv mityboje.

### **Tyrimo naujumas:**

1. Nustatytas dabartinis *P. antipodarum* paplitimas Lietuvos vidaus vandens telkiniuose.
2. Naudojant mitochondrin s ir mikrosatelitin s DNR molekulinis žymenis nustatyta genetin *P. antipodarum* vairov vienoje Lenkijos ir 8 Lietuvos populiacijose
3. Nustatyti ir palyginti pagrindiniai populiaciniai ir gyvenimo ciklo rodikliai naujai kolonizuotose mezotrofini ežer ekosistemose.
4. Pirm kart nustatytos *P. antipodarum* augimo kreiv s.
5. Pirm kart nustatytos bentofagi žuv r šys, galin ios efektyviai maitintis *P. antipodarum* individais.
6. Kiekybiškai vertinta *P. antipodarum* dalis bentofagi žuv racione mezotrofiniuose ežeruose.

### **Ginamieji teiginiai.**

1. *P. antipodarum* yra spar iai plintanti invazin r šis Lietuvos g l j vanden ekosistemose.
2. Lietuvos vidaus vanden *P. antipodarum* populiacijos pagal tirtus molekulinis žymenis yra monomorfin s.
3. Naujai kolonizuotose mezotrofini ežer ekosistemose *P. antipodarum* populiacijos gali pasiekti itin didel gausum ir konkuruoti d l resurs su vietin mis makrobetuburi r šimis.
4. Nors kai kurios bentofagi žuv r šys laboratorin mis s lygomis gali maitintis *P. antipodarum* individais, mezotrofiniuose ežeruose šios žuvys vengia maitintis šiuo moliusku.
5. *P. antipodarum* individai išgyvena kai kuri bentofagi žuv virškinimo trakt . Tai didina lokalaus plitimo potencial .

**Duomen aprobacija.** Pagal tyrimo rezultatus parengtos 3 mokslinės publikacijos ir skaityti pranešimai 3 tarptautinėse ir 1 nacionalinėje konferencijose.

**Padėka.** Dėkoju visiems, vienaip ar kitaip prisidėjusiems prie šio darbo realizacijos. Ypač dėkoju darbo vadovui, dr. Kristinai Arbačiauskai, kuriai kantriai ir išsamiai konsultavo rengiant disertaciją. Dėkoju žmonėms, be kurių nebūtų dalies disertacijos rezultatų. Už galimybių naudotis laboratorijomis dėkoju P. B. Šivickio parazitologijos laboratorijos vadovui dr. Gediminui Valkiūnui. Už pagalbą, patarimus ir pastabas dėkoju dr. Laimai Baltranaitei, dr. Astai Audzijonytei, dr. Andriui Garbarui. Už visokeriopas konsultacijas, bendrus darbus, pagalbą atliekant analizes, eksperimentus ir renkant lauko medžiagą dėkoju dr. Vytautui Rakauskui ir Eglei Šidagytei. Žinoma, didžiausias dėkui už moralinį palaikymą, bei kantrybę tenka žmonai Jurgitai, sūnui Benui ir tėtims. Galiausiai dėkoju visiems kurie prisidėjo prie darbo rengimo, tačiau liko nepaminėti.

Šis darbas buvo finansuojamas Lietuvos mokslo tarybos projekto (Nr.: LEK-10/2012) lėšomis.

## LITERATŲ APŽVALGA

Šiame skyriuje autorius apžvelgia tyrimo objektą, t.y. invazijos istoriją, plitimo vektorius, dabartinį paplitimą pasaulyje, populiacijų genetinius ypatumus, pagrindinius populiacijų ir gyvenimo ciklo rodiklius ir juos takojančius veiksnius, poveikį vietinėms makrobentų bendrijoms, vaidmenį žuvimių mityboje.

## MEDŽIAGA IR METODAI

Disertaciją sudaro keletas atskirų dalių. Kiekvienai daliai metodika pateikiama atskirai.

### Dabartinio paplitimo nustatymas.

Dabartinis *P. antipodarum* paplitimas Lietuvos vidaus vandens telkiniuose nustatytas remiantis tiek literatūros šaltiniais, tiek ir makrobentų bendrijų aprašymais ar atsitiktinai stebėjimu duomenimis.

### Molekulinė analizė.

Materialai surinkti 8 Lietuvos (Kuršių marios, Platelių, Dusios, Metelio, Obelijos, Daugė, Vilkokšnio ežeruose ir Strėvos upėje), bei 1 Lenkijos (Vygrių ežeras) populiacijoje. Individai surinkti naudojant klasikinį rankinį graibštą ir fiksuoti naudojant 96% etanolą, kuris po 24 h buvo pakeičiamas nauju.

DNR išskyrimui naudotos tik minkštosios moliuskų kūno dalys, kriauklė pašalinant. DNR išskirta naudojant amonio acetato metodą (Richardson et al. 2001, Sambrook ir Russell 2001). Išskirta DNR naudota mitochondrinės DNR citochromo b ir 16S rRNR sekvenavimui, bei mikrosatelitinės DNR genotipavimui.

Amplifikacijos atliktos taikant publikuotą metodiką ir pradmenis (Neiman et al. 2010, Städler et al. 2005, Weetman et al. 2001).

Visa laboratorinė analizė atlikta Gamtos tyrimų centro ekologijos instituto P. B. Šivickio parazitologijos laboratorijoje.

Mitochondrinės DNR tirtų žymenų sekos buvo sulygiuotos ir analizuotos naudojant Bioedit programą, o mikrosatelitų pikai analizuoti naudojant Microsat PeakScanner programos rangą.

## Pagrindini populiacini ir gyvenimo ciklo rodikli analiz .

*M gini surinkimas.* Populiacini ir gyvenimo ciklo rodikli dinamikai met b gyje vertinti, m giniai surinkti Vilkokšnio ežere. M giniai rinkti kiekvien m nes nuo 2012.08 iki 2013.11. Palyginimui m giniai surinkti Obelijos, Metelio ir Dusios ežeruose pavasario, vasaros ir rudens sezonais. M giniai surinkti 1 m gylyje, naudojant Eckman tipo gruntosem (0.02 m<sup>2</sup>), visais atvejais imant po 10 pakartojim .

*Laboratorin analiz .* Laboratorijoje individai išrinkti, suskai iuoti, išmatuoti, pasverti. Dalis individ išskrosti siekiant suskai iuoti embrionus. Mažiausio dydžio patel s su embrionais buvo laikomos pirmos reprodukcijos dydžiu.

Erdvinio individ pasiskirstymo nustatymui naudotas Morisitos dispersijos indeksas (Morisita 1971).

Specifinis augimo greitis nustatytas dviem b dais – laboratoriniais eksperimentais (15°C ir 20°C) ir pagal ilgio dažni pasiskirstymo dinamik vasaros ir žiemos sezonais. Augimo kreivi pagal laboratorinius duomenis parametrai apskai iuoti naudojant Bertalanfio lygt remiantis Arba iauskas (1998). Augimo kreiv s pagal lauko duomenis modeliuotos atskirais sezonais. Modeliavimas atliktas naudojant Fisat II program . Papildomai, pagal lauko duomenis gautoms augimo kreiv ms atliktos korekcijos pagal temperat r (taikant temperat rin koeficient  $Q_{10}$ ), bei priskirtas vienodas asimptotinis ilgis.

Panaudotas momentinio augimo metodas (angl. Instantaneous growth method), kai remiantis gausumo, vislumo ir specifinio augimo grei io duomenimis apskai iuota biomas ir produkcija (Benke and Jacobi 1994, Benke and Huryn 2007). Abiej skai iuot rodikli atveju naudotas sausas bepelenis svoris, kuris gautas remiantis Hall et al. (2006) metodika.

### *Statistin analiz*

Kad panaikinti ryš tarp vidurkio ir variacijos gausumo ir biomas s duomenims buvo atlikta logaritmin transformacija. Kad vertinti m nesio tak gausumui, biomasei ir vidutiniam individuo ilgiui naudota dispersin analiz , papildomai atliekant aposteriorin



Tjuko test . Biomasa ir gausumo palyginimui tarp ežer skirtingais sezonais, atlikta grupuota dispersin analiz , papildomai atliekant Tjukio test . Kad nustatyti ežero ir sezono efekt vidutiniam individ ilgiui, atlikta dvifaktor dispersin analiz , papildomai taikant aposteriorin nevienod im i HSD (angl. Unequal N HSD test) test .

M nesio taka vislumui nustatyta taikant variacin analiz . Vislumo palyginimui tarp ežer skirtingais sezonais naudota grupuota dispersin analiz , papildomai taikant nevienod im i HSD test .

Specifinio *P. antipodarum* augimo grei io lauko ir laboratorin mis s lygomis palyginimui naudota kovariacin analiz . Specifinio *P. antipodarum* augimo grei io laboratorin mis s lygomis prie skirting temperat r palyginimas atliktas dviem b dais. Pirma, taikytas kampini koeficient homogeniškumo modelis (homogeneity of slopes model), kur priklausomas kintamasis buvo specifinio augimo greitis, nenutr kstamas kintamasis – kriaukl s ilgis, o kategorinis – temperat ra. Antra, individai buvo sugrupuoti 4 atskiras dydžio grupes ir palyginti vidutiniai augimo grei iai skirtingose gin se grup se tarp skirting temperat r , naudojant dvifaktorin dispersin analiz , papildomai atliekant nevienod im i HSD test .

Visos statistin s analiz s atliktos naudojant Statistica V10 program .

Funkcinio vaidmens makrobestuburi bendrijose analiz .

*M gini surinkimas.* M giniai stabili j izotop (SI) analizei surinkti Dusios, Daug ir Metelio ežeruose, 2011 met rugs jo m nes . Analizei naudoti pirminiai producentai – *Potamogeton* sp. lapai, sm lio organika, perifitonas, bei suspenduota organin medžiaga. Be *P. antipodarum*, kaip pirminio vartotojo, analizuota ir *R. auricularia*, bei *C. warpachovskyi* izotopin pad tis. Anglies ir azoto stabili j izotop vert s nustatytos Fizini ir technologijos moksl centre.

*Laboratorin analiz .* Litoralin s pirmin s produkcijos *P. antipodarum* mityboje vertinimui atliktas galim mitybos objekt modeliavimas (mixing model) (Parnell et al. 2010). Modeliavimas atliktas naudojant R paketo Sciar algoritm .

*Statistinė analizė*. Vidutiniai tirtieji stabilieji izotopai vertinami palyginimui tarp pirminių producentų ir tarp pirminių vartotojų naudojant dispersinę analizę, papildomai atliekant aposteriorinę (post hoc) nevienodumų HSD (angl. unequal N HSD test). Skaičiavimai atlikti naudojant Statistica V10.0 programą.

#### Vaidmens žuvų mityboje analizė.

Tyrimui naudoti laboratoriniai eksperimentai ir lauko duomenų analizė. Remiantis lauko duomenimis nustatyta *P. antipodarum* dalis makrobentuburių bendrijose ir atlikta pagrindinė bentofagų žuvų skrandžio turinio analizė. Tuo tarpu remiantis laboratoriniais duomenimis nustatyti potencialūs *P. antipodarum* plėšrniai ir moliuskos išgyvenamumas per jų žuvų virškinamąjį traktą.

#### LAUKO TYRIMAI

*Mėginiai surinkimas*. Lauko tyrimams pasirinkti Vilkokšnio, Dusios ir Spindžiaus ežerai. Šiuose ežeruose makrobentuburių bendrijų mėginiai surinkti 2014 metų rugsėjo mėnesį naudojant Eckman tipo gruntosemę. Mėginiai surinkti 0.5 – 1.0 m gylyje, kiekviename ežere imant po 3 pakartojimus. Žuvų skrandžių analizei, žuvis gaudytos tuo pat metu kaip ir surinkti bentuburių mėginiai. Žuvis gaudytos 2.0 – 5.0 m gylyje naudojant vairaus aktyvumo tinklaidus (akies skersmuo 14–18–22–25–30–40–50–60 mm), kurių kiekvienos sekcijos ilgis buvo 5 m o aukštis 3 m (Thoresson 1993). Kiekviename ežere naudoti 8 tinklaidai. Sugautos žuvis identifikuotos iki reikšmingo taksonominio rango, išmatuotos, bei pasvertos. Iškart po sugavimo. Po tokios pirminės analizės, paimti ir užfiksuoti 10% formaldehido tirpalu, dominuojantys bentofagų žuvų skrandžiai. Jei buvo galimybė, buvo imama iki 30 kiekvienos žuvų reikšmingų skrandžių. Viso paimti 333 skrandžiai.

#### *Laboratorinė analizė.*

Laboratorijoje makrobentuburiai išrinkti ir identifikuoti iki žemiausio galimo taksono. Kiekvienos reikšmingos bentuburės suskaidytos ir pasvertos.

Žuvų mitybos analizei, skrandžių turinio objektai buvo identifikuoti iki žemiausio taksonominio rango, jei tik leido galimybės. Sugrupuoti objektai buvo suskaidyti ir

pasverti, nustatyta j dalis bendrame skrandžio turinyje. Žuv mitybos selektyvumo naujazelandin s vijasraig s atžvilgiu vertinimui aspškai iuotas Ivlev selektyvumo indeksas  $E_i$  (Ivlev 1955).

*Statistinė analizė.*

*P. antipodarum* individ skai ius tirt r ši skrandžiuose buvo palygintas naudojant neparametrinį Kruskal-Wallis dispersinį analiz . Poriniam lyginimui naudotas Mann-Whitney U testas. Skai iavimai atlikti naudojant Statistica V10 program .

## LABORATORINIAI EKSPERIMENTAI

Potenciali pl šr n nustatymo ir *P. antipodarum* išgyvenamumo pra jus žuv virškinamaj trakt eksperimentai atlikti identiškomis s lygomis, naudojant tas pa ias žuv r šis. Kadangi v žiams b dingas išorinis maisto objekto smulkinimas, rainuotasis v žys nebuvo trauktas išgyvenamumo eksperimentus.

*M gini surinkimas.* Tyrimui naudotos 8 dažniausiai mezotrofiniuose ežeruose pasitaikan ios r šys - ešerys *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758), p gžlys *Gymnocephalus cernua* (Linnaeus, 1758), kuoja *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), lynas *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758), raud *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), ir rainuotasis v žys *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817). Papildomai analizuotos rotano *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877) ir juodažio io grundalo *N. melanostomus* (Pallas 1811) galimyb s maitintis *P. antipodarum* individais. Eksperimentui individai surinkti 2014 met rugpj io m nes Balsio ežere naudojant elektrož kl s aparat . Rotano individai sugaudyti Beržuvio ežere naudojant elektrož kl s aparat . Juodažio io grundalo ir rainuotojo v žio individai sugaudyti atitinkamai Kurši mariose ir Balsio ežere naudojant bu iukus. Eksperimente naudoti *P. antipodarum* sugaudyti Vilkokšnio ežere naudojant standartinį rankinį graibšt .

*Eiga.* Eksperimentai atlikti hidrobiont evoliucinės ekologijos laboratorijoje. Visi eksperimente dalyvaujantys objektai aklimuoti laboratorinėmis s lygomis. Eksperimentai atlikti individuoliuose akvariumuose, prijungtuose prie pratekan ios sistemos. Visiems tiriamiems pl šr nam s buvo pateikta po 100 *P. antipodarum* individ .

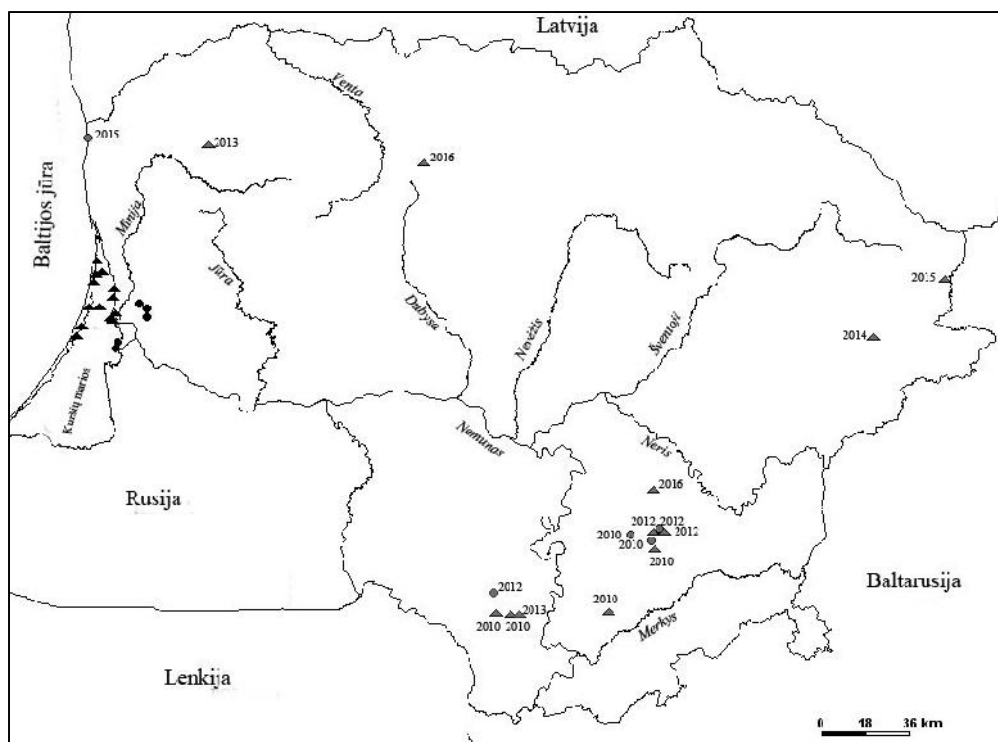
Po 24 h lik moliuskai išrenkami ir suskaičiuojami, nustatomas su st individuali skaičius. Išgyvenamumo prajus žuv virškinamaj trakte eksperimentas atliktas analogiškai, tik skyr si dimui duotas laikas (18h), žuvims kurios visiškai ne da *P. antipodarum* individ , pastarieji buvo pateikiami kartu su priimtinu objektu ir tai jog po likusi *P. antipodarum* individ skai iavimo, žuvys buvo perkeliamos naujus akvariumus su apsauginiu tinkleliu (kad ne vykt pakartotinis suvartojimas). Po 24h išmatos buvo surenkamos ir vertinama ekskrementuot *P. antipodarum* individ b kl . Judantys ir dirginim reaguojantys individai buvo laikomi gyvybingais.

*Statistinė analiz* . Su st ir išgyvenusi *P. antipodarum* individ skai ius tarp atskirtirt pl š r n r ši buvo palygintas naudojant neparametrin Kruskal-Wallis dispersin analiz . Kad palyginti su st , suvirškint ir prajusi gyv *P. antipodarum* skai i tarp dviej tirt pl š r n r ši buvo atliktas porinis Mann-Whitney U testas. Skai iavimai atlikti naudojant Statistica V10 programin rang .

## **TYRIMO REZULTATAI**

### **Paplitimas Lietuvoje**

Pirm kart *P. antipodarum* rastas pietrytin je Lietuvos dalyje 4 ežeruose ir up je 2010 metais (Butkus et al. 2012). Bendrai, per 2010 – 2016 met period patikrintos 57 skirtingos ekosistemos, iš kuri 16 r šis buvo aptikta. 2012 metais *P. antipodarum* individai aptikti Spernios (ištekantios iš Dusios ežero) ir Str vos up se, bei Spindžiaus ir Spindžiuko ežeruose. Sekantiais metais r šis rasta Obelijos ir Plateli ežeruose, o 2014 metais – L ši ežere. Sekantiais, 2015 metais, *P. antipodarum* individai aptikti keliose Šventosios up s (Šventosios baseinas) vietose ir Pr to ežere. Galiausiai, 2016 metais r šis aptikta Elektr n vandens saugykloje, bei Talšos ežere. Viso šiai dienai Lietuvoje žinoma 18 vandens telkini , kuriuose aptinkama *P. antipodarum* r šis (1 pav.). Dabartinis paplitimas Lietuvoje ir r šies nebuvimas didžiosiose Lietuvos up se leidžia daryti prielaid apie galimus dispersijos vektorius, padedan ius r šiai plisti Lietuvos vidaus vandens telkiniuose.



1 pav. *P. antipodarum* paplitimas Lietuvos vidaus vandenyse. Apskritimai ir trikampiai žymi atitinkamai tekanio ir stovinio vandens telkinius. Literatriniai duomenys ir dabartinio tyrimo pažymti atitinkamai juoda ir pilka spalvomis. Literatriniai šaltiniai pateikti Butkus et al. (2014) publikacijoje.

### Genetinė populiacijų variacija

#### *vairovė pagal citochromą b*

Atlikta 63 individų iš 8 Lietuvos ir 1 Lenkijos populiacijos. Nustatytas vienas citochromo b haplotipas, kuris buvo identiškas haplotipui nustatytam klonuose Duluth (genbank: GQ996433.1), 7 (genbank: GQ996432.1) and DenmarkA (genbank: GQ996424.1) (Neiman et al. 2010).

#### *vairovė pagal 16S rRNR*

Atlikta 32 individų iš 8 Lietuvos ir 1 Lenkijos populiacijos. Nustatytas vienas 16S rRNR haplotipas, kuris literaturoje vadinamas kaip t haplotipas.

## *Daugybini mikrosatelitin s DNR lokus vairov*

Atlikta 32 individ iš 8 Lietuvos ir 1 Lenkijos populiacijos. Nustatytas vienas daugybini mikrosatelitin s DNR lokus haplotipas. Po vien alel , 149 ir 168 nustatyta lokusuose Pa56 ir Pa217, atitinkamai. Tuo tarpu po du alelius nustatyta lokusuose Pa112 (216 ir 217) ir Pa254 (128 ir 146).

## **Populiaciniai ir gyvenimo ciklo rodikliai**

### Optimalios m gini surinkimo metodikos pasirinkimas

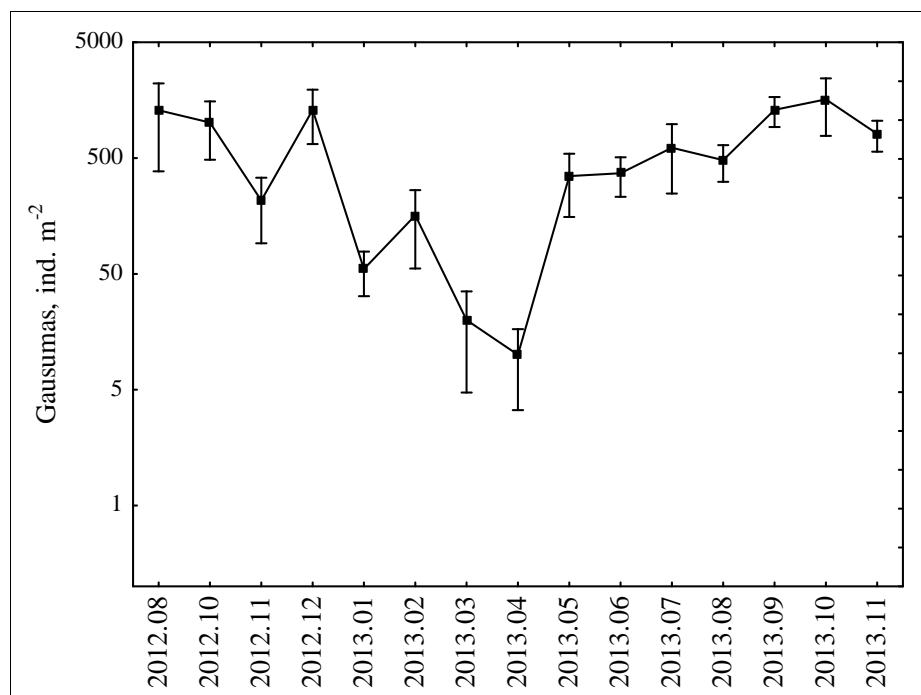
Cilindras yra dažnai naudojamas kiekybiniam bentoso gyv n m giniams surinkti, tačiau jo naudojimas tampa sudingu žiemos periodu, esant ledo dangai. Nors alternatyvi priemoni yra keletas, patogesnis naudoti visai met laikais yra Eckmano gruntosemis. Kad patikrinti ar Eckmano gruntosemis taip pat gerai tinka kiekybiniam m giniams surinkti kaip ir cilindras, *P. antipodarum* gausumas buvo vertintas m ginius surenkant skirtingomis priemonėmis ir palyginant vidutin moliusk gausum . Reikšming *P. antipodarum* gausumo skirtum nenustatyta (Kruskal-Wallis ANOVA test,  $H_{1, 18} = 1.03$ ,  $p = 0.31$ ) (Fig. 6). Taigi, Eckmano gruntosemis buvo pasirinktas kaip optimali m gini surinkimo priemon visais sezonais.

### Gausumas, erdvinis pasiskirstymas ir gin strukt ra

Stipri erdvin *P. antipodarum* individ agregacija nustatyta visuose tirtuose ežeruose, visais tirtais laikotarpiais. Agregacijos intensyvumas varijavo ne tik tarp ežer , bet ir tarp atskir sezon . Rugsėjo ir lapkričio mėnesiais, individ erdvin agregacija buvo intensyviausia Dusios ežere. Tai gali būti siejama su didesne individ koncentracija ant kiet pavirši , šiuo atveju - akmen , kurie yra gaus s šiame ežere.

Metin *P. antipodarum* gausumo, biomas s ir vidutinio dydžio dinamikos analiz buvo atlikta Vilkokšnio ežere. Rezultatai rodo, kad kaip ir daugeliui kit vandens organizm , *P. antipodarum* bdingi reikšmingi gausumo (ANOVA,  $H_{14, 135} = 3.47$ ,  $p < 0.001$ ; 2 pav.) ir biomas s (ANOVA,  $F_{14, 135} = 4.10$ ,  $p < 0.001$ ) svyravimai met bgyje. Mažiausias gausumas ( $10.00 \pm 6.67$  ind.  $m^{-2}$ ) ir biomas ( $9.18 \pm 6.43$  mg sauso bepelenio svorio  $m^{-2}$ ) nustatyti balandžio mėnes , o didžiausi gausumas ( $1490.0 \pm 786.30$  ind.  $m^{-2}$ ) ir biomas

( $676.49 \pm 315.67$  mg sauso bepelenio svorio  $m^{-2}$ ) - augimo sezono pabaigoje, spalio mėnesį. Tai sietina su sezoniniais migracijomis ar išaugusiu mirtingumu šaltuoju metų periodu.

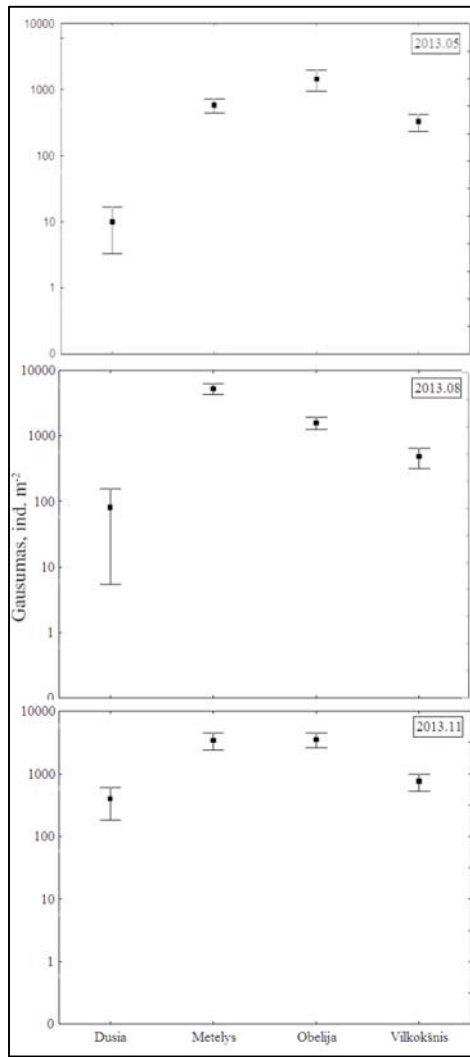


2 pav. Vidutinio  $\pm$ SE *P. antipodarum* gausumo dinamika Vilkokšnio ežere. Gausumas pateiktas logaritminėje skalėje.

Taipogi stebimas statistiškai reikšmingas (ANOVA,  $F_{13, 1726} = 45.92$ ,  $p = 0.001$ ) vidutinio individų dydžio kitimas mėnesiais, kur jis kito nuo 2.1 mm rugpjūčio mėnesį iki 4.9 mm balandžio mėnesį. Šie vidutinio dydžio svyravimai atspindi tam tikro dydžio individų dominavimą populiacijoje, t.y. mažas vidutinis individo dydis rodo, kad populiacijoje yra gausūs jauni individai, kurie dalis populiacijoje išauga augimo sezonu. Tuo tarpu vidutinis populiacijos individų ilgis didesnis nei ilgis pasiekus lytinį brandumą rodo, kad daugelis individų pasiekia reprodukcinį dydį, ir šis individų kiekis populiacijoje išauga po augimo sezono.

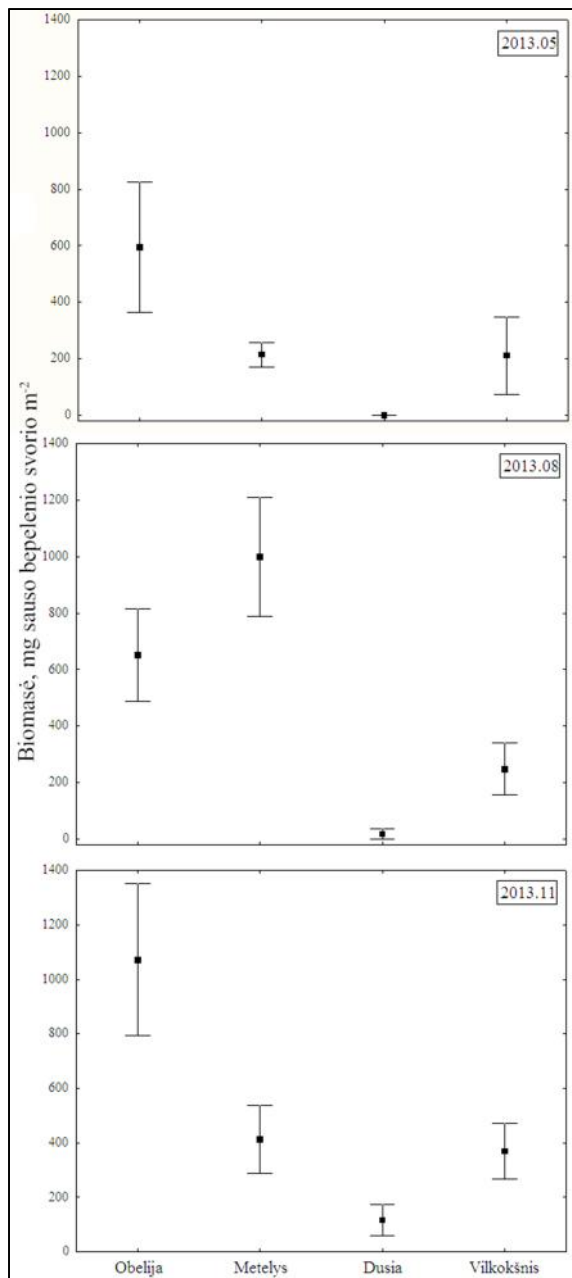
*P. antipodarum* gausumas ir biomas buvo palyginti ir tarp tirtų Metelio, Obelijos, Vilkokšnio ir Dusios ežerų skirtingais sezonais. Nustatytas statistiškai reikšmingas ežero efektas tiek gausumui (grupuota ANOVA,  $F_{3, 108} = 45.80$ ,  $p < 0.001$ ) (3 pav.), tiek ir

biomasei ( $F_{3, 106} = 37.67, p < 0.001$ ) (4 pav.), kas rodo jog tirti populiaciniai rodikliai skiriasi tarp ežer. Vidutinis *P. antipodarum* gausumas atskiruose ežeruose varijavo nuo  $10.0 \pm 6.7$  ind.  $m^{-2}$  iki  $5285.0 \pm 995.4$  ind.  $m^{-2}$ . Didžiausias gausumas nustatytas Metelio ežere, kur jis siekia  $11850$  ind.  $m^{-2}$ . Tuo tarpu vidutinė biomasė tarp ežerų svyravo nuo  $4.56 \pm 3.13$  mg sauso bepelenio svorio  $m^{-2}$  iki  $1072.55 \pm 278.99$  mg sauso bepelenio svorio  $m^{-2}$ .



3 pav. Vidutinis  $\pm$ SE *P. antipodarum* gausumas Dusios, Metelio, Obelijos ir Vilkokšnio ežeruose, gegužės, rugpjūčio ir lapkričio mėnesiais. Gausumas pateiktas logaritminėje skalėje.



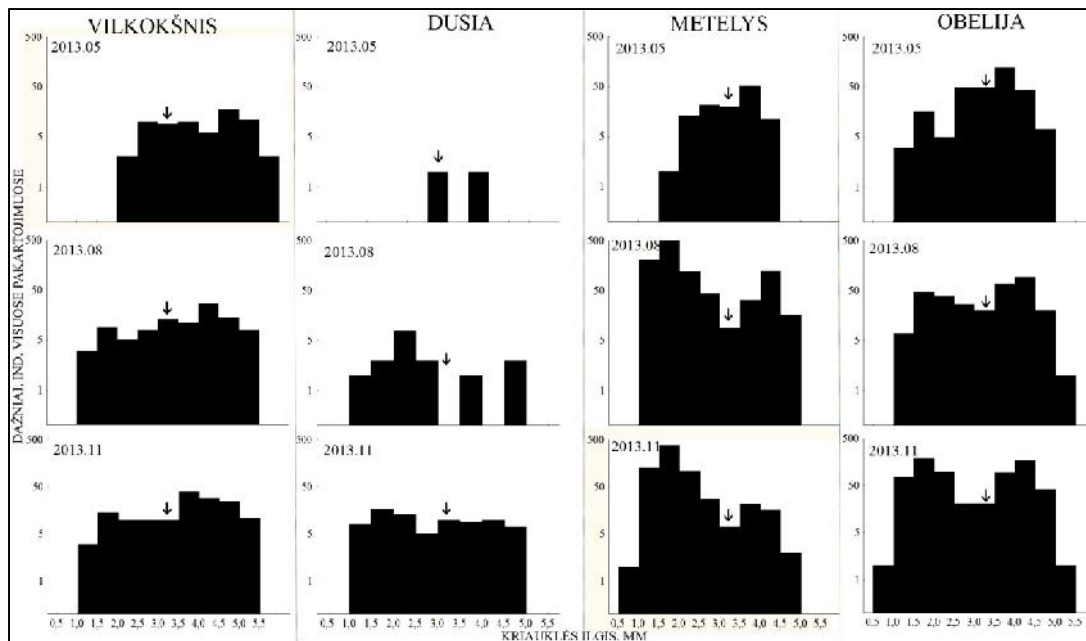


4 pav. Vidutin  $\pm$ SE biomas skirtingais sezonais tirtuose ežeruose.

Be erdvinio pasiskirstymo, gausumo ir biomas s dinamikos, tirtuose ežeruose analizuota ir gin *P. antipodarum* strukt ra. Mažiausi rast individ kriaukl s ilgis buvo 0.8 mm, o didžiausi - 5.7 mm. Kad patikrinti ar ežeras ir sezonas reikšmingai takoja vidutin *P. antipodarum* ilg , buvo atlikta dvifaktor dispersin analiz . Rezultatai parod statistiškai reikšming tiek ežero ( $F_{3, 3406} = 223.84$ ,  $p < 0.001$ ), tiek ir sezono ( $F_{2, 3406} = 10.72$ ,  $p < 0.001$ ) efekt . Atliktas post-hoc Unequal HSD testas parod , kad vidutiniškai didžiausias

individo ilgis buvo Vilkokšnio ežere, o mažiausias – Metelio ežere. Tai rodo jauną individo gausumo skirtumą tarp tirtų populiacijų. Taip pat, testas parodė, kad didesnis vidutinis individo ilgis buvo pavasarį, nei vasarą ar rudenį, kas rodo dideli individo dominavimą iki reprodukcijos augimo sezono pradžioje.

gint *P. antipodarum* struktūra pateikta 5 paveiksle, kurios palyginimui tarp sezonų ir ežerų naudotas porinis Kolmogorov-Smirnov testas. Analizė parodė statistiškai reikšmingus gint s struktūros skirtumus tarp Vilkokšnio ir Obelijos ( $p < 0.001$ ), Metelio ( $p < 0.001$ ) ežerų pavasario sezonu. Kituose ežeruose gint struktūra reikšmingai ( $p > 0.1$ ) nesiskyrė. Tuo tarpu vasaros sezonu, statistiškai reikšmingi ( $p < 0.005$ ) gint s struktūros skirtumai nustatyti tarp visų tirtų ežerų. Taip pat, gint struktūra reikšmingai skyrėsi tarp daugelio tirtų ežerų rudens sezonu. Vienintelė išimtis buvo Obelijos ir Dusios ežerai, kur reikšmingas ( $p > 0.1$ ) gint s struktūros skirtumas nebuvo. gint *P. antipodarum* struktūra buvo taip pat palyginta atskiruose ežeruose tarp tirtų pavasario, vasaros ir rudens sezonų. Analizė parodė, kad daugelyje tirtų ežerų gint struktūra reikšmingai varijuoja tarp atskirų sezonų. Vilkokšnio ežere, reikšmingi skirtumai nustatyti tarp pavasario ir vasaros ( $p < 0.01$ ), rudens ( $p < 0.01$ ) sezonų. Tuo tarpu Metelio ir Obelijos ežeruose reikšmingi ( $p < 0.001$ ) skirtumai nustatyti tarp visų tirtų sezonų. Vieninteliame Dusios ežere, gint struktūra buvo panaši visais tirtais sezonais. Visumoje, analizė parodė, kad gint *P. antipodarum* struktūra varijuoja ne tik tarp sezonų, bet ir tarp ežerų.

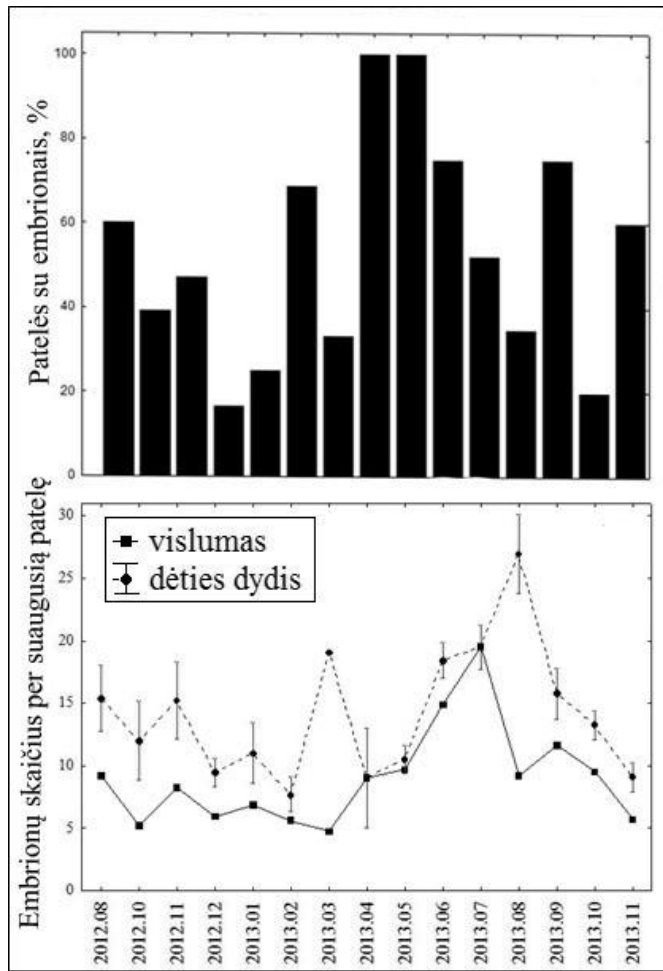


5 pav. gin s *P. antipodarum* strukt ros variacija tirtuose ežeruose skirtingais sezonais. Rodykl s žymi pirmos reprodukcijos dyd (3.4 mm).

### Reprodukcijos rodikliai.

Patel s su embrionais Vilkokšnio ežere buvo randamos ištisus metus, nors procentin pateli su embrionais dalis ženkliai varijavo met b gyje (6 pav.). Didžiausia pateli dalis su embrionais nustatyta geguž s (100%) ir birželio (100%) m nesiais. Mažiausia dalis – šaltuoju met periodu, kuomet tik 20% skrost pateli buvo su embrionais.

Patikrinus ar vislumas ženkliai kinta met b gyje, nustatytas statistiškai reikšmingas m nesio efektas (ANOVA,  $F_{14, 477} = 5.10$ ,  $p < 0.001$ ). Vislumas varijavo nuo 4.8 embriono suaugusiai patelei kovo m nes iki 19.5 embriono suaugusiai patelei liepos m nes. Balandžio – liepos periodu vislumo ir vidutinio d ties dydžio reikšm s buvo lygios ar beveik lygios ir tai rodo intensyviausi embrion produkcij (6 pav.).



6 pav. Procentin *P. antipodarum* patelių su embrionais dalis (A); *P. antipodarum* vislumas ir vidutinis dėties dydis Vilkokšnio ežere (B). Kovo mėnesį rasta tik viena patelė su embrionais todėl variacija nevertinta.

Kad vertinti patelės kūno dydžio efektą dėties dydžiui, visi tirti ežerų duomenys buvo apjungti ir atlikta tiesinis regresijos analizė. Nustatytas silpnas, tačiau statistiškai reikšmingas patelės kūno dydžio efektas dėties dydžiui (dėties dydis =  $-22.58 + 8.22 * L_{\text{kriaukulys}}$ ,  $r^2 = 0.20$ ,  $p < 0.001$ ).

Metelio, Obelijos ir Vilkokšnio ežeruose patelės su embrionais buvo randamos visais tirtais sezonais, o embrionų skaičius varijavo nuo 0 iki 26. Dėl nedidelio skaičiaus rastų ir išskrostų suaugusių patelių, Dusetos ežeras buvo pašalintas iš vislumo analizės. Ežero efektui vertinti atlikta grupuota dispersinė analizė, kur sezonai buvo grupuoti ežerams. Analizė parodė reikšmingą ežero, bei sezono grupuotoms ežerams, efektą vislumui (1 lentelė). Ežero efektas yra statistiškai reikšmingai ( $p < 0.001$ ) mažesnis vislumas

Metelio, nei kituose tirtuose ežeruose pavasario sezonu. Tuo tarpu sezono grupuoto ežerus efektas buvo pagrįdė nulemtas Vilkokšnio ežero, kur vasaros sezonu vislumas sumaž jo lyginant su pavasariu. Kituose tirtuose ežeruose vislumas vasar buvo didesnis nei pavasar .

1 lentel . Grupotos dispersin s analiz s rezultatai *P. antipodarum* vislumui (embrion skai ius per suaugusi patel ) tirtuose ežeruose atsižvelgiant skirtingus sezonus

<i>Efektas</i>	Embrion skai ius per suaugusi patel		
	<i>df</i>	<i>F</i>	p
Ežeras	2	4.56	0.011
Sezonas (Ežeras)	6	5.53	<0.001
Paklaida	289		

### Individ augimas lauko ir laboratorijos s lygomis

Vienas iš svarbiausi invazini r ši broož yra geb jimas energetinius resursus greitai paversti reprodukcinė išėiga. Tai savo ruožtu tiesiogiai susij su individualaus augimo grei iu – kuo didesnis augimo greitis, tuo grei iau pasiekiamą lytin brandą ir realizuojamas reprodukcinis potencialas. Duomenys apie *P. antipodarum* augim gali b ti svarb s ne tik analizuojant augimo grei i skirtumus tam tikrose s lygose, ar modeliuojant augim pagal ilgio dažni pasiskirstymo dinamik , bet ir populiacini rodikli , toki kaip produkcija nustatymui.

Specifinis *P. antipodarum* augimo greitis nustatytas dviem b dais – laboratoriniais eksperimentais ir pagal ilgio dažni pasiskirstymo dinamik Vilkokšnio ežere. Gautos 4 augimo kreiv s, kuri parametrai, augimo s lygos ir kai kurie gyvenimo ciklo rodikliai pateikti 2 lentel je. Laboratorini augimo kreivi parametr nustatymui naudoti ilgio ant priaugio regresij koeficientai, kuri skirtingi laisvieji nariai (angl. intercept) ir kampiniai koeficientai (angl. slopes) l m skirting asimptotin ilg skirtingomis temperat romis. Tiek pirmos reprodukijos (brandos) dydis, tiek ir dydis gimstant buvo vienodi visoms s lygoms, nes eksperimentiniai individai buvo paimti iš to paties ežero.

2 lentel . Augimo s lygos laboratorijoje ir lauke, augimo kreivi parametrai  $L$  ir  $k$ , didžiausias ilgis ( $L_{max}$ ), brandos dydis ( $L_m$ ), atvedam jaunikli dydis ( $L_0$ ). Temperat ra ir kriaukl s ilgis patekti °C ir mm, atitinkamai.

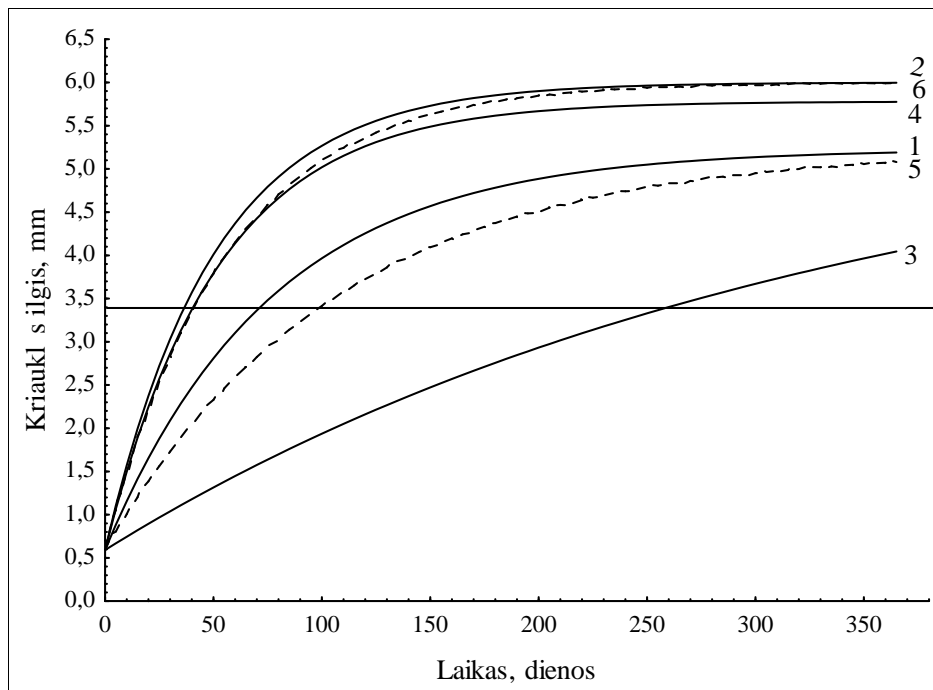
Nr.	S lygos	$L$	$k$	$L_{max}$	$L_m$	$L_0$
1	Laboratorija: 15°C	5.23	0.0130	4.6	3.4	0.59
2	Laboratorija: 20°C	6.00	0.0200	5.1	3.4	0.59
3	Laukas: žiema	5.78	0.0030	5.7	3.4	0.59
4	Laukas: vasara	5.78	0.0192	5.2	3.4	0.59

Kad palyginti specifinius augimo grei ius laboratorin mis ir lauko s lygomis, temperat rin s korekcijos buvo atliktos augimo kreiv ms, iš kuri apskai iuoti specifiniai augimo grei iai lauko s lygomis. Augimo kreiv žiemos periodu buvo pakoreguota 15°C, o vasaros periodu - 20°C. Papildomai, kad b t galima palyginti augimo grei ius laboratorijos ir lauko salygomis, priskirtos tos pat asimptotinio ilgio reikšm s. Koreguot augimo kreivi parametrai pateikti 3 lentel je.

3 lentel . Temperat rai koreguot augimo kreivi parametrai ir s lygos. Raid mis pažym ta - reali temperat ra ( $T_r$ ), koreguota temperat ra ( $T_c$ ), priskirtas asimptotinis ilgis ( $L$ ) ir augimo kreiv s parametras  $k$ .

Nr.	S lygos	$T_r$	$T_c$	$L$	$k$
5	“Lauko augimo kreiv 15°C”	4.0	15	5.23	0.0094
6	“Lauko augimo kreiv 20°C”	21.1	20	6.00	0.0179

Iš viso gautos 6 augimo kreiv s – dvi iš laboratorini eksperiment prie 15°C ir 20°C (7 pav., 1 ir 2), dvi iš ilgio dažni pasiskirstymo dinamikos Vilkokšnio ežere (žiemos ir vasaros sezonams) (7 pav., 3 ir 4), ir dvi iš lauko duomen pritaikius korekcijas, kurias naudotos tolimesn ms analiz ms (7 pav., 5 ir 6).



7 pav. *P. antipodarum* augimo kreivės laboratorinėmis ir lauko sąlygomis. Augimo kreivės numeriai atitinka numerius 2 ir 3 lentelėse, kur pateiktos augimo sąlygos ir augimo kreivės parametrai. Punktyrinė linija žymi koreguotas augimo kreives lauko sąlygomis. Juoda horizontali linija žymi brandos dydį.

Specifinio augimo greičiai, gauti iš laboratorinio eksperimento ir iš augimo kreivių lauko sąlygomis (koreguotais) buvo palyginti siekiant vertinti ar augimo sąlygos turi reikšmingą poveikį, t.y. ar yra reikšmingi skirtumai tarp nustatytų specifinio augimo greičių laboratorinėmis ir lauko sąlygomis. Atlikta kovariacinė analizė, kuri parodė statistiškai reikšmingą kriauklės ilgio ir augimo sąlygų efektą abiem temperatūroms (4 ir 5 lentelės). Reikšmingas augimo sąlygų efektas rodo didesnius specifinio augimo greičius laboratorinėmis nei lauko sąlygomis.

4 lentelė. Kovariacinės analizės specifiniams *P. antipodarum* augimo greičiams prie 20°C temperatūros rezultatai. Augimo sąlygos (laboratorija ir laukas) buvo kategorinis, o kriauklės ilgis – nenutrūkstamas kintamasis.

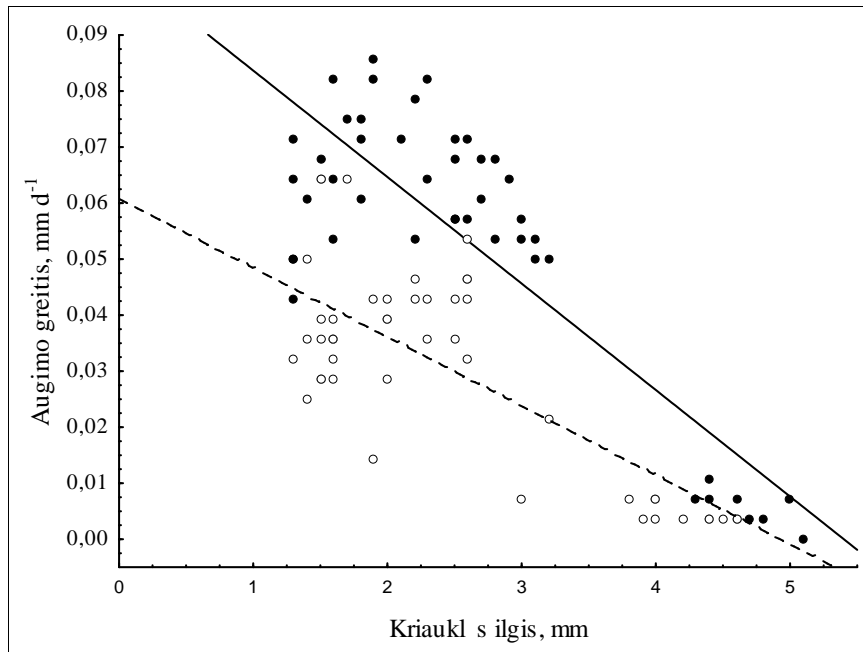
Efektas	Df	F	p
Kriaukl s ilgis	1	561.71	<0.001
Augimo s lygos (laukas ar laboratorija)	1	5.74	0.019
Paklaida	93		

5 lentel . Kovariacin s analiz s specifiniams *P. antipodarum* augimo grei iams prie 15°C temperat ros rezultatai. Augimo s lygos (laboratorija ir laukas) buvo kategorinis, o kriaukl s ilgis – nenutr kstamas kintamasis.

Effect	Df	F	P
Kriaukl s ilgis	1	319.82	<0.001
Augimo s lygos (laukas ar laboratorija)	1	25.96	<0.001
Paklaida	85		

Specifini augimo grei i prie skirting temperat r laboratorijoje palyginimas parod ne tik statistiškai reikšming (kampini koeficient homogeniškumo modelis (ang. homogeneity of slopes model),  $p < 0.001$ ) vandens temperat ros ir pradinio kriaukl s dydžio efekt , bet ir statistiškai reikšming s veikos tarp vandens temperat ros ir pradinio kriaukl s dydžio poveik (6 lentel ). Ši s veika rodo, jog ryšys tarp specifinio augimo grei io ir pradinio kriaukl s dydžio skiriasi tarp skirting temperat r (8 pav.).



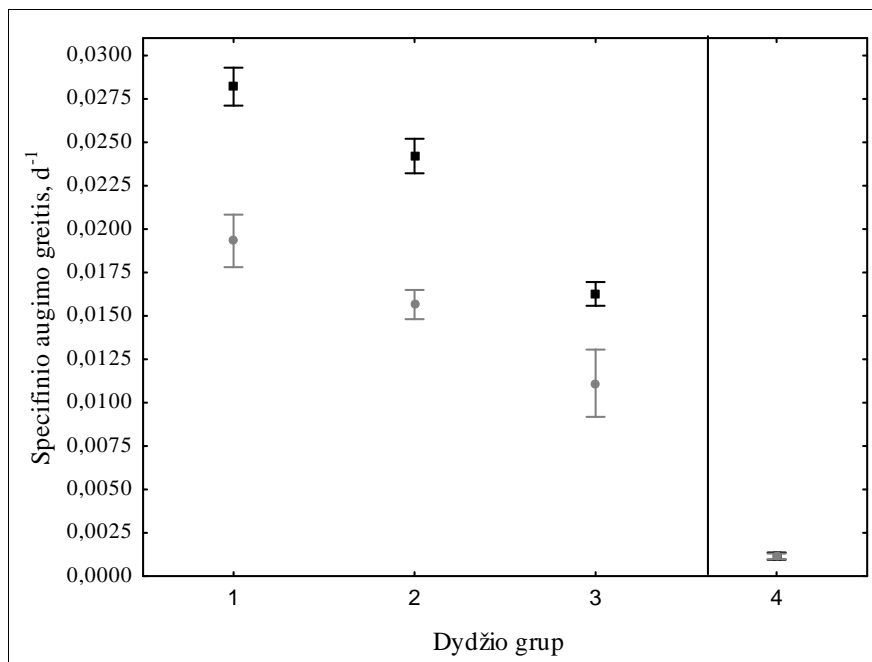


8 pav. Ryšys tarp *P. antipodarum* kriauklės ilgio ir specifinio augimo greičio prie 20°C (juodi taškai) ir 15°C (tuščiaviduriai taškai) temperatūrų.

6 lentelė. Kampiniai koeficientai homogeniškumo modelio rezultatai, kur priklausomas kintamasis buvo specifinis *P. antipodarum* augimo greitis laboratorinėmis sąlygomis, temperatūra - kategorinis, o pradinis ilgis - nenutrūkstamas kintamasis.

Efektas	Df	F	P
Temperatūra	1	61.52	<0.001
Kriauklės ilgis	1	690.90	<0.001
Temperatūra*kriauklės ilgis	1	12.01	<0.001
Paklaida	88		

Be to, specifiniai augimo greičiai prie 15°C ir 20°C temperatūrų buvo palyginti atskiroms dydžio grupėms. Atlikta dvifaktoriškas dispersinis analizė parodė, kad reikšmingi specifinio augimo greičio skirtumai esant skirtingoms temperatūroms buvo tik 1 ( $p < 0.001$ ) ir 2 ( $p < 0.001$ ) dydžio grupės. Tuo tarpu reikšmingi skirtumai nebuvo 3 ( $p = 0.11$ ) ir 4 ( $p = 1$ ) dydžio grupėse (9 pav.).



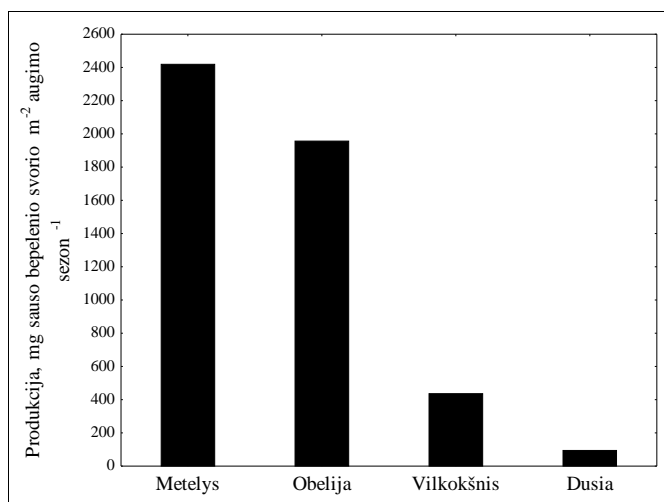
9 pav. Specifini augimo grei i vidurkiai $\pm$ SE atskiroms dydžio grup ms prie 15°C (pilka spalva) ir 20°C (juoda spalva). Juoda vertikali linija atskiria jaunikius nuo suaug li .

Nustatytos  $Q_{10}$  vert s skyr si tarp gini grupi .  $Q_{10}$  vert mažiausiems individams ( 1.5 mm) buvo 2.3, kuri maž jo tolygiai su did jan iu kriaukl s ilgiu. Jauniems individams, kuri kriaukl s ilgis siek 2.5 mm ir 3.5 mm ji buvo atitinkamai 2.1 ir 1.8. Tuo tarpu suaug liams  $Q_{10}$  vert buvo 1.2, kas rodo labai maž temperat ros poveik lytiškai brandži individ augimui.

### Produkcija

Antrin s *P. antipodarum* produkcijos greitis Vilkokšnio ežere varjavo met b gyje. Ši variacija, sietina su ženkliais biomas s ir augimo grei io svyravimais met b gyje. Vandens temperat rai nukritus iki minimali ver i ir stambiems suaug liams dominuojant populiacijoje, produkcija nevyko šaltuoju met sezonu. Kartu su did jan ia vidutine vandens temperat ra ir besikei ian ia populiacijos gine strukt ra (kai jauni individai su b dingu dideliu specifiniu augimo grei iu tampa gaus s), antrin *P. antipodarum* produkcija pasiek maksimalias vertes (4.6 mg sauso bepelenio svorio  $m^{-2} d^{-1}$ ) augimo sezonu. Metin *P. antipodarum* produkcija Vilkokšnio ežere buvo 544.93 mg sauso bepelenio svorio  $m^{-2} metus^{-1}$ .

Antrinė *P. antipodarum* produkcija visam augimo sezonui nustatyta visuose tirtuose ežeruose (10 pav.). Kelis kartus didesnė produkcija nustatyta Metelio ir Obelijos ežeruose, nei Vilkokšnio ir Dusios ežeruose. Pastaruosiuose, *P. antipodarum* produkcija buvo atitinkamai 5.5 ir 25.6 karto mažesnė nei Metelyje. Tuo tarpu Obelijos ežere *P. antipodarum* produkcija buvo tik 1.2 karto mažesnė nei Metelio ežere. Tokius didelius produkcijos skirtumus galėjo lemti didelis gausumas, gausios struktūros, o tuo pačiu ir biomasos skirtumai tarp tirtų mezotrofinių ežerų.



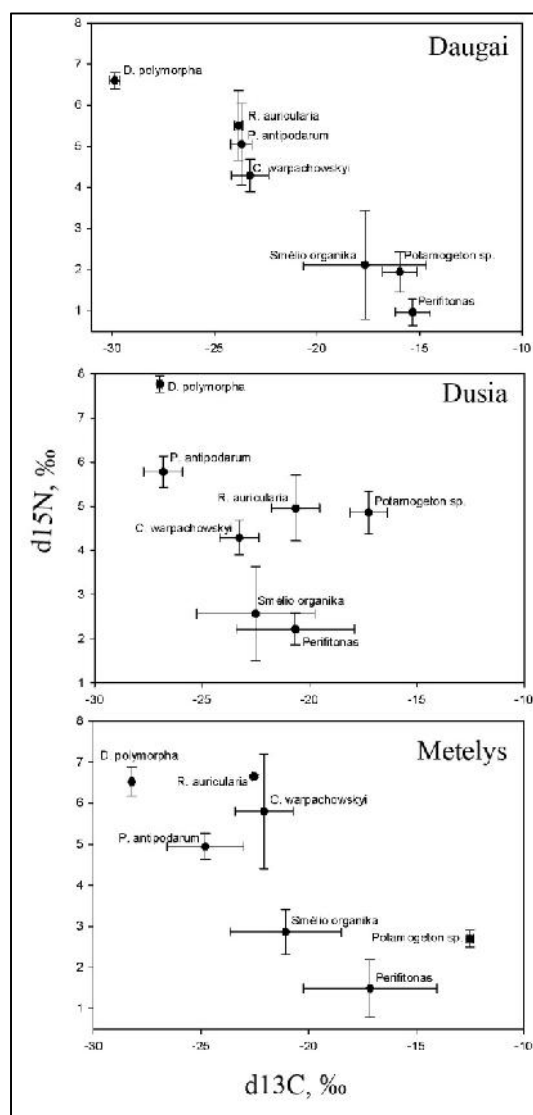
10 pav. Antrinė *P. antipodarum* produkcija tirtuose ežeruose visam augimo sezonui (balandžio – lapkričio periodui).

### Funkcinis vaidmuo makrobestuburi bendrijose

Kaip tipinė invazinė rūšis, *P. antipodarum* naujai kolonizuotose ekosistemose per trumpą laiką pasiekia itin didelį gausumą. Tokios gausios populiacijos suvartoja ženkliai litoralinę pirminę produkciją. Kadangi ežeruose aptinkamos panašaus dydžio ir mitybos būdo vietinių makrobestuburių rūšys, yra itin didelė mitybos objektų persidengimo tikimybė, kuri savo ruožtu sudaro potencialią galimybę vykdyti tarprūšinę konkurenciją. Tai veda link bendrijos pokyčių, kurie gali veikti ir aukštesnius mitybos lygmenis, tokiu būdu destabilizuojant ištisą ekosistemą.

Stabili izotopų analizės rezultatai parodė, kad *P. antipodarum* yra pirminis vartotojas visuose tirtuose ežeruose ir kad autochtoninės kilmės litoralinė pirminė produkcija yra

svarbiausias moliusko anglies šaltinis. Pirmin litoral s produkcija gali sudaryti iki 77.4% viso mitybos raciono. Likusi dal sudar sedimentuojanti pelagin s kilm s pirmin produkcija. Rezultatai taipogi parod , jog r šis užima panaši *R. auricularia* ir *C. warpachowskyi* izotopin pozicij tirtuose ežeruose (11 pav.).



11 pav. Tirt pirmini producent ir pirmini vartotoj vidutini ( $\pm$ SD)  $\delta^{13}\text{C}$  ir  $\delta^{15}\text{N}$  verti pasiskirstymas dviaš je erdv je tirtuose ežeruose.

### Vaidmuo bentofagi žuv mityboje

#### *Makrobestuburi bendrij sandara*

Siekiant vertinti *P. antipodarum* dalį makrobentobios bendrijose tirtuose ežeruose atlikta analizė. Rezultatai parodė, jog kartu su chironomidais ir dvigeldžiais moliuskais, *P. antipodarum* tirtuose ežeruose buvo dominuojanti rėšis. Tirtuose Dusios, Vilkokšnio ir Spindžiaus ežeruose *P. antipodarum* sudarė panašią biomasę dalį makrobentobios bendrijose, atitinkamai 40%, 38% ir 33%. Tuo tarpu vidutinis gašumas tirtuose ežeruose varijavo nuo 67 Spindžiaus ežere iki 3767 individų m<sup>2</sup> Vilkokšnio. Didžiausias vidutinis individų gašumas, 5650 individų m<sup>2</sup> nustatytas Dusios ežere, kur individų skaičius viename m<sup>2</sup> ginyje siekė 14 000 ind. m<sup>-2</sup>.

### Potenciali plėšrai

Pradinio tyrimo hipotezė buvo, kad jei bentofaginis plėšrėnas neatpažįsta *P. antipodarum* kaip mitybos objekto eksperimentiniams slygoms, kai nėra maisto objektų pasirinkimo, tuomet ir lauko slygoms šis moliuskas nebus traukiamas to plėšrėno mitybai. Potenciali plėšrėno nustatymo eksperimentai atskleidė, jog *O. limosus* potencialiai gali maitintis šiais invaziniais moliuskais, mat su šiuo individų kiekiu buvo vienas didžiausių tarp tirtų rėšių (8 lentelė). Šie rezultatai sutampa su kitų tyrimų rezultatais, kurie nustatė, jog laboratoriniams slygoms *P. antipodarum* gali maitintis kelios vėžiurėšys, tokios kaip *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852), *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Brenneis et al. 2011, Twardochleb et al. 2012, Bennett et al. 2015).

Analizės rezultatai parodė, jog eksperimentiniams slygoms visose tirtose rėšiose plėšrėnai didesnę *P. antipodarum* individų, tačiau su šiuo individų skaičių reikšmingai skyrėsi tarp rėšių (Kruskal-Wallis ANOVA testas:  $H_{7, 148} = 32.44$ ,  $p < 0.001$ ) (7 lentelė). Eksperimentai taipogi parodė, jog iš tirtų bentofaginių žuvų daugiausia *P. antipodarum* individus suėdė *T. tinca*, todėl šios rėšies gali būti laikoma viena iš potencialių invazinės sraigės plėšrėno (7 lentelė). Tuo tarpu kitos tirtos žuvys suvartojo gerokai mažiau *P. antipodarum* individų, taigi jos kaip potencialios sraigės plėšrėnai yra mažiau tikėtini ir lauko slygoms. Šis tyrimas taipogi parodė, jog ryklėdanės turėjimas pats savaime negarantuoja intensyvaus *P. antipodarum* vartojimo - *Rutilus rutilus* ir *Scardinius erythrophthalmus* suėdė nedidelį kiekį pateiktų sraigė (7 lentelė). Tai tikėtina rodo galimus ryklėdanės struktūrinius skirtumus tarp atskirų žuvų rėšių. Pagal šią prielaidą, *T.*

*tinca* rykl dan iai tik tina yra labiau pritaikyti smulkios ir tvirtos *P. antipodarum* kriaukl s sutraiškymui. Kitas veiksnys, galintis reikšmingai takoti su st *P. antipodarum* skai i gali b ti mitybos b das – ar pl šr nas auk bando traiškyti ar ryja ištis . Palyginus suvartot *P. antipodarum* individ skai i tarp 2 išskirt grupi , tos, kurioje pl šr nai tik tina traiško savo aukas (*T. tinca*, *N. melanostomus* ir *O. limosus*) ir tos, kurioje pl šr nai tik tina ryja ištis auk (*R. rutilus*, *P. fluviatilis*, *G. cernua*, *S. erythrophthalmus* ir *P. glenii*) nustatyti statistiškai reikšmingi (Mann-Whitney U test:  $Z = -5.23$ ,  $p < 0.001$ ) skirtumai. Savo aukas traiškantys pl šr nai suvartojo reikšmingai daugiau *P. antipodarum* individ nei tie, kurie ryja ištis auk . Pastarieji pl šr nai suvartojo mažiau nei 2% pateikt moliusk ir vidutinis suvartot moliusk skai ius niekada neviršijo 4 individ . Kiti tyrimai taipogi parod , jog eksperimentin mis s lygomis visa d s žuvys tokios kaip *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758), *Leptocottus armatus* (Girard, 1854) ir *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787) su d tik nežym *P. antipodarum* individ kiek (Kelley 2006, Brenneis et al. 2011). Kadagi šios žuvys neturi smulki ir tvirt mitybos objekt traiškymui pritaikyt rykl dan i , kurie b dingi *T. tinca* ar *N. melanostomus*, ir ryja ištis auk , pastarosios negali efektyviai sudoroti *P. antipodarum* indivd .

7 lentel . Bentofagini pl šr n mityba *P. antipodarum* individais laboratorin mis s lygomis: tam tikros r šies pl šr n skai ius (n); pl šr no k no ilgis (TL); pl šr n dalis, kurie d *P. antipodarum* (P); suvartot *P. antipodarum* dalis nuo 100 pateikt individ (C); vidutinis suvartot *P. antipodarum* individ skai ius (I). Vert s pateikiamos kaip vidurkis  $\pm$  standartinis nuokrypis.

Species	n	TL (cm)	P (%)	C (%)	I (ind.)
<i>Perccottus glenii</i>	11	12.1 $\pm$ 1.3	27.3	0.4 $\pm$ 0.7	1.3 $\pm$ 0.6
<i>Rutilus rutilus</i>	22	14.7 $\pm$ 1.4	50.0	0.8 $\pm$ 0.9	1.5 $\pm$ 0.7
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	13	14.9 $\pm$ 1.7	46.2	0.7 $\pm$ 0.9	1.5 $\pm$ 0.8
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	42	12.5 $\pm$ 0.9	59.5	1.1 $\pm$ 1.2	1.9 $\pm$ 1.1
<i>Perca fluviatilis</i>	14	13.2 $\pm$ 4.3	28.6	0.9 $\pm$ 1.6	3.3 $\pm$ 1.0
<i>Neogobius melanostomus</i>	16	15.2 $\pm$ 2.8	93.8	14.8 $\pm$ 18.2	15.8 $\pm$ 18.4
<i>Orconectes limosus</i>	14	8.4 $\pm$ 1.3	64.3	27.1 $\pm$ 35.2	42.2 $\pm$ 36.0
<i>Tinca tinca</i>	16	15.9 $\pm$ 4.7	62.5	31.4 $\pm$ 38.3	50.2 $\pm$ 37.3

Žuv mityba lauko s lygomis

Žuvų skrandžių turinio analizė parodė, kad *P. antipodarum* individai buvo rasti pas 7% visų tirtų žuvų (8 lentelė). Kaip ir tikėtasi, *P. antipodarum* dažniausiai buvo randamas *A. brama*, *R. rutilus* ir *T. tinca* žuvų skrandžiuose. Nors laboratoriniai žuvų mitybos eksperimentai parodė, jog *T. tinca* gali efektyviai sušiti didelį *P. antipodarum* skaičių, lauko duomenys rodo, jog moliuskas sudaro tik iki 7% viso skrandžio turinio. Be to, nustatyta, jog *D. polymorpha*, *Bithynia* sp., *Pisidium* sp. ir *Sphaerium* sp. buvo dominuojantys moliuskai tirtų žuvų skrandžiuose, o *P. antipodarum* dalis tirtose žuvyse buvo labai maža ir vidutiniškai siekė iki 10 ind. žuviai. Apibendrinus, *P. antipodarum* skaičius žuvų skrandžiuose ir dalis tirtų bentofagų žuvų maisto racione buvo maža, nepaisant to, kad dalyje tirtų skrandžių vyravo moliuskai. Be to, apskaičiuotas selektyvumo indeksas visoms žuvims buvo neigiamas, kas rodo, jog žuvis vengia maitintis šiuo gausiu moliusku lauko sąlygomis ir, kaip potenciali plėšrė, vaidmuo yra labai abejotinas.

8 lentelė. *P. antipodarum* individų sutinkamumas žuvų mityboje ir jų kiekis tam tikros žuvis rūšies individuose: tirtų individų skaičius (n); kūno ilgis (TL); individų dalis, kuriuose rastas *P. antipodarum* (P); *P. antipodarum* kiekis žuvyse, kur moliuskas rastas (I); *P. antipodarum* dalis bendroje tam tikros žuvis rūšies mitybos dalyje (S); Selektivityvumo indeksas ( $E_i$ ). Vertės pateikiamos kaip vidurkis  $\pm$  SE. Žuvų dydžio kategorijos: S – maža, M – vidutinė.

Žuvis rūšys	n	TL (cm)	P (%)	I (ind.)	S (%)	$E_i$
<b>Dusia</b>						
<i>Abramis brama</i>	8	35.0 $\pm$ 4.9	50.0	8.0 $\pm$ 10.4	1.8	-0.95
<i>Gymnocephalus cernua</i>	24	12.6 $\pm$ 1.9	16.7	2.3 $\pm$ 1.3	6.7	-0.72
<i>Perca fluviatilis</i> M	10	17.9 $\pm$ 2.1	0	0	0	-1.00
<i>Perca fluviatilis</i> S	18	13.3 $\pm$ 1.3	5.6	3.0	1.0	-0.94
<i>Rutilus rutilus</i>	43	18.6 $\pm$ 2.8	25.6	6.5 $\pm$ 3.3	6.4	-0.73
<i>Tinca tinca</i>	6	28.9 $\pm$ 11.6	0	0	0	-1.00
<b>Vilkokšnis</b>						
<i>Abramis brama</i>	5	39.8 $\pm$ 2.9	0	0	0	-1.00
<i>Blicca bjoerkna</i>	12	15.0 $\pm$ 1.9	0	0	0	-1.00

<i>Gymnocephalus cernua</i>	19	11.1 ± 0.3	0	0	0	-1.00
<i>Perca fluviatilis</i> M	10	17.7 ± 1.7	0	0	0	-1.00
<i>Perca fluviatilis</i> S	12	11.4 ± 0.4	0	0	0	-1.00
<i>Rutilus rutilus</i>	69	23.3 ± 6.9	2.9	10.0 ± 9.0	1.3	-0.94
<b>Spindžius</b>						
<i>Abramis brama</i>	5	42.4 ± 9.0	0	0	0	-1.00
<i>Blicca bjoerkna</i>	9	16.1 ± 3.2	11.1	1.0	3.3	-0.82
<i>Gymnocephalus cernua</i>	11	11.2 ± 1.3	0	0	0	-1.00
<i>Perca fluviatilis</i> M	10	18.5 ± 1.2	0	0	0	-1.00
<i>Perca fluviatilis</i> S	7	14.7 ± 2.7	0	0	0	-1.00
<i>Rutilus rutilus</i>	51	20.6 ± 7.4	2.0	1.0	0.02	-1.00
<i>Tinca tinca</i>	4	41.8 ± 1.7	50.0	4.0 ± 3.0	3.3	-0.92

#### *P. antipodarum* išgyvenamumas pra jus žuv virškinamaj trakt

Mitybos eksperimentai ir žuv skrandži turinio analiz parod , kad daugelis tirt žuv r ši d tam tikr *P. antipodarum* individ kiek (9 lentel ). Visgi, lauko tyrimai taipogi parod , jog daugelio su st individ kriaukl s buvo nepažeistos. Šie rezultatai paskatino atlikti *P. antipodarum* išgyvenamumo, pra jus vairi žuv virškinamaj trakt , laboratorinius eksperimentus. Šio tyrimo rezultatai parod , jog *P. antipodarum* individai gali išgyventi vairi bentofagi žuv virškinamaj trakt . Be to, rezultatai rodo, jog žuvys, kuri mitybos racione vyrauja moliuskai, kur kas efektyviau sudoroja *P. antipodarum* individus, nei visa d s kurios ryja savo auk netraiškant.

Potenciali pl šr n nustatymo eksperimentai parod , jog didžiausi pateikt individ dal suvartojo *T. tinca*, *N. melanostomus* ir *O. limosus*. Visgi, suvartot moliusk išgyvenamumas pra jus ši pl šr n virškinamaj trakt skyr si tarp r ši . Kaip ir buvo tik tasi, n vienas *P. antipodarum* neliko nepažeistas susid rus su *O. limosus*, kadangi pl šr nui b dingas išorinis aukos traiškymas ir smulkinimas. Iš tirt žuv , tik *T. tinca* geb jo efektyviai apdoroti (sutraiškyti kriaukl ir suvirškinti) visus su stus *P. antipodarum* individus. Tuo tarpu dalis moliusk išgyveno *N. melanostomus* virškinamaj trakt . Taigi eksperimentai rodo, jog tik *T. tinca* ir *O. limosus* gali efektyviai maitintis *P. antipodarum* individais ir b ti potencialiais invazin s r šies pl šr nais. Tuo tarpu kitos žuv r šys, *P. fluviatilis*, *R. rutilus*, *P. glenii*, *G. cernua* ar



*S. erythrophthalmus* turi gerokai mažesnes galimybes efektyviai maitintis *P. antipodarum* individais ir takoti j populiacij gausum ežer ekosistemose. Išgyvenamumo eksperimentai taipogi rodo, jog daugelis tirt žuv r ši gali pagreitinti *P. antipodarum* plitim ekosistemose. Šis tyrimas taipogi parod , jog *S. erythrophthalmus*, *R. rutilus*, *P. fluviatilis*, *P. glenii* ir *N. melanostomus* gali b ti efektyv s *P. antipodarum* lokalis dispersijos vektoriai, nes didžiausia moliusk dalis išgyveno b tent ši pl šr n virškinamaj trakt .

9 lentel . Skirting žuv r ši , su st ir pra jusi virškinamaj trakt , *P. antipodarum* b kl : tirt žuv kiekis (n); tirt žuv k no ilgis (TL); vidutinis su st *P. antipodarum* individ kiekis (I). Reikšm s pateiktos kaip vidurkis  $\pm$  standartinis nuokrypis.

R šis	n	TL (cm)	I (ind.)	Nepažeisti (%)	Išgyven (%)
<i>Perca fluviatilis</i>	12	16.8 $\pm$ 0.7	12.6 $\pm$ 5.1	99.6 $\pm$ 1.4	14.6 $\pm$ 15.1
<i>Rutilus rutilus</i>	12	15.5 $\pm$ 0.8	13.7 $\pm$ 4.2	76.1 $\pm$ 31.0	14.6 $\pm$ 21.4
<i>Perccottus glenii</i>	24	16.1 $\pm$ 1.5	8.6 $\pm$ 1.3	94.6 $\pm$ 13.4	44.6 $\pm$ 25.9
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	6	16.5 $\pm$ 0.4	13.0 $\pm$ 5.6	95.8 $\pm$ 6.5	80.8 $\pm$ 20.8
<i>Neogobius melanostomus</i>	10	16.2 $\pm$ 2.9	22.7 $\pm$ 19.1	56.5 $\pm$ 33.7	7.9 $\pm$ 10.8
<i>Tinca tinca</i>	9	18.5 $\pm$ 3.6	55.4 $\pm$ 35.5	1.1 $\pm$ 1.5	0 $\pm$ 0

## REZULTAT APTARIMAS

### ***P. antipodarum* paplitimas Lietuvos vidaus vandens telkiniuose**

Pastaraisiais metais aprašoma vis daugiau nauj *P. antipodarum* radimvie i Lietuvos vandens telkiniuose. Moliuskas pirm kart aptiktas 1954 metais Kurši mariose, netoli laiv uosto (Gasi nas 1959), kur laiv balastiniai vandenys, tik tina, buvo pradin s introdukcijos vektorius. Šiai dienai, iš viso žinoma 40 moliusko radimvie i Kurši mariose, up se ir ežeruose. Toks santykinai greitas *P. antipodarum* plitimas tarp vairi ekosistem , rodo, jog tam tikri dispersijos vektoriai (vandens paukš iai) gal jo veikti šiame procese. Visgi tolimesn plitim tarp vandens telkini gal jo paskatinti ir kiti dispersijos vektoriai. Kai kuriuose ežeruose, *P. antipodarum* pirm kart nustatytas

vietose, kur vykdoma intensyvi vandens rekreacija ar žvej val i nuleidimas. Tai leidžia daryti prielaid , kad invazinis moliuskas šiuos ežerus pateko veikiant antropogeniniams dispersijos vektoriams, tokiems kaip vandens transportas. Neabejotinai vyks tolimesnis nat ralus ir veikiant dispersijos vektoriams *P. antipodarum* plitimas Lietuvos vidaus vandens telkiniuose. Visgi plitimo vektoriai ir j veikimo mastas n ra visiškai aišk s ir lieka atviras klausimas tolimesniems tyrimams.

### **Genetin *P. antipodarum* populiacij vairov**

Rezultatai parod jog pagal mitochondrin s ir mikrosatelitin s DNR žymenis tirtos populiacijos yra monomorfin s. Kadangi r šiai invaziniame areale b dinga obligatin partenogenez , genetin vairov pagrinde did ja d l mutacij . Nepaisant plataus apgyvendint ekosistem spektro ir invazijos amžiaus, pagal tirtus žymenis n ra jokios genetin s vairov s. Gauti rezultatai sutampa su ankstesni tyrim rezultatais, kurie rodo jog žemynin s Europos dalyje randami du haplotipai pagal 16S rRNR žymen (Stadler et al. 2006), iš kuri vienas randamas pagrinde drusk to vandens telkiniuose, tame tarpe ir Baltijos j roje. Kitas gerokai labiau paplit s, haplotipas t, aptinkamas vairiuose vandens telkiniuose. Genetin s vairov s nebuvimas gali b ti priskiriamas k r jo efektui, kai stebimas genetin s vairov s maž jimas did jant geografiniam atstumui nuo donorin s (angl. source) populiacijos, kuris lemia itin maž genetin vairov naujai sitvirtinusiose populiacijose (Kawamura et al. 2006, Hamada et al. 2013). Visgi kiti autoriai tvirtina, kad maža haplotip vairov Europoje, lyginant su gimtuoju arealu yra susijusi su butelio kaklelio efektu kolonizacijos metu (Städler et al. 2005).

Nors obligatin partenogenez yra b dinga *P. antipodarum*, ta iau d l santykinai senos invazijos ir keli generacij produkcijos per metus, mutacij ind lis variacijai mikrosatelituose atsirasti tur t b ti didelis. Visgi nepaisant didel s mikrosatelit diversifikacijos tikimyb s, šio tyrimo metu nustatyta, kad populiacijos yra monomorfin s. Net ir itin variabili Pa217 ir Pa254 lokus mikrosatelitai buvo identiški. Tuo tarpu literat riniai duomenys rodo, kad tirt individ iš skirting Didžiosios Britanijos ir Š. Amerikos populiacij daugybini lokus mikrosatelit vairov yra ženkliai didesn (Weetman et al. 2002, Hershler et al. 2010, Dybdahl ir Drown 2011). Tirt *P. antipodarum* populiacij invazijos amžius ženkliai skiriasi. Lietuvoje r šis

pirm kart aprašyta 1954 (Gasi nas 1959) Kurši mariose ir tik 2010 (Butkus et al. 2012, Butkus et al. 2014) pietry i Lietuvos ežeruose ir up je. Lenkijoje *P. antipodarum* pirm kart aptiktas Trilag ežere apie 1937 metus (Urbanski 1938), o Vygri ežer sistemoje apie 1991 (Lewandowski 1992). Tuo tarpu Š. Amerikoje r šis pirm kart aprašyta 1987 (Bowler 1991), o Didžiojoje Britanijoje 19 amžiuje (Smith 1889). Taigi nors invazijos amžius skiriasi tarp tirt populiacij , tyrim rezultatai leidžia daryti prielaid , jog ne vien laikas gali takoti mikrosatelit vairov . Galimai mikrosatelit vairov s susidarym gali takoti ir skirtingi mutacij dažniai ar ekosistem savyb s. Be to, neatmestina ir hipotez , jog vienas populiacijas buvo introdukuoti vienos klonin s linijos individai, o kitas keli klonini linij individai.

### **Gyvenimo ciklo ir populiaciniai rodikliai mezotrofiniuose ežeruose**

Nustatytas stipriai agreguotas *P. antipodarum* erdvinis pasiskirstymas visuose tirtuose ežeruose. Agregacijos stiprumas varijavo ne tik tarp ežer , bet ir tarp atskir sezon . Didžiausia agregacija nustatyta Dusios ežere rugpj io ir lapkri io m nesiais ir tai sietina su didesne individ koncentracija ant kiet pavirši , akmen . Didesn *P. antipodarum* agregacija ant kiet substrat steb ta ir kituose tyrimuose (Dorgelo 1987, Son 2008). Tai savo ruožtu leidžia daryti prielaid apie didesn maisto daleli (perifitono) koncentracij ar kokyb ant kiet pavirši , nei ant sm lio (Cattaneo *et al.* 1997).

Tyrimo rezultatai parod , kad *P. antipodarum* gausumas reikšmingai skyr si tiek tarp ežer , tiek ir tarp tirt sezon . Bendrai individ gausumas svyravo nuo 0 iki 11850 ind. m<sup>-2</sup>. Gimtajame areale, Naujojoje Zelandijoje *P. antipodarum* gausumas retai yra didesnis nei 1000 ind. m<sup>-2</sup> (Holomuzki and Biggs 1999). Aprašyti tik pavieniai atvejai, kai gausumas siek 180000 ind. m<sup>-2</sup> (Mjchaelis 1977). Visgi *P. antipodarum* populiacijos invaziniame areale gali b ti itin gausios ir dažnu atveju populiacijos dydis priklauso nuo ekosistemos savybi . Ežer ekosistemose gausumas paprastai gali siekti nuo keli t kstan i individ iki keleto dešim i t kstan i individ kvadratiname metre (Dorgelo 1987, Schreiber et al. 1998), o up se net iki keli šimt t kstan i individ kvadratiname metre (Kerans et al. 2005, Bennet et al. 2014). Išskirtiniais atvejais individ gausumas gali siekti 200 000, 500 000 ar net 800 000 ind. m<sup>-2</sup> o

biomas daugiau nei 30 000 mg sauso bepelensio svorio  $m^{-2}$  (Dorgelo 1987, Hall *et al.* 2003, Kerans *et al.* 2005, Hall *et al.* 2006). Tokius dr. stiškus gausumo skirtumus tarp skirtingų ekosistemų pagrinde lemia buveinių savybės, tokios kaip trofinės lygos, druskingumas, temperatūrinė dinamika. Pastarosios, turdamos ženklų poveikį individualiam augimui ir reprodukciniams rodikliams, savo ruožtu apsprendžia *P. antipodarum* gausumo dinamiką (Heywoods and Edwards 1962, Jacobsen and Forbes 1997, Moffitt and James 2012, Tibbets *et al.* 2010, Neiman *et al.* 2013, Dorgelo *et al.* 2014, Krist *et al.* 2014). Dideliam individualiam gausumui, o kartu ir biomasei populiacijoje palaikyti reikalingas didelis pirminės produkcijos kiekis, stabilios hidrologinės lygos ir šiluminė aukšta vandens temperatūra (Kerans *et al.* 2005, Hall *et al.* 2006). Analizuojant metinę gausumo dinamiką Vilkokšnio ežere, nustatytas ženklus gausumo sumažėjimas šaltuoju metų periodu. Tai sietina su sumažėjusia vandens temperatūra, maisto kiekiu ir kokybe (Liboriussen and Jeppesen 2009), dėl kurių gali išaugti mirtingumas ar prasidėti intensyvi sezoninė migracija. Dideli gausumo svyravimai metų eigoje taipogi nustatyti Australijoje (Ponder 1988, Schreiber *et al.* 1998), Europoje (Siegismund and Hylleberg 1987, Dorgelo 1987, van den Berg 1997, Savage 1996) ir Š. Amerikos (Kerans *et al.* 2005) vandens telkiniuose. Be aplinkos sąlygų, invaziniai rėšiai populiacijų dydį gali ženkliai takoti invazijos amžius (Krebs 2009). Yra trys pagrindinės invaziniai rėšiai populiacijų gausumo fazės – vlavimo (angl. lag), greito augimo ir piko, kai pastarojoje stebimas didžiausias gausumas. Kadangi *P. antipodarum* Lietuvos ežeruose aptiktas 2010 (Butkus *et al.* 2012), moliusko populiacijos, tik tina yra greito augimo fazėje. Be to, yra didelė tikimybė, kad individai skirtingus ežerus pateko skirtingu laiku ir dėl to populiaciniai rodikliai skyrėsi tarp ežerų.

Tyrimo metu nustatyti reikšmingi gėginės struktūros skirtumai tarp tirtų ežerų. Be to, kaip ir daugeliui kitų vandens organizmų gyvenančių vidutinio klimato zonoje, nustatyti reikšmingi gėginės struktūros pokyčiai augimo sezono eigoje. Populiacijos gėginė struktūra daugeliu atvejų atspindi populiacijos gyvybingumą ir aplinkos tinkamumą tiriamai rėšiai. Dominuojantis jaunų individų skaičius populiacijoje turi didelį populiacinio augimo potencialą, jei tik mirtingumas greitai nepadidės. Didelė senų individų dalis populiacijoje gali rodyti mažą populiacijos reprodukcinį potencialą ar didelį jaunikių mirtingumą dėl pasikeitusi aplinkos sąlygų, kuris veda prie populiacijos

nykimo. Šio tyrimo rezultatai rodo gin s strukt ros skirtumus tarp tirt mezotrofini ežer , kurie tik ta atsirado d l galim ežer savybi skirtum arba jau anks iau min to invazijos amžiaus skirtum .

Šio tyrimo metu nustatyta, kad patel s su embrionais randamos ištikus metus. Visgi didžiausias pateli su embrionais procentas nustatytas augimo sezono pradžioje. Analogiški rezultatai, kai patel s su embrionais randamos ištikus metus, ta iau pagrindin reprodukcija vyksta augimo sezono pradžioje, gauti ir kituose tyrimuose (Richards *et al.* 2002). Šiuo periodu, vandens temperat ra, kuris yra kritinis veiksnys apsprendžiantis embrioninio vystymosi trukm (Gust *et al.* 2011, Macken *et al.* 2012), o kartu ir inicijuojantis reprodukcij . Be vandens temperat ros, fotoperiodas, kuris dažnai apsprendžia daugelio gyv n reprodukcinius ciklus vidutinio klimato juostoje (Bohlken and Joosse 1981, Gomot 1990, Dillon 2004), taip pati gali atlikti tam tikr vaidmen *P. antipodarum* reprodukcijoje. Kiti faktoriai, tokie kaip patel s dydis (Jokela *et al.* 1997, Neiman 2006), maisto kokyb (Tibbets *et al.* 2010, Krist *et al.* 2014), parazitai (Jokela *et al.* 1999), buvein s savyb s (Jokela *et al.* 1999, Negovetic and Jokela 2001) ir vidur šin s s veikos (Neiman 2006, Zachar and Neiman 2013, Neiman *et al.* 2013) gali takoti su reprodukcija susijusius gyvenimo ciklo rodiklius, tokius kaip pirmos reprodukcijos dydis, d ties dydis, embrioninio vystymosi laikas, atvest jaunikli dydis.

Tyrimo metu nustatyti *P. antipodarum* specifinio augimo grei iai, kurie palyginti ne tik tarp augimo s lyg (laboratorija ir ežeras) bet ir tarp skirting temperat r laboratorin mis s lygomis. Rezultatai parod didesnius specifinio augimo grei ius laboratorin mis nei lauko s lygomis. Šiuos skirtumus gal jo lemti tiek gausumo tiek ir maisto kokyb s ar kiekyb s (Tibbets *et al.* 2010, Liess and Lange 2011, Krist *et al.* 2014) skirtumai. Eksperiment atveju *P. antipodarum* gausumas buvo 3 individai  $\sim 95 \text{ cm}^2$  plote, atitinkamai 316 ind.  $\text{m}^{-2}$ . Tuo tarpu lauko s lygomis gausumas vidutiniškai siek 1610 ind.  $\text{m}^{-2}$ . Be to laboratorin mis s lygomis buvo duodamas kokybiškas ir nelimituojamas maistas. Tuo tarpu maisto kokyb ir kiekyb lauko s lygomis varijuoja ne tik met b gyje bet ir erdv je. Be to, lauko s lygomis galimos ir netiesiogin s tarpr šin s s veikos, galin ios takoti individual augim .

Be kit faktori, temperatūra yra vienas svarbiausių veiksnių, takojančių daugelio vandens bestuburi gyvūnų gyvenimo ciklo (reprodukciniai rodikliai, individualaus augimo greitis), o tuo pačiu ir populiacinius rodiklius, tokius kaip gausumo dinamika ar produkcija (Arbačiauskas 1998, Panov ir McQueen 1998, Dillon 2000). Nors *P. antipodarum* yra plastiška rūšis, yra gali išgyventi plačiame vandens temperatūros diapazone (4°C - 32°C) (Quinn *et al.* 1994), vandens temperatūra dažnai tampa limituojančiu veiksniumi individui augimui ir reprodukcijai (Levri *et al.* 2014). Šio tyrimo rezultatai parodė, kad temperatūros poveikis skirtingo dydžio individui augimui yra nevienodas. Didesnis temperatūros poveikis nustatytas jaunam individui, kuris mažiau kartu su didesniu dydžiu. Mažiausiai temperatūra veikia dideli reprodukuojančių individų augimo greitus. Analogiški rezultatai gauti ir kituose tyrimuose (Parashar and Rao 1988, Panov 1988, Panov and McQueen 1998).

*P. antipodarum* produkcijos dinamika metų gyje atitinka daugeliui vandens organizmų, gyvenančių vidutinio klimato zonoje, būdingus produkcijos svyravimus. Didžiausias intensyvumas stebimas augimo periodu, o mažiausias – šaltuoju metų periodu. Visgi, *P. antipodarum* antrinė produkcija Lietuvos ežeruose yra itin maža palyginus su produkcija nustatyta Š. Amerikos upėje, kur ji augimo sezono viduryje siekia 1500 mg sauso bepelenio svorio m<sup>-2</sup> per dieną ir atitinkamai 171000 sauso bepelenio svorio m<sup>-2</sup> per metus (Hall *et al.* 2006). Niekur kitur tokio dydžio produkcijos nenustatyta. Tokius skirtumus pagrindžia gausumo, o tuo pačiu ir biomas skirtumai, kuriuos savo ruožtu nulemia ekosistemų skirtumai. Šiame tyrime analizuoti mezotrofiniai ežerai, kai tuo tarpu Hall *et al.* (2006) tyrime – eutrofinis upelis. Ankstesni tyrimai rodo, jog didesnis *P. antipodarum* gausumas ir biomas yra būdingi upeliams (Dorgelo 1987, Schreiber *et al.* 1998, Kerans *et al.* 2005, Bennet *et al.* 2014). Tai galimai lemia trofinis lygumas skirtingose ekosistemose, kurios takuoja visumą ir augimo greitį, o tuo pačiu ir antrinę produkciją.

### **Funkcinis *P. antipodarum* vaidmuo makrobestuburi bendrijose**

Funkcinio *P. antipodarum* vaidmeniui mezotrofiniuose ežeruose makrobestuburi bendrijose vertinimui atlikta stabiliųjų izotopų analizė. Tyrimo metu buvo nustatytos ir palygintos izotopinės *P. antipodarum*, *R. auricularia* ir *C. warpachovskyi* pozicijos. Be to, litoralūs

pirminis produkcijos daliai *P. antipodarum* mityboje vertinti, atliktas galimas maisto objektų modeliavimas.

Stabilių izotopų analizė parodė, kad *P. antipodarum* yra pirminis vartotojas, kurio mityboje vyrauja pirminis litoralinis produkcija. Pagal literatūros šaltinius, *P. antipodarum* gali maitintis įvairiais mitybos objektais, smulio mikroflora, perifitonu, epifitais, grybais, bakterijomis ar detritu (James et al. 2000, Aberle et al. 2005). Visgi kai kurie tyrimai rodo, jog epifitai dažnai dominuoja r šies mityboje (Jaschinski et al. 2011). Naujojoje Zelandijoje atliktos stabilio izotopų ir skrandžio turinio analizės patvirtino (James et al. 2000). Epifitai augantys ant panirusių makrofitų turi didesnį potencialą sukaupti anglį, nei augalai ant kurių jie auga (Cattaneo and Kalff 1980, Jaschinski et al. 2008, Jaschinski et al. 2011). Nors epifitų biomas santykinai maža, pastarieji kaip maisto objektas yra vertingesni nei makrofitai, nes savyje sukaupia didesnius azoto ir fosforo kiekius (Jaschinski et al. 2011). Visgi, kiti tyrimai rodo, jog pagrindinis *P. antipodarum* mitybos komponentas yra perifitonas (Cada 2004, Moore et al. 2012). Tokius skirtumus galimai lemia buveinė, kurios tirta *P. antipodarum* mityba charakteristikos (vandens telkinio tipas, dominuojantis gruntas, makrofitų gausumas, trofinis lygis ir t.t.).

Stabilių izotopų analizė parodė labai panašius *P. antipodarum*, *R. auricularia* ir *C. warpachovskyi* izotopinę poziciją, nepaisant skirtingo preferendumo maisto objektams. Panašūs rezultatai gauti ir kituose tyrimuose. Jaschinski et al. (2011) parodė, kad epifitai sudaro žymią dalį *P. antipodarum*, *G. pulex* ir *A. aquaticus* mityboje, nors mitybos būdas ir tikrinami objektai skiriasi tarp jų. Izotopinė *P. antipodarum* nišos persidengimas su kitais makrobestuburiais yra itin svarbus vietinėms r šims, tokioms kaip *R. auricularia*. Didelis invazinio moliuskos gausumas, būdingas daugeliui tirtų ežerų ir panašūs maisto objektai dėl galimos eksploatacijos konkurencijos gali neigiamai veikti vietinių r šių augimų ir reprodukcinius rodiklius. Visgi, kad parodyti galimą eksploatacijos konkurenciją tarp *P. antipodarum* ir vietinių makrobestuburių, būtina atlikti papildomus tyrimus.

### ***P. antipodarum* vaidmuo žuvų mityboje**

Invazinė r šių integracija ir poveikis mitybos tinklams kolonizuotose ekosistemose pagrįdė priklauso nuo vietinių plėšrėjų gebėjimo maitintis šiomis svetimkraščių r šimis. Jei invazinė r šis geba išvengti plėšrėjų, ji nebus traukiama pastarųjų mitybos.

Tokios r šys turi didel demografin potencial , jos suvartoja didel pirmin s produkcijos dal , bet jei n ra traukiamos pl šr n racion , energijos perdavimas aukštesnius mitybos lygmenis sumaž ja. Toks poveikis yra labiau išreikštas tose ekosistemose, kur invazin s r šys išstumia vietines, ta iau neatlieka pastar j funkcinio vaidmens (Lasenby et al. 1986, Spencer et al. 1991, Spencer et al. 1999). *P. antipodarum* yra viena iš spar iausiai plintan i invazini r ši pasaulyje, kuri tam tikrose ekosistemose pasiekia itin didel gausum . Taigi šios r šies integracijos ir poveikio bentofagini pl šr n mitybai tyrimai yra svarb s vertinant šio invazinio moliusko galimo poveikio mast ir potencialius poky ius žuv bendrijose.

Ilgame iai *P. antipodarum* populiacij gausumo steb jimai Lietuvos ežeruose rodo jog r šies gausumas ežeruose stabiliai did ja. Kadangi r šis yra gausi ir lengvai prieinama vietin ms bentofag ms žuvims, buvo keliamas klausimas kokios žuvys potencialiai gali maitintis *P. antipodarum* individais ir koki dal šie individai sudaro žuv mityboje. Tam patikrinti atlikta ne tik žuv bendrij , bentofagi žuv mitybos lauko s lygomis analiz , analizuotos makrobestuburi bendrijos, bet ir atlikti laboratoriniai potenciali p šr n nustatymo eksperimentai.

Atliktas tyrimas parod , kad *P. antipodarum* individai yra gaus s visuose tirtuose ežeruose. Didelis gausumas, pirmin s litoralin s produkcijos dominavimas mityboje leidžia daryti prielaid apie galimas ekologines *P. antipodarum* s veikas su vietin mis makrobestuburi r šimis. Tam tikrose populiacijose *P. antipodarum* gausumas gali b ti itin didelis. Tokiose ekosistemose r šis dominuoja vietini makrobestuburi atžvilgiu ir gali reikšmingai takoti ištisos ekosistemos funkcionavim (Hall et al. 2003, Hall et al. 2006). Nors yra parodytas tiek teigiamas, tiek ir neigiamas *P. antipodarum* poveikis skirtingoms makrobestuburi grup ms (Kerans et al. 2005, Cada 2004, Schreiber et al. 2002), abiem atvejais tai veda link ženkli bendrijos poky i . Energetiškai verting vietini makrobestuburi pakeitimas *P. antipodarum* individais, kurie yra energetiškai menkavertis maisto objektas (vien kriaukl sudaro >90% viso moliusko svorio) gali ženkliai takoti bentofagi žuv mityb (Vinson et al. 2006, Vinson and Baker 2008). Taigi, greitas *P. antipodarum* plitimas ir populiacij augimas ežeruose gali tur ti itin neigiam poveik visam mitybos tinklui.



Sugaut žuv skrandži turinio analiz parod , kad visos tirtos žuv r šys d *P. antipodarum* individus. Kaip ir buvo tik tasi, dažniausiai šie moliuskai pasitaik *A. brama*, *R. rutilus* ir *T. tinca* racione. Nors laboratoriniai eksperimentai parod , kad *T. tinca* gali efektyviai sudoroti *P. antipodarum*, nat raliuje aplinkoje suvartot moliusk dalis mityboje buvo itin maža. Tai gali rodyti, jog bentofag s žuvys mezotrofiniuose ežeruose atsitiktinai su da aplinkoje gausius *P. antipodarum* individus ir j , kaip potenciali pl šr n vaidmuo yra labai abejotinas. Panaš s rezultatai gauti kituose regionuose invaziniame areale. Nustatyta, kad lauko s lygomis žuv r šys tokios kaip *Cymatogaster aggregata* (Gibbons, 1854), *Pleuronectes vetulus* (Girard, 1854) (Brenneis et al. 2011), *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758), *Cottus bairdi* (Girard, 1850) (Cada, 2004) ir *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792) (Bersine et al. 2008) vartojo *P. antipodarum* tik nežymiais kiekiais. Taipogi *N. melanostomus*, kuris šio tyrimo eksperiment metu suvartojo reikšming *P. antipodarum* kiek , Kurši mariose sugaut individ skrandžiuose rasti tik keli individai (Rakauskas et al. 2014). Nors pastarieji tyrimai rodo, jog žuvys nesimaitina *P. antipodarum* individais, galimas dalykas, jog t lemia invazijos naujumas, t.y. reikia daugiau laiko vietiniams bentosiniams pl šr nams prisitaikyti prie naujo mitybos objekto. Panašus atvejis nustatytas Green up je, Jutos valstijoje, kur *P. antipodarum* individai invazijos pradžioje buvo randami mažiau nei 5% *S. trutta* individ , o per 5 metus išaugo iki 60% (Vinson et al. 2006). Taigi, *P. antipodarum* dalis bentofagi žuv mityboje, tik tina padid s netolimoje ateityje.

Mitybos eksperimentai ir skrandži turinio analiz parod , kad daugelis tirt bentofagi žuv su d tam tikr *P. antipodarum* kiek . Visgi, skrandžiuose rasti moliuskai nebuvo mechaniškai pažeisti, kas rodo kad žuvys negali efektyviai sudoroti *P. antipodarum* individ . Panaš s rezultatai gauti ir kituose tyrimuose, kur didžioji vietini Naujosios Zelandijos žuv r ši su st moliusk dalis buvo nepažeista ir kur b t galima tik tis žuv prisitaikymo maitintis šiais moliuskais (McCarter 1986, Jellyman 1989). Tai paskatino atlikti *P. antipodarum* išgyvenamumo pagrindini bentofagi žuv virškinamaj trakt . Eksperimentai parod , kad *P. antipodarum* gali išgyventi tirt žuv r ši virškinamaj trakt . Be to, rezultatai parod , kad moliuska d s žuvys geba efektyviau apdoroti moliuskus nei visa d s, kurios ryja maisto objektus išsisus.

Laboratoriniai mitybos eksperimentai parodė, kad didžiausi pateiktą *P. antipodarum* dalį suvartojo *T. tinca*, *N. melanostomus* ir *O. limosus*. Kaip ir tikėtasi, dėl išorinio traukimo ir smulkinimo, nė vienas *P. antipodarum* individas neišgyveno *O. limosus* virškinamajame trakte. Iš tirtų žuvų, tik *T. tinca* sutraukė ir suvirškino visus sušalusius *P. antipodarum* individus, kai tuo tarpu dalis moliuskų išgyveno *N. melanostomus* virškinamajame trakte. Taigi, atlikti eksperimentai rodo, kad iš tirtų rūšių tik *T. tinca* ir *O. limosus* gali būti potencialūs sraigų plėšrniai. Iš kitos pusės atliktas *P. antipodarum* išgyvenamumo eksperimentas atskleidė, kad dalis tirtų žuvų rūšių gali paspartinti moliuskų plitimą lokaliu mastu. Rezultatai rodo, jog *S. erythrophthalmus*, *R. rutilus*, *P. fluviatilis*, *P. glenii* ir *N. melanostomus* gali būti efektyvūs *P. antipodarum* lokalią dispersiją vektoriai, nes didžiausia moliuskų dalis išgyveno bent šie plėšrniai virškinamajame trakte. Panašūs rezultatai gauti ir kituose tyrimuose, kur analizuotas išgyvenamumas prajus tam tikrą jūrinių ar migruojančių lašišinių žuvų rūšių virškinamajame trakte (Vinson and Baker 2008, Bruce et al. 2009, Brenneis et al. 2011). Taigi, nors aktyvi *P. antipodarum* dispersija yra labai ribota dėl mažo kūno dydžio (Kappes and Haase 2011), plitimas naudojant žuvis kaip dispersijos vektorius gali būti potenciali prielaida paaiškinanti itin greitą moliuskų plitimą tam tikrose ekosistemose.

## IŠVADOS

- Naujazelandin vijasraig *P. antipodarum* sparčiai plinta Lietuvos g luose vandenyse. Šiuo metu Naujazelandin vijasraig aptinkama 18 vandens telkini , iš jų 16 r šis pirm kart rasta šio tyrimo metu.
- Pagal tirtus mitochondrin s ir mikrosatelitin s DNR žymenis tirtos populiacijos yra monomorfin s. Nustatytas vienas genotipas pagal mikrosatelitin s DNR žymenis ir po vien haplotip pagal citochromo b ir 16S rRNR žymenis.
- Lietuvos ežer populiacijose Naujazelandinei vijasraigei b dingas agreguotas erdvinis pasiskirstymas , didelis gausumas, kuris gali siekti virš  $10^4$  ind.  $m^{-2}$ , bei antrin produkcija, siekianti iki 2.4 g sauso bepelenio svorio  $m^{-2}$  per augimo sezon .
- Lietuvos gamtin mis s lygomis *P. antipodarum* b dingas nenutr kstamas dauginimasis augimo sezonu. Didžiausias d ties dydis buvo 49 embrionai patel je, o didžiausias vislumas mezotrofiniuose ežeruose augimo sezonu siek 19.5 embriono suaugusiai patelei.
- Jaun *P. antipodarum* individ augimo greitis stipriau priklauso nuo vandens temperat ros nei kad suaugusi individ .
- Naujazelandin vijasraig yra pirminis vartotojas, kuris pagrinde vartoja litoral s pirmin produkcij ; esant ribotiems resursams galima konkurencija su vietin mis makrobestuburi r šimis.
- *P. antipodarum* išgyvenamumas žuv virškinamajame trakte priklauso nuo žuv mitybos b do ir j rykl dan i strukt ros. Mažiausias išgyvenamumas nustatytas pra jus lyno (*Tinca tinca*) virškinimo trakt . Efektyviai vijasraiges gali vartoti ir rainuotasis v žys (*Orconectes limosus*). Šios dvi r šys potencialiai gali veikti *P. antipodarum* gausum mezotrofini ežer ekosistemose.
- Esant dideliame Naujazelandin s vijasraig s gausumui, bent jau invazijos pradžioje, dominuojan ios bentofag s žuvys mezotrofiniuose ežeruose vengia maitintis šiais moliuskais, tod l jos negali reguliuoti šio moliusko gausumo.

#### **PUBLIKACIJOS DISERTACIJOS DUOMENŲ PAGRINDAI:**

**Butkus R., Šidagytė E., Arbačiauskas K.** (2012) Two morphotypes of the New Zealand mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1843) (Mollusca: Hydrobiidae) invade Lithuanian lakes. *Aquatic invasions* 7 (2): 211-218

**Butkus R., Šidagytė E., Rakauskas V., Arbačiauskas K.** (2014) Distribution and current status of non-indigenous mollusc species in Lithuanian inland waters. *Aquatic invasions* 9(1): 95-103

Rakauskas V., **Butkus R., Merkytė E.** (2016) Consumption of the invasive New Zealand mud snail (*Potamopyrgus antipodarum*) by benthivorous predators in temperate lakes: a case study from Lithuania. *Hydrobiologia* 775: 213-230.

#### **PRANEŠIMAI KONFERENCIJOSE**

**Butkus R.** (2012) First results of *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1843) in Lithuanian lakes. 6<sup>th</sup> International conference „*Aquatic environmental research*“. Palanga, Lithuania.

**Butkus R.** (2013) Baltijos baseino gylėj vandens invaziniai moliuskai: kurie ateiviai, o kurie sugrįžliai? Bioateitis: gamtos ir gyvybės mokslų perspektyvos. Vilnius, Lietuva

**Butkus R.** (2014) Past, present and future: the case of highly invasive snail *Potamopyrgus antipodarum*. International conference „*Vital nature sign 2014*“. Kaunas, Lietuva

**Butkus R., Arbačiauskas K.** (2014) Modelling the somatic growth of invasive snail *Potamopyrgus antipodarum* in a mesotrophic lake. International conference „*World conference on natural resource modeling 2014*“. Vilnius, Lietuva.

## **GYVENIMO APRAŠYMAS**

**Vardas ir Pavard :** Rokas Butkus

**Data ir gimimo vieta:** 1985 met gruodžio 30 d., Klaip da

**Kontaktai:** Nam adresas: žuol 19-oji 13, Kalikštišk s, Maišiagalos sen., Vilniaus raj.; mob. tel. nr. +37062807427; Elektroninio pašto adresas: butkus.rokas@gmail.com

**Išsilavinimas:** 2005 metais baigiau „Baltijos“ vidurin mokykl Palangoje ir stojau Vilniaus universiteto gamtos moksl fakulteto biologijos bakalauro studij program . 2009 metai baigiau bakalauro studijas ir stojau Vilniaus universiteto gamtos moksl fakulteto zoologijos studij program . Pabaigus šias studijas, 2012 metais buvau priimtas biomedicinos krypties, pagal aplinkos ir aplinkotyros studij program , doktorant r .

**Darbo patirtis:** nuo 2011 biologas Gamtos tyrim centro, ekologijos instituto, hidrobiont evoliucin s ekologijos laboratorijoje.

**Užsienio kalbos:** angl ir rus .

## SUMMARY

Biological invasion is a rapid spread and successful establishment of certain species in ecosystems outside the native range resulting in biodiversity decline, ecological and economical losses or threat to human welfare. Human activities are though to be the main variable in species ability to overcome natural barriers and establish outside the native range. Though only minor portion of introduced species becomes invasive, they reach enormously high densities and has both direct and indirect impacts to native community members.

The New Zealand mudsnail *Potamopyrgus antipodarum* (J. E. Gray, 1853) is one of the most widespread invasive species in the world. The snail is described as typical invader, characterised by the properties of invasive species. First, it become well established in many various fresh- and brackish-water ecosystems in North and South America, Australia, Asia and Europe. Second, obligate parthenogenetic reproduction mode is typical for *P. antipodarum* in an invasive range, where adult females produce numerous clonal daughters. Third, besides the absence of parasites, *operculum*, small hard shell and low nutritional value also enabled the species to escape native predators. Such biological properties allowed the snail to colonise various ecosystems in five continents and reach enormously high densities (200.000, 500.000 or even 800.000 ind. m<sup>-2</sup> has been recorded) in an invasive range causing drastic changes in both, community and ecosystem, levels (Hall *et al.* 2003, Riley *et al.* 2008, Arango *et al.* 2009, Moore *et al.* 2012, Kerans *et al.* 2005). Despite the increasing number of studies associated with New Zealand mudsnail in worldwide scale, there is limited data on species distribution and genetic variability in Lithuanian inland waters. Besides there is a lack of data on basic population and life-history traits, functional role in recently invaded mesotrophic lake ecosystems. These topics were analysed in recent study.

Recent distribution of *P. antipodarum* in Lithuanian inland waters was evaluated using data from literature and this study. Results indicated wide distribution of the snail in Lithuanian inland waters. During the study period (2010 – 2016), 57 various ecosystems were checked for the presence of New Zealand mudsnail. The species was recorded in 16 recently colonised ecosystems. Totally, New Zealand mudsnail is recorded in 18 various

Lithuanian ecosystems. Recent distribution pattern and absence of the snail in the largest rivers, implies dispersion vectors which operate in species dispersion between inland waters of Lithuania.

During this study, genetic variability of eight Lithuanian and one Polish *P. antipodarum* populations was estimated using two mitochondrial cytochrome b and 16S rRNA markers and microsatellite DNA markers. Results indicated, that according to studied molecular markers, all studied populations were monomorphic.

Basic population characteristics and life-history traits of *P. antipodarum* were analysed in recently colonised Lithuanian mesotrophic lakes. Results indicated, that according to Morisita's index of dispersion, strongly aggregated spatial distribution pattern is typical for *P. antipodarum* individuals, possibly indicating uneven preferable food particle spatial distribution. As for most of macroinvertebrates, density of *P. antipodarum* varied throughout the year, with the lowest density during cold period and relatively high for Lithuanian ecosystems during the growth season. High specific growth rates, early maturation, high fecundity are the main traits, which enabled the *P. antipodarum* to reach high demographic potential during growth season. Growth rates as high as 0.048 mm d<sup>-1</sup> are typical for young (up to 1.5 mm) individuals during growth season (~20°C), which leads to fast maturation (size at maturity 3.4 mm) and together reproduction. Though clutch size significantly depends on female size, fecundity is high (about 19.5 embryos per adult female) and continuous throughout the growth season. Such intensive reproduction leads to high population growth rates. In addition, due to the lack of predators and parasites in an invasive range, the populations of *P. antipodarum* possibly are not limited by interspecific interactions. These characteristics enable *P. antipodarum* to reach densities of 11 850 ind. m<sup>-2</sup> and biomass higher than 2327.19 mg AFDM m<sup>-2</sup> in some Lithuanian lakes. The data of biomass, fecundity and specific growth rates allowed to estimate the secondary production of *P. antipodarum*. Results indicated, that secondary production was nearly 5 mg ash-free dry mass (AFDM) m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> in the middle of growth season. Annual production was 545 mg (AFDM) m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup> in Lake Vilkokšnis. The secondary production of New Zealand mudsnail during the growth season differed from 1.2 to 26 times between the studied mesotrophic lakes. Studied population characteristics and life-history traits varied between the studied mesotrophic

lakes. Such differences can possibly be accounted to the differences of particular lake properties or more probably to different age of invasion.

The functional role of *P. antipodarum* in lake macroinvertebrate communities was assessed using stable isotope analysis (SIA). As respected, results indicated, that New Zealand mudsnail *P. antipodarum* is a primary consumer which relies mainly on littoral primary production. As the snail occupied similar to other studied primary consumers isotopic position, it implies that *P. antipodarum* may compete for resources with other primary consumers with similar diet preferences.

The role of *P. antipodarum* in the diet of benthivorous fish was estimated using laboratory and field data. Laboratory experiments indicated that all studied potential predators consumed New Zealand mudsnail individuals, though the number of consumed snails varied between predator species. It was estimated, that more than 90% of studied round gobies (*Neogobius melanostomus*) consumed *P. antipodarum*, though the highest number of presented snails was consumed by tench (*Tinca tinca*) and spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*). The survivorship experiments indicated, that individuals of *P. antipodarum* can survive the gastrointestinal tract of various benthivorous fish species. Though the survivorship depended upon fish feeding mode and the structure of pharyngeal teeth. The lowest survivorship was observed in tentch. Meanwhile, more than 80% of consumed snails survived the gastrointestinal tract of rudd (*Scardinius erythrophthalmus*). As the considerable amount of snails were crushed by the spinycheek crayfish and tentch, these species can be considered the most probable potential predators to *P. antipodarum*. The role of *P. antipodarum* in diet of most common benthivorous fish species in mesotrophic lake ecosystems was evaluated by analysing macroinvertebrate communities and gut content of these fishes. Results indicated, that *P. antipodarum* constituted The results of gut content analysis indicated, that New Zealand mudsnail was present only in 7% of all studied guts. Besides, the average number of the snails was low, on average never exceeded 10 individuals per fish and constituted up to 7% of whole gut content. Moreover, the negative selectivity to *P. antipodarum* individuals was estimated for all studied benthivorous fish species. Interestingly, that more than 80% of all snails found in the guts of fishes, were undamaged.