

**TARTU ÜLIKOOL
EESTI MEREINSTITUUT JA
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
LOODUSRESSURSSIDE ÕPPETOOL**

Birgit Jullinen

**PÄRNU LAHE PÕHJALOOMASTIK JA SELLE
MUUTUSED VIIMASEL POOLSAJANDIL**

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Juhendaja: PhD Ilmar Kotta

TARTU 2017

Infoleht

Pärnu lahe põhjaloomastik ja selle muutused viimasel poolsajandil

Töös antakse ülevaade poole sajandi jooksul Pärnu lahe põhjaloomastiku liigilises koosseisus, arvukuses ja biomassis toimunud muutustest. Olulisel kohal on tulnukliikide iseloomustamine ning nende võimaliku mõju hindamine kohalikule põhjafaunale. Võrreldes aastatega 1959/60 on Pärnu lahe põhjaloomastiku mitmekesisus aastaks 2014 suurenenud 56 taksonini. Poolsajandi jooksul on oluliselt muutunud põhjaloomade arvukus ning eri rühmade suhteline arvukus. Biomassi poolest on alati domineerinud balti lamekarp. Võõrliikidest on suurimat mõju kohalikule põhjaloomastikule avaldanud virgiinia korgitsuss ja vööt-kirpvähk.

Märksõnad: põhjaloomastik (zoobentos); Pärnu laht; liigiline koosseis; arvukus; biomass; pikaajaline muutlikkus

B260 Hüdrobioloogia, mere-bioloogia, veeökoloogia, limnoloogia

Zoobenthos in Pärnu Bay and its changes over the last half-century

The study gives an overview of changes in the species composition, abundance, and biomass of zoobenthos in Pärnu Bay over the last half-century. The study also focuses on the characterization of alien species and also their potential impact on local fauna. The biodiversity of zoobenthos in Pärnu Bay has increased to 56 taxa by the year 2014 as compared to 1959/60. The abundance of zoobenthos and the relative abundance of different groups have changed significantly over the past half-century. *Macoma balthica* has always had the highest biomass. Alien species *Marenzelleria neglecta* and *Gammarus tigrinus* have had the greatest impact on local zoobenthos.

Keywords: zoobenthos; Pärnu Bay; species composition; abundance; biomass; long-term changes

B260 Hydrobiology, marine biology, aquatic ecology, limnology

Sisukord

Infoleht	2
Sissejuhatus	4
1. Ülevaade Pärnu lahe põhjaloomastikust	7
1.1 Põhjaloomastiku liigiline koosseis	7
1.2 Põhjaloomastiku asustustihedus ja biomass.....	13
1.3 Võõrliigid ja nende mõju Pärnu lahe põhjaloomastikule	16
2. Pärnu lahe põhjaloomastik aastatel 1959/60 ja 2014.....	20
2.1 Materjal ja meetodika.....	20
2.1.1 Uurimisala üldiseloomustus.....	20
2.1.2 Proovide kogumine ja töötlemine	22
2.1.3 Andmetöötlus.....	23
2.2 Tulemused.....	24
2.2.1 Liigiline koosseis	24
2.2.2 Arvukus ja biomass	26
3. Arutelu.....	31
Kokkuvõte	34
Summary	36
Tänuavaldus.....	37
Kirjanduse loetelu.....	38

Sissejuhatus

Mere põhjaloomastiku ehk zoobentose moodustavad kõik loomad, kelle elupaigaks on merepõhi. Oma mõõtudel on merepõhja setetes ja selle peal olev loomastik väga erinev. Väiksemad kuni 3-4 mm loomad liigitatakse meiofauna hulka, suuremad loomad makrozoobentose hulka. Käesolevas töös käsitletakse peamiselt makrozoobentost.

Põhjaloomastiku osatähtsus on suur terves rannikumere ökosüsteemis. Nad on olulised toitainete akumulierijad, samuti on nad toiduks paljudele kaladele. Põhjaloomastikku kasutatakse tihti veekeskonna seisundi hindamiseks, kuna nad on sessiilsed, üsna pikaelised ja lihtsasti kogutavad ning määratavad. Seega põhjaloomastiku koosluste muutuste järgi on hea iseloomustada keskkonnaseisundi pikaajalisi muutusi. (Leppäkoski, 1975; HELCOM, 1993)

Erinevad tegurid nagu kliimamuutus, saastatus, võõrliikide sissetung, aga ka aktiivne laevaliiklus on suuresti muutnud mereökosüsteemide bioloogilise organiseerituse tasemeid. Kestvaks arenguks tuleb arvesse võtta tegureid, millel on suur mõju ökosüsteemidele. Erinevad protsessid mõjutavad ökosüsteeme erinevates aja- ja ruumiskaalades ning süsteemi elementide vaheliste seoste tugevus määrab elustiku leviku ning toimimise ruumi- ja ajamuutrid (Kotta, 2013; Kotta & Ojaveer, 2011). Teadmised koosluste fluaktuatsioonidest, mis võivad olla nii looduslikud kui ka inimtegevusest tingitud, on tähtsad ökosüsteemi muutuste aluste määramisel (Beukema et al., 1996). Kaheks peamiseks teguriks, mis mõjutavad rannikumere ökosüsteeme on kliimamuutused ja eutrofeerumine. Eutrofeerumine on alates 1970ndaist üheks tõsisemaks teguriks Läänemeres (Bonsdorff et al., 1997; HELCOM, 2009).

Süsteemi ökoloogiline tasakaal muutub vähe, kui üksik loomaliik kaob kooslusest, kuid kui kaob terve organismide rühm, kellel on kindel funktsioon, näiteks herbivoorid, siis võib mõjujõud olla ääretult tugev. Läänemere kooslused on võrdlemisi liigivaesed, kuna tegemist on suhteliselt noore ökosüsteemiga ja mere soolsus on madal, seetõttu on mõni funktsioon esindatud vaid ühe-kahe liigiga. Seepärast on Läänemere kooslused tundlikumad keskkonnamõjudele ja lihtsamini tasakaalust välja viidavad kui normaalse soolsusega merede põhjakooslused. Põhjakoosluste häving võib mõjutada ka mitmeid teisi ökosüsteemi osi, sealhulgas tööstuslikult oluliste kalaliikide elutingimusi. (Järvekülg,

1979; Kotta et al., 2003; Kotta & Ojaveer, 2011; Zettler et al., 2014; Forsström et al., 2015)

Pärnu lahe põhjaloomastiku uuringute alguseks võib lugeda professor Arvi Järvekülje töid aastatel 1959-1961 (Järvekülg, 1960, 1961, 1962). Kokkuvõtvalt on nende tööde tulemused esitatud venekeelses monograafias kogu Läänemere põhja- ja keskosa, sealhulgas ka Eesti rannikumereala põhjaelustiku kohta (Järvekülg, 1979). Enne seda on kogutud proove Pärnu lahest üksikutes jaamades kogu Liivi lahte hõlmavate uuringute käigus (Shurin, 1953; 1956; 1957; ref Järvekülg, 1979). Järgneval paarikümnel aastal Pärnu lahe põhjaloomastikku praktiliselt ei uuritud. Sellest järgmine mõnevõrra laialdasem Pärnu lahe põhjaloomastiku uuring toimus 1990ndatel (Kotta & Kotta, 1995). Hilisemad põhjaloomastiku uuringud käsitlevad jõgede mõju ja eutrofeerumist (Kotta & Kotta, 1995; Kotta et al., 2003; 2009b; Kotta 2013), aga samuti põhjaloomastiku koosluste levikut madalas rannapiirkonnas seoses keskkonnaga – hoovuste kiirus, soolsus, sette iseloom, jää mõju, eutrofeerumine, makrovetikad (Kautsky et al., 1999; Kotta et al, 2008; Herkül & Kotta, 2009). Süstemaatiliselt, alates 1990ndate keskelt, on uuritud Pärnu lahe põhjaloomastikku peamiselt Eesti riikliku keskkonnaseire käigus. Proove koguti üks kord aastas kahest-kolmest jaamast. Vastavad tulemused on toodud keskkonnaseire aruannetes (Martin, 2015). Viimasel aastakümnel avaldatud suur hulk artikleid seoses Eesti merealadesse tunginud uute võõrliikidega. Artiklites käsitletakse nende arvukust, levikut ja seost keskkonnaga (Kotta et al., 2006; Herkül & Kotta 2007; Herkül et al., 2009). Tähtsal kohal on tööd, eelkõige eksperimentaalsed, võõrliikide ja kohalike põhjaloomade suhetest ja nende vastastikusest mõjust (Lauringson et al., 2013; Orav-Kotta et al., 2009; Kotta et al., 2010).

Erinevate aegadel ja eri jaamades kogutud materjali põhjal saadud põhjaloomade uurimistulemused võivad viia vastandlikele tulemustele. Näiteks saab tuua artiklid, aga ka põhjaloomastiku seire aruanded, kus rõhutatakse, et võõt-kirpvähk (*Gammarus tigrinus*) on kõige edukam võõrliik ja juba ka põhjaloomastiku arvukuse juhtliik Pärnu lahes (Kotta et al., 2013; Martin, 2015). Kui aga lugeda võõrliikide seiret käsitlevat osa, siis selgub, et see liik viimastel aastatel üldse puudub Pärnu lahes (Martin, 2015). Siinkohal on tegemist asjaoluga, et Pärnu lahe all käsitletakse erinevaid merealaid. Esimese puhul madalaveelist rannikulähedast taimestiku võõndit, teisel juhul kindlaks määratud kahte-kolme jaama mõnevõrra sügavamal alal. Seires aset leidev aastate vaheline põhjaloomastiku võrdlus toimub kolme jaama põhjal, millele lisanduvad taimestiku uurimise transektid, mis asuvad

madalal merealal. Sellist võrdlust on raske jälgida, sest tuleb aru saada millise ala ja millise aja kohta tehakse järeldusi ning miks mitmed neist järeldustest on omavahel vastuolus.

Nendest küsimustest ongi ajendatud käesoleva uurimustöö eesmärgid:

1. Kirjeldada ilmunud kirjanduse ja Eesti Mereinstituudi taim-loom andmebaasi abil Pärnu lahe põhjaloomastiku (makrozoobentose) liigilist koosseisu ja tema muutusi poole sajandi jooksul
2. Hinnata põhjaloomastiku kvantitatiivset koosseisu, selle muutusi nii kirjanduse kui ka materjali põhjal, mis on kogutud samadest jaamadest ja ühesuguse meetodikaga ca 55 aastat tagasi ja tänapäeval
3. Anda ilmunud kirjanduse ja Eesti Mereinstituudi taim-loom andmebaasi põhjal ülevaade põhjaloomastiku võõrliikide liigilisest koosseisust Pärnu lahes ning võõrliikide mõjust kohalikele põhjaloomastiku liikidele.

1. Ülevaade Pärnu lahe põhjaloomastikust

1.1 Põhjaloomastiku liigiline koosseis

Esimene põhjalik ülevaade Pärnu lahe põhjaloomastikust baseerub materjalidel, mis on kogutud aastatel 1959-1960. Uuriti mereala, mis hõlmab Pärnu lahe põhjaosa ja Kihnu saarest itta ja lõunasse jäävaid piirkondi. 55 aastat tagasi kogutud materjali põhjal oli sellel uurimiselal põhjaloomastik suhteliselt liigirikas, koosnedes 49 liigist ja vormist (Järvekül, 1960). Kõige liigirohkemaks rühmaks olid vähilaadsed (*Crustacea*), kokku 29 liigi ja vormiga (Järvekül, 1960). Vähilaadsete hulgas olid taksonite arvult esikohal karpvähilised (*Ostracoda*) kümne taksoniga, järgnesid kirpvähilised (*Amphipoda*) kuue taksoniga, kakandilised (*Isopoda*) viie ja kümnejalalised (*Decapoda*), vääneljalalised (*Cirripedia*) ning lõpushännalised (*Branchiura*) igauks ühe taksoniga (Järvekül, 1960). Limuseid (*Mollusca*) leiti kümme liiki, võrdselt viis liiki karpe (*Bivalvia*) ja viis tiguseid (*Gastropoda*). Mere-, riimvee ja mageveevormid moodustasid põhjaloomastikus vastavalt 36,7, 34,7 ja 24,5% (Järvekül, 1960). Hiljem koostatud monograafias on A. Järvekül (1979) toonud Pärnu lahe põhjaloomastiku kohta 124 taksonit. Selline suur taksonite arv võrreldes hilisemate uuringutega on tingitud asjaolust, et liigi või perekonnani määrati mitmed loomarühmad - näiteks väheharjasussid (*Oligochaeta*), karpvähilised (*Ostracoda*), aerjalgsed (*Copepoda*) ja putukate (*Insecta*) vastsed, milliseid hilisemates uuringutes ei ole määratud liigini, vaid igauht on käsitletud ühe taksonina. A. Järvekülje uuringu põhjal oli väheharjasusse viis liiki ja kolm täpsustamata vormi - *Paranais littoralis*, mere-mudatupp (*Tubifex costatus*), *Ilyodrilus hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Psammoryctes barbatus* (Järvekül, 1961; 1967; 1979). Liikidelt arvukaim – 19 (20?) liiki ja vormi olid karpvähilised. Liigini määrati 11 taksonit. Mageveelisi karpvähki esindasid *Candona protzi*, *Ilyocypris biplicata* ja *Limnocythere inopinata*. Riimveelisi karpvähke esindasid *Cypridopsis aculeata*, *Heterocypris salina*, *Cyprideis littoralis*, *Leptocythere sp.*, *Cytherura gibba* ja *Cytheromorpha fuscata*. Merelisteks karpvähkideks olid *Hirchmannia* (=Cythere) *viridis* ja *Xestoleberis aurantia* (Järvekül, 1961). Suresääsklaste vastseid (*Chironomidae larvae*) esines Pärnu lahes viis liiki ja vormi: *Cryptochironomus gr. defectus*, *Limnochironomus gr. nervosus*, *Polypedilum breviantennatum*, *Pseudochironomus gr. prasinatus* ja *Cricotopus ? versidentatus* (Järvekül, 1961).

Kuna hilisemas kirjanduses antakse ülevaade ainult makrozoobentosest (loomad, kes on suuremad kui 3-4 mm), siis tuleks A. Järvekülje liikide nimistust välja arvata ümarussid

(*Nematoda*) ja karpvähid (*Ostracoda*). Seega jääks Pärnu lahe põhjaloomade nimekirja 45 makrozoobentose rühma ja liiki (tabel 1).

Järgmine Pärnu lahe põhjaloomastiku uuring toimus ligikaudu 30 aastat hiljem - aastal 1991, seoses eeskätt Pärnu linna heitvete bioloogilise puhastuse töösse rakendamisega (Kotta & Kotta, 1995). Keskenduti merealale, mis jääb Pärnu lahe põhjaossa. Koguti proovid samadest jaamadest, kus omal ajal oli materjali kogunud Pärnu lahe põhjaosast A. Järvekülje. Leitud liikide arv põhjaloomastikus oli 1991. aastal suhteliselt suur – 14 taksonit, kolm usside, neli vähilaadsete ja kuus limuste liiki ning üks putuka vastsete rühm. Erinevalt A. Järvekülje uuringutest ei lülitatud põhjaloomastiku koosseisu karpvähilised, kuna see loomarühm kuulub isendite väikeste mõõtude tõttu (>3 mm) pigem meiofauna koosseisu, mitte aga makrozoobentose koosseisu. Liigini ei määratud ka väheharjasusside ja putukate vastsete isendeid (need määrati süstemaatilise rühmani). Eeltoodu on põhjuseks, miks liikide arvult on A. Järvekülje uuringud kordades suuremad kui tänapäeval läbiviidud uuringutes olev põhjaloomastiku liikide arv. Võrreldes A. Järvekülje (1960) andmetega Pärnu lahe põhjaosast ei leitud 1991. aasta uuringutes makrozoobentose koosseisus kalakaani (*Piscicola geometra*), balti lehtsarve (*Idotea balthica*), valgelaukakandit (*Jaera albifrons*), roosteselg-kirpvähki (*Leptocheirus pilosus*), põlvikvähki (*Bathyporeia pilosa*), harilikku mudatigu (*Lymnaea stagnalis*), munajast punntigu (*Lymnaea peregra*) ja söödavat rannakarpi (*Mytilus trossulus*). Liigilise koosseisu vaesustumist võrreldes 30 aastat tagasi olnud oludega põhjendati Pärnu lahe suurenenud reostuskoormusega (Kotta & Kotta, 1995). Kaheks tavalisemaks liigiks olid balti lamekarp (*Macoma balthica*) ja harilik kootvähk (*Corophium volutator*), suhteliselt paljudes jaamades esinesid ka tavaline harjasliimukas (*Hediste diversicolor*), merikilk (*Saduria entomon*) ja söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*) (Kotta & Kotta, 1995).

Riikliku seire raames, mis toimub alates 1996. aastast, hinnatakse sügavamaid (>4 m) merealaid, kus on kuni 6 põhjaloomastiku liiki, liigivaeseteks. Liigirikkad on alad, kus liike on enam kui 9. Riiklik seire toimub Pärnu lahes kolmes jaamas, mis asuvad lahe põhjaosas (jaamade sügavus 5-7 m). 2014. aastal kogutud materjalide põhjal hinnati Pärnu lahe põhjaloomastik suhteliselt liigirikaks – kokku 11 liiki ja rühma. Kõigis neis jaamades esinesid balti lamekarp ja võõrliik virgiinia korgitsuss (*Marenzelleria neglecta*) ning väga sage oli ka tavaline harjasliimukas. Teiste liikide esinemissagedus oli oluliselt madalam (Martin, 2015). Tunduvalt rohkem - 34 põhjaloomastiku taksonit - loendati 2014. aastal Pärnu lahest põhjataimestiku transektidelt kogutud proovides. Taksonite arv ühes proovis

jäi vahemikku 2 kuni 18, keskmine oli 8,6. Kõige sagedamini esinevateks liikideks olid surusääsklaste vastsed (*Chironomidae larvae*), kirpvähkide noorjärgud (*Gammarus* juv.) ja vööt-kirpvähk (*Gammarus tigrinus*). (Martin, 2015)

Pärnu lahe põhjaloomastiku koosseisu pikaajast muutlikkust (1996-2014) hinnati ühes seirejaamas (K5) Pärnu jõe suudme läheduses igal aastal mai lõpus või juuni algul kogutud proovide alusel (Martin, 2015). Suure munitsipaalreostuse ja Pärnu jõe kaudu merre jõudva hajureostuse tagajärjel esines 1993. aastal selles Pärnu lahe põhjaosa jaamas vaid neli põhjaloomastiku taksonit, kellest balti lamekarp oli ainsana domineeriv liik. Hiljem on piirkonna liigirikkus olnud reeglina suurem. Kõikidel uuritud aastatel kokku esines Pärnu lahe seirejaamas K5 18 põhjaloomastiku taksonit. Uuringute algusest alates levisid uurimispiirkonnas praktiliselt igal aastal järgmised põhjaloomastiku liigid – ussidest tavaline harjasliimukas, virgiinia korgitsuss ja väheharjasussid; vähkidest harilik kootvähk; karpidest balti lamekarp. Suhteliselt sageli esines liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*), rändkarp (*Dreissena polymorpha*), söödav südakarp, lamekeermene vesitigu (*Peringia ulvae*) ja tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*). Ainult mõnel aastal esinesid põhjaloomastiku koosseisus keraskärssussid (*Cyanophthalma obscura*), harilik silinderkärslane (*Halicryptus spinulosus*), hulklarjasussid (*Pygospio elegans*, *Laonome* sp.), kirpvähid (*Gammarus* sp.) ja merikilk (*Saduria entomon*) ning putukate vastsed. (Martin, 2015)

Igal aastal eraldi (1996–2014) asustas jaama K5 piirkonda kolm kuni üheksa liiki ja rühma. 1990ndate aastate teises pooles vähenes Pärnu jõega merre kantava orgaanilise hõljumi ja biogeenide hulk tänu põllumajandusliku reostuse vähenemisele. Samal ajal tehti efektiivsemaks ka Pärnu linna heitvee bioloogilist puhastussüsteemi. Keskkonnaseisundi paranemisega aastatel 1996 kuni 2004 muutus ka põhjaloomastiku liigiline mitmekesisus suuremaks. Aastatel 2005, 2008 ja 2013 oli liikide arv uurimispiirkonnas sama väike, kolm-neli, kui 1990ndate alguses. Põhjaloomastiku liigilise koosseisu suured muutused näitavad põhjaloomastiku koosluste ebastabiilsust piirkonnas, mis on inimtegevuse tagajärjel tekkinud orgaanilise reostuse mõju all. Mõõdukama reostusega aastatel oli piirkonna põhjaloomastiku liigiline koosseis rikkalikum, suurema reostusega aastatel oli koosseis vaesem. (Martin, 2015)

Põhjaloomastiku ülekaalukaks dominantliigiks aastatel 1996–2014 oli balti lamekarp, kelle keskmine ja maksimaalne arvukus ning biomass oli tavaliselt kordades suurem kui teistel

piirkonna liikidel. Mõnedel aastatel esinesid arvukamalt balti lamekarbi kõrval ka väheharjasussid, harilik kootvähk ja rändkarp. Üksikutel aastatel oli balti lamekarbi kõrval biomassi dominantide hulgas ka söödav südakarp, harilik rändkarp ja liiva-uurikkarp. (Martin, 2015)

Seega liigilise koosseisu suured muutused ning ühe kuni viie ülekaaluka dominantliigi esinemine on Pärnu lahe põhjaloomastikule iseloomulik.

A. Järvekülje (1960) poolt Pärnu lahes leitud liikidest paljud ei esinenud mitte põhjaammutaja, vaid tragiproovides. Tragi on tugeva raami külge kinnitatud siidkott, mis lohiseb mööda põhja laeva järel 5 minutit. See püüab kinni ka need väikese arvukusega loomad, kes ammutajasse ei pruugi sattuda. Tragiproovidesse sattusid hüdraloomad, sammalloom *Electra crustulenta*, kalakaan, kõik müsiidiliigid (*Neomysis integer*, *Praunus inermis*, *P. flexuosa*, *Mysis mixta*), vähkidest balti lehtsarv, tavaline vesikakand (*Asellus aquaticus*), pelglik kirpvähk (*Gammarus dübeni*), läänemere garneel, limustest munajas punntigu, putukatest rühmad habesääsklased (*Ceratopogonidae*), parmlased (*Tabanidae*), ehmeestiivalised (*Trichoptera*) ja mardikalised (*Coleoptera*). Ilmar Kotta andmetel esines ka 2014. aastal taimestiku uurimise transektidel põhjaloomastiku taksoneid, keda ammutaja proovides ei esinenud – hüdraloomad, sammalloom *Electra crustulenta*, kärssussid *Cyanophthalma obscura*, valgelaup-kakand, müsiid *Neomysis integer*, läänemere garneel, putukatest rühmad kiililised (*Odonata*), mardikalised, ehmeestiivalised ja liblikalised (*Lepidoptera*).

Aastatel 1959/60 ei leitud Pärnu lahest rändtigu, kes teistel Eesti merealadel nendel aastatel oli levinud. 2014. aastal ei leitud proovidest järgmisi liike – vähkidest harilikku vesikakandit, balti lehtsarve, kirpvähkidest ookeani kirpvähki (*Gammarus oceanicus*) ja pelglik kirpvähki, kalataid, tigused *Lymnea stagnalis* ja *Ecrobia ventrosa*, vesilestasid (*Hydracarina*), müsiidiliike *Praunus inermis*, *P. flexuosa*, *Mysis mixta*. Juhendaja Ilmar Kotta hinnangul on kõik ülaltoodud liigid Pärnu lahes levinud ka praegu, sealhulgas 2014. aastal. Harilik vesikakand ja pelglik kirpvähk levivad Pärnu lahes merest tugevamalt isoleeritud madalaveelistes piirkondades, kus vee soolsus on madalam. Ülejäänud liikide levikut Pärnu lahes kinnitavad väljavõtted Eesti Mereinstituudi taim-loom andmebaasist.

2014. aastal leiti Pärnu lahe taimetranssektidelt kojata tigu - *Tenellia adspersa* ja lehtsarv *Idothea granulosa*. Harva esinevad need liigid tänapäeval ka mujal Eesti rannikumeres. A. Järvekülge eelpool nimetatud liike Pärnu lahest ei leidnud. Pärnu lahe põhjaloomastiku

koondnimekiri on toodud tabelis 1. Võib järeldada, et kui aastatel 1959/60 oli Pärnu lahes 45 makrozoobentose taksonit, siis aastaks 2014 oli nende arv suurenenud 56 liigi ja rühmani.

Tabel 1. Pärnu lahe põhjaloomastiku nimekiri kirjanduse ja andmebaaside alusel (poolpaksus kirjas liigid, mis puudusid A. Järvekülje nimekirjades).

Jrk. Nr*	Taksoni nimetus ladina keeles	Taksoni nimetus eesti keeles
1	2	3
	<i>Hydrozoa</i>	Hüdralaadsed
1	<i>Hydra</i> sp.	Hüdra
2	<i>Cordylophora caspia</i>	Järvetõlvik
	<i>Vermes</i>	Ussid
3	<i>Halicryptus spinulosus</i>	Harilik silinderkärslane
4	<i>Hediste diversicolor</i>	Tavaline harjasliimukas
5	<i>Cyanophthalma obscura</i>	Kärssuss
6*	<i>Laonome armata</i>	Ogajas tolmuhari
7*	<i>Marenzelleria neglecta</i>	Virgiinia korgitsuss
8	<i>Piscicola geometra</i>	Kalakaan
9	<i>Oligochaeta</i>	Väheharjasussid
	<i>Crustacea</i>	Koorikloomad
	<i>Crustacea, Branchiura</i>	Koorikloomad, lõpushännalised
10	<i>Argulus foliaceus</i>	Harilik kalatäi
	<i>Crustacea, Cirripedia</i>	Koorikloomad, väaneljalalised
11*	<i>Amphibalanus improvisus</i>	Tavaline tõruvähk
	<i>Crustacea, Mysida</i>	Koorikloomad, müsiidid
12	<i>Neomysis integer</i>	Harilik kuulmiksaba
13	<i>Mysis mixta</i>	Mere kuulmiksaba
14	<i>Praunus inermis</i>	Väike tähnikmüsiid
15	<i>P. flexuosus</i>	Suur tähnikmüsiid
16	<i>Hemimysis anomala</i>	
	<i>Crustacea, Isopoda</i>	Koorikloomad, kakandilised
17	<i>Saduria entomon</i>	Tavaline merikilk
18	<i>Idotea balthica</i>	Balti lehtsarv
19	<i>I. chelipes</i>	Roheline lehtsarv
20	<i>I. granulosa</i>	
21	<i>Jaera albifrons</i>	Valgelaup-kakand
22	<i>Asellus aquaticus</i>	Harilik vesikakand
	<i>Crustacea, Amphipoda</i>	Koorikloomad, kirpvähilised
23	<i>Monoporeia affinis</i>	Tavaline harjaslabalane
24	<i>Bathyporeia pilosa</i>	Põlvikvähk
25	<i>Leptocheirus pilosus</i>	Roosteselg-kirpvähk
26	<i>Gammarus dübeni</i>	Pelglik kirpvähk
27	<i>G. zaddachi</i>	
28	<i>G. salinus</i>	Mere-kirpvähk
29*	<i>G. tigrinus</i>	Vööt-kirpvähk

Tabel 1, järg

1	2	3
30	<i>Corophium volutator</i>	Harilik kootvähk
	<i>Crustacea, Decapoda</i>	Koorikloomad, kümnejalalised
31	<i>Crangon crangon</i>	Garneel
32*	<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	Tavaline rändkrabi
33*	<i>Eriocheir sinensis</i>	Hiina villkäpp-krabi
34	<i>Palaemon adspersus</i>	Elegantne garneel
	<i>Insecta</i>	Putukad
35	<i>Hydracarina</i>	Vesilestad
36	<i>Chironomidae l.</i>	Surusääsklased
37	<i>Ceratopogonidae l.</i>	Habesääsklased
38	<i>Tabanidae l.</i>	Parmlased
39	<i>Trichoptera l.</i>	Ehmestiivalised
40	<i>Odonata l.</i>	Kiililised
41	<i>Coleoptera l.</i>	Mardikalised
42	<i>Lepidoptera l.</i>	Liblikalised
	<i>Bryozoa</i>	Sammalloomad
43	<i>Einhornia crustulenta</i>	Tavaline kamarlane
	<i>Mollusca, Gastropoda</i>	Limused, teod
44	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	Tavaline vesiking
45	<i>Ecrobia ventrosa</i>	Ümarkeermene vesitigu
46	<i>Peringia ulvae</i>	Lamekeermene vesitigu
47	<i>Lymnaea stagnalis</i>	Harilik mudatigu
48	<i>Radix balthica</i>	Munajas punntigu
49	<i>Tenellia adspersa</i>	Kojata tigu
50*	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Rändtigu
	<i>Mollusca, Bivalvia</i>	Limused, karbid
51*	<i>Dreissena polymorpha</i>	Harilik rändkarp
52	<i>Mytilus trossulus</i>	Söödav rannakarp
53	<i>Cerastoderma glaucum</i>	Söödav südakarp
54*	<i>Mya arenaria</i>	Liiva-uurikkarp
55	<i>Macoma balthica</i>	Balti lamekarp
56*	<i>Rangia cuneata</i>	

* - tulnukliigid

1.2 Põhjaloostiku asustustihedus ja biomass

Kogu Läänemeres on arvukuse andmete hierarhilise klasteranalüüsi alusel eraldatud kümme suuremat põhjaloomastiku kooslust. Mere põhjapiirkonnas, sealhulgas Liivi lahes, domineeris kooslus, mille iseloomulikeks liikideks olid tavaline harjaslabalane, virgiinia korgitsuss ja balti lamekarp. Seejuures nende liikide arvukus korreleerus hästi mudaste ja liivaste põhjadega. (Gogina et al., 2016)

Kogu Läänemere põhjaloomastiku klasteranalüüs biomassi andmete alusel andis kokku 17 kooslust (Gogina et al., 2016). Neist kooslus I katab enamuse Läänemere põhjapoolsest alast. Nii mudastel kui liivastel põhjadel on iseloomulikeks liikideks tavaline merikilk, balti lamekarp, tavaline harjaslabalane, harilik silinderkärslane, küürakas harjaslabalane (*Pontoporeia femorata*). Enamasti liivastel põhjadel, ka Liivi lahe madalaveelises rannaalal eraldati kooslus, millele on iseloomulikud tavaline harjasliimukas, liiva-uurikkarp, vesitigulased (Hydrobiidae) ja söödav südakarp. (Gogina et al., 2016)

Pärnu lahe põhjaloomastiku biomass 1959 suvel oli keskmiselt $47,01 \text{ g/m}^2$, varieerudes eri jaamades piirides $0,12$ kuni $439,28 \text{ g m}^2$ (Järvekülg, 1960). Järgmisel aastal, suvel 1960 saadi keskmiseks biomassiks $70,2 \text{ g/m}^2$ (Järvekülg, 1962). Aastate 1959 ja 1960 keskmiseks biomassiks on toodud $58,60 \text{ g/m}^2$ ja arvukuseks 1762 isendit/m^2 (Järvekülg, 1967). Liivi lahe kirdeosas (mereala, mis hõlmab Kihnust kuni Virtsuni jäävaid merealaid ja Pärnu lahte) oli põhjaloomastiku keskmine suvine biomass märgatavalt kõrgem nii Liivi lahe kui ka kogu Läänemere keskmisest (Järvekülg, 1962). Põhjaloostik oli Liivi lahe kirdeosas jaotunud ebaühtlaselt. Suhteliselt kõrge biomassiga, üle 75 g/m^2 , alad esinesid Kihnust läänes ja loodes ning Pärnu lahe keskosas. Madalam biomass, alla 25 g/m^2 , oli Pärnu lahe lõunaosas. (Järvekülg, 1962)

Eelkõige sõltus põhjaloomastiku hulk põhjasetete iseloomust. Kõrgeim oli biomass savisel-kivisel põhjal, madalaim aga liivasel ning kruusasel põhjal (Järvekülg, 1962). Eriti ebaühtlaselt oli põhjaloomastik jaotunud Pärnu lahes. Põhjuseks lahe põhjasetete mosaiiksus, mis omakorda on tingitud merepõhja pidevast ümberkujunemisest hoovuste, lainetuse ning talvel jäämasside liikumise toimetel (Järvekülg, 1962). Massliike oli kokku kaheksa, biomassilt domineeris balti lamekarp (moodustas 71% põhjaloomastiku kogu biomassist), arvukuselt aga väheharjasussid ja harilik kootvähk (moodustasid vastavalt 29 ja 28% üldarvukusest) (Järvekülg, 1979).

1991. aasta suvel oli põhjaloomastiku keskmine arvukus ja biomass vastavalt 3037 ± 948 isendit/m² ja $149,24 \pm 27,47$ g/m² (Kotta & Kotta, 1995). Erinevates jaamades varieerus nii biomass kui ka arvukus suurtes piirides - biomass 1,29 kuni 617,30 g/m² ja arvukus 58 kuni 20474 isendit/m². Kõrgeim arvukus esines lahe põhjaranniku läheduses, biomass suurenes aga Pärnu lahe kirde- ja keskosa suunas (Kotta & Kotta, 1995). Aastal 2014 oli põhjaloomastiku üldarvukus ja -biomass Pärnu lahes (kolme seirejaama alusel) keskmisel tasemel - vastavalt 887 isendit/m² ja 49,5 g/m² (Martin, 2015).

Põhjaloomastikust moodustasid 1960 suvel kaaluliselt limused 89,9%, koorikloomad 8,3%, ussid 1,8% ja putukavastsed 0,1% (Järvekül, 1962). Liikidest domineeris uurimisalal tugevasti balti lamekarp, kes moodustas kõigist põhjaloomadest kaaluliselt 83,5%. Ülejäänud loomaliikidest olid tähtsamad (sulgudes liikide kaaluline osatähtsus) söödav rannakarp (4,0%), tavaline tõruvähk (3,6%), tavaline merikilk (3,0%), liiva-uurikkarp (1,4%), harilik kootvähk (1,0%) (Järvekül, 1962). Aastate 1959-1960 keskmisena domineerisid arvukuselt Pärnu lahes vähilaadsed (moodustasid 43,4% põhjaloomastiku üldarvukusest) ja ussid (30,1%), järgnevad limused (21,5%) ja putukavastsed (5,1%). Biomassi poolest olid tugevalt ülekaalus limused (84,6%), järgnesid koorikloomad (13,8%) ussid (1,5%) ning putukavastsed (0,1%) (Järvekül, 1967). Võrreldes kogu Liivi lahe ja Väinameriga oli Pärnu lahele iseloomulik kõrge hariliku kootvähi arvukus (496 isendit/m²; 28,1% koguarvukusest); suhteliselt kõrge tavalise tõruvähi (4,4 g/m²) ja merikilgi (2,1 g/m²) biomass, aga samuti söödava südakarbi vähene osatähtsus (<1% põhjaloomastiku üldbiomassist). Harilikku rändkarpi leiti Pärnu lahest, mitte aga Liivi lahest ega Väinamerest (Järvekül, 1967).

1990ndate aastate algul olid põhjaloomade eri rühmad ja liigid jaotunud Pärnu lahes samuti ebaühtlaselt. Domineeriva rühma, limuste ja juhtliigi, balti lamekarbi jaotumus määras aga ära kogu põhjaloomastiku jaotumise. (Kotta & Kotta, 1995)

Kolmest seirejaamast 2014. aastal kogutud materjali alusel võib väita, et Pärnu lahe põhjaloomastikus olid kõige arvukamad balti lamekarp ja virgiinia korgitsuss. Suurema osa loomastiku üldbiomassist andis balti lamekarp. Kokkuvõtlikult võib öelda, et Pärnu lahe veekogumi põhjaloomastiku koosseisu iseloomustab suur liigirikkus, keskmisel tasemel üldarvukus ja -biomass ning ühe-kahe ülekaaluka dominantliigi esinemine. (Martin, 2015)

Põhjaloomastiku kvantitatiivne koosseis 2014. aasta materjalide põhjal oli taimestiku transektidel väga varieeruv. Põhjaloomastiku biomass oli keskmiselt 21,9 g/m², vahemik

0,42-187,7 g/m². Suurima keskmise biomassiga liikideks olid harilik rändkarp, tavaline vesiking, tavaline tõruvähk ja võõrliik võõt-kirpvähk (Martin, 2015). Pärnu lahe põhjaloomastiku eripäraks oli sagedane hariliku rändkarbi domineerimine biomassis. Samuti oli Pärnu lahes domineerivaks kirpvähiks võõrliik võõt-kirpvähk, kelle keskmine biomass oli Pärnu lahes 2014. aastal kõrgem kui teistel rannkumere aladel (Martin, 2015).

Põhjaloomastiku arvukus Pärnu merealal seirejaam K5 piirkonnas oli eri aastatel väga erinev. Kogu uurimisperioodil (1996-2014) oli kõige vähem aastaid (1999, 2006, 2008), mil üldarvukus oli väike (<600 isendit/m²). Mitmel aastal (1998, 2000, 2007, 2012-2013) oli arvukus keskmisel tasemel (600-1200 isendit/m²). Paljudel uurimisaastatel (1996-1997, 2001-2005, 2009-2011 ja 2014) oli arvukus kas kõrge või väga kõrge (2000-7650 isendit/m²). Arvukuse suur varieeruvus näitab põhjaloomastiku koosluste ebastabiilset seisundit, mis on Pärnu jõe väljavooluga kaasnev orgaanilise reostuse mõju põhjaelustikule. Mõõdukama reostusega aastatel oli piirkonna põhjaloomastiku arvukus kõrgem, suurema reostusega aastatel madalam.

Põhjaloomastiku biomass seirejaama K5 piirkonnas langes 1993. aasta keskmiselt tasemelt (33,5 g/m²) madalamale (<25 g/m²) aastatel 1996-2000. Seejärel, ilmselt orgaanilise reostuse mõõduka taseme juures, toimus põhjaloomastiku biomassi suur tõus keskmisele (25-60 g/m²) või kõrgele tasemele (>60 g/m²) aastatel 2001-2005, 2009-2012 ja 2014. Ülejäänud aastatel (2006-2008 ja 2013) oli biomassi tase madal (<25 g/m²). Loomastiku biomassi suured muutused kajastavad põhjaloomastiku ebastabiilset seisundit, mis kaasneb orgaanilise reostuse mõjuga põhjaloomastikule. Mõõdukama orgaanilise reostusega aastatel oli piirkonna põhjaloomastiku biomass kõrgem, suurema reostusega aastatel madalam. (Martin, 2015)

Põhjaloomastiku ülekaalukaks dominantliigiks seirejaama K5 piirkonnas aastatel 1996-2014 oli balti lamekarp, kelle keskmine ja maksimaalne arvukus ning biomass oli tavaliselt kordades suurem kui teistel piirkonna liikidel. Mõnedel aastatel esinesid arvukamalt balti lamekarbi kõrval ka väheharjasussid, harilik kootvähk ja harilik rändkarp. Üksikutel aastatel oli balti lamekarbi kõrval biomassi dominantide hulgas ka söödav südakarp, harilik rändkarp ja liiva-uurikkarp. (Martin, 2015)

Liigilise koosseisu suured muutused, suur üldarvukuse ja -biomassi varieeruvus ning ühe kuni viie ülekaaluka dominantliigi esinemine on Pärnu lahe veekogumi põhjaloomastikule väga iseloomulikud.

1.3 Võõrliigid ja nende mõju Pärnu lahe põhjaloomastikule

Läänemere fauna on suhteliselt liigivaene ja seetõttu võõrliigid enamasti rikastavad elustikku nii liigilise mitmekesisuse kui ka funktsionaalse rikkuse poolest (Olenin & Leppäkoski, 1999). Ka Pärnu lahes levib mitu võõrliiki, kes suurendavad piirkonna liigirikkust. Kirjandusest on võimalik leida palju andmeid vaatluste ja katsete kohta Eesti rannikumeres elavate erinevate võõrliikide negatiivsest mõjust kohalikele liikidele (Martin, 2015).

Võib oletada, et vanimaks võõrliigiks Läänemere põhjaloomastikus on liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*). Liiva-uurikkarp pärineb Põhja-Ameerikast ja arvatakse, et ta on toodud Läänemerre 11-12. sajandil viikingite laevadega. Ka Pärnu lahes on liiva-uurikkarp peaaegu kõikides piirkondades levinud. (Martin, 2015)

19. sajandil on Läänemerre jõudnud palju liike nagu näiteks tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), rändkarp (*Dreissena polymorpha*) ja rändtigu (*Potamopyrgus antipodarum*). Tavaline tõruvähk on eksisteerinud Läänemeres umbes 150 aastat, kuid tema ökoloogilise mõju kohta on vähe andmeid. Siiski on näidatud, et katsetingimustes võib tõruvähk soodustada makrovetikate, näiteks rohevetika (*Ulva intestinalis*) kasvu (Kotta et al., 2006) ning tõruvähi nauplius vastsed sobivad toiduks võõr-vesikirbulisele (*Cercopagis pengoi*) (Simm et al., 2006). Rändkarbid on viimastel aastakümneid Pärnu lahes esinenud suhteliselt püsivalt põhjaloomastiku proovides (Martin, 2015). Filtreerimisaktiivsuse alusel hinnatuna on oletatud, et rändkarp võib oluliselt mõjutada fütoplanktoni arengut ja asustustihedust ja seega kaudselt kontrollida ka zooplanktonit (Kotta et al., 1998; Kotta & Mohlenberg, 2004; Lauringson et al., 2007; 2013). Rändtigu on viimastel aastatel kogutud proovides leitud vaid üksikutes jaamades mõnel üksikul aastal (Martin, 2015).

20. sajandil on asunud elama Läänemerre hiina villkäpp-krabi (*Eriocheir sinensis*) ja virgiinia korgitsuss (*Marezzelleria neglecta*). Viimase liigi puhul on teatud taksonoomilisi raskusi. Liivi lahes on kirjeldatud ainult virgiinia korgitsussi. Kogu Läänemeres, geneetilise analüüsi alusel aga kolm liiki – *M. viridis*, virgiinia korgitsuss ja *M. arctica* (Blank et al., 2008). Liivi lahest leiti vaid virgiinia korgitsuss, kuid materjali vähesuse tõttu vajaks *Marezzelleria* liikide taksonoomia edasist uurimist. Kuna nende liikide eristamine morfoloogiliselt on raskendatud, siis õigem oleks vast seire käigus liiki nimetada ikkagi

Marenzelleria sp nagu on teinud näiteks Kauppi et al. (2015). Traditsiooni alusel aga eesti autorite uuemates artiklites ikkagi vaid virgiinia korgitsuss. Virgiinia korgitsuss on esinenud kogutud proovides viimase kümne aasta jooksul pidevalt ning teda on leitud kõigil aastatel alates aastast 1995 (Martin, 2015). On leitud, et virgiinia korgitsussi esinemine suurendas primaarproduksiooni (klorofüll a) põhjalähedastes veekihtides ja vähendas kohaliku hulkharijasussi, tavalise harjasliimuka ellujäämist ning kohaliku kirpvähilise tavalise harjaslabalase kasvu (Kotta & Olafsson, 2003; Kotta et al., 2001). On oletatud, et oluliseks virgiinia korgitsussi arvukust ja levikut määravaks teguriks on balti lamekarbi arvukus ja levik (Kotta et al., 2001; 2006). Hiina villkäppkrabi Eesti vetele lähim paljunemisala on Põhjameres, kuid hiljuti on leitud krabi vastseid ka Kieli kanalist, mis annab alust oletuseks, et krabi võib paljuneda ka madalama soolsuse juures. Villkäppkrabi ökoloogiline mõju meie vetes praegu ilmselt ei avaldu, kuna see liik on suhteliselt vähearvukas (Ojaveer et al., 2007).

Järsk võõrliikide arvu tõus toimus 2000ndatel – Pärnu lahte ilmusid müsiidiliik *Hemimysis anomala* (Kotta et al., 2010), võöt-kirpvähk (*Gammarus tigrinus*), elegantne garneel (*Palaemon adspersus*), tavaline rändkrabi (*Rhithropanopeus harrisi*), *Laonome* sp. ja *Rangia* sp. Viimased kolm liiki on leitud pärast aastat 2010 ja esimesed isendid seejuures just Pärnu lahest. *Laonome* sp. ja *Rangia* sp. puhul ei ole veel täpselt määratud nende taksonoomiline kuuluvus, kuid Jonne Kotta andmetel on tõenäoliselt tegemist liikidega *Laonome armata* ja *Rangia cuneata*. Ka elegantne garneel levis Pärnu lahte pärast aastat 2010.

Uuringud võöt-kirpvähi kohta näitasid selle võõrliigi negatiivset mõju kohalike põhjaloomade mitmekesisusele (Herkül et al., 2009). Katsetest võöt-kirpvähi ja kohaliku mere kirpvähiga selgus, et tulnukliik soodustab elupaiga-spetsiifilist ärasöömist ning kohaliku liigi väljatõrjumist võöt-kirpvähi poolt omavahelise konkurentsi tulemusena (domineeriva makrofüüdi *Pilayella littoralis* koosluses). Kõike seda loetakse ka põhjuseks, miks võöt-kirpvähk on edukalt laiendanud oma levikuareaali (Orav-Kotta et al., 2009; Kotta et al., 2011; 2013; 2014). Uuritavate kirpvähkide elupaiga eelistused kattusid olulisel määral ja võöt-kirpvähk mõjutas proportsionaalselt rohkem mere kirpvähi elupaiga valikut kui vastupidi (Kotta et al., 2011). Siiski on uuemad tulemused viidanud, et liikidevahelised suhted võivad olla võöt-kirpvähi jaoks vähem olulised kui elupaiga-tasemel protsessid (elupaiga struktuursed muutused ja toidu olemasolu) (Kotta et al., 2013a). Näiteks täheldati

Soome lahes vööt-kirpvähi kõrgemat arvukust pigem varjatud paikades ja hägusamas vees, kus on tema oodatav negatiivne mõju kohalikele kirpvähkidele suurem (Kotta et al., 2013).

Rhitropanopeus harrisi on eesti keeles nimetatud tavaliseks rändkrabiks (Järvekül & Veldre, 1963), kuid pärast tema ilmumist Lääemerre on kasutatud ka inglise keelest tõlgitud nime „mudakrabi“ või „harrise mudakrabi“. Rändkrabi on omnivoor, toitudes nii detriidist kui ka loomsest ja taimsest materjalist, rändkrabist omakorda võivad toituda veelinnud ja kalad (Kotta & Ojaveer, 2012; Forsström et al., 2015). Rändkrabi leiti Eesti rannikumerest esmakordselt 2011. aastal Pärnu lahest (Kotta & Ojaveer, 2012). Oletatakse, et seoses rändkrabi tõenäolise naturaliseerumisega Eesti rannikumeres, tema täiesti uue funktsiooniga ökosüsteemis ja liigi suure arvukusega ning sigimispotentsiaaliga põhjustab see invasioon lähiaastatel rannikumere kooslustes suuri muutusi (Kotta & Ojaveer, 2012; Kotta et al., 2014). Rändkrabi võib olla ohtlik konkurent erinevatele loomadele just oma suhtelise agressiivsuse pärast, tema eluks pole pidev hapnikuküllus vajalik ja ta suudab asustada väga mitmesuguseid elupaiku ning süüa väga mitmekülgset toitu. Labortingimustes on rändkrabi efektiivselt tarbinud nii söödavat rannakarpi kui ka kirpvähilisi, aga väliskatsetes kohaliku faunaga *Fucuse* koosluses saadi negatiivne mõju vaid vesikinga arvukusele (Forström et al., 2015). On näidatud rändkrabi võimalikku mõju meiobentosele (Lokko et al., 2015). On järeldatud, et rändkrabi võib avaldada potentsiaalselt negatiivset mõju kohalikule põhjaloomastikule, kuid see mõju on looduses oluliselt väiksem kui näitavad eksperimentaalselt saadud tulemused (Forström et al., 2015).

Laonome sp. (Polychaeta, Sabellida, Sabellidae) leiti esmakordselt Läänemerest 2012. aastal Pärnu lahest (Kotta et al., 2015). Mais 2013 hõivas *Laonome sp.* suure osa Pärnu lahest, olles Kotta et al. (2015) andmeil arvukas sügavamal alal (selleks alaks oli jaam K5 sügavusega 5 m). *Laonome sp.* esines aastal 2013 10 jaamas 20st. Eri jaamades varieerus selle võõrliigi arvukus suurtes piirides. Maksimum esines Pärnu jõe suudmes, jaamas K5, kus arvukus oli 752 isendit/m². Mujal Pärnu lahe jaamades oli liik juhuslik, sporaadiline, kusjuures arvukus varieerus piirides 50 kuni 100 isendit/m². *Laonome sp.* esinemise sesoonsust uuriti jaamas K5: arvukus oli aprillist juunini alla 100 isendit/m², saavutas maksimumi (752 isendit/m²) juulis ja seejärel vähenes pidevalt (Kotta et al., 2015). Jonne Kotta (isiklik teade) peab tõenäoliseks liigi nimeks *Laonome armata* ja on pakkunud eestikeelseks nimeks ogajas tolmuhari.

Laonome sp. avaldab mõju kogu ökosüsteemile, kuna varasemad hulkharjasusside liigid levisid harva vees kus soolsus oli alla 5 PSU, kuna seal oli nende paljunemine takistatud. Hulkharjasussid Pärnus on virgiinia korgituss ja tavaline harjasliimukas, kuid nende arvukused on madalad võrreldes *Laonome sp.* arvukusega (Kotta et al., 2015). 2013. aasta aprillist oktoobrini kogutud materjalid leiti jaamast K5 kokku 19 põhjaloomastiku taksonit. Tähelepanuväärne erinevus põhjaloomade taksonoomilises koosseisus ning domineerimises enne ja pärast *Laonome sp.* invasiooni. Oluliselt oli vähenenud balti lamekarbi ja hariliku kootvähi arvukus, seevastu virgiinia korgitsussi, väheharjasusside ning rändkarbi arvukus oli suurenenud (Kotta et al., 2015).

Kõige uuemaks võõrliigiks Eesti rannikumeres võib lugeda 2015. aasta varakevadel Jüri Tensoni poolt Pärnu rannast leitud teistsuguse kujuga karbipoolmeid. Jonne Kotta määrangul oli tegemist uue võõrliigiga, *Rangia cuneata*, kes pärineb Mehhiko lahest (Kann, 2015). Kuigi rannast on leitud üsna palju selliseid surnud karbipoolmeid, ei ole selle liigi elusaid isendeid veel proovidest avastatud. Seega vajab see teema kindlasti edasist uurimist.

Lisaks nimetatutele on Ilmar Kotta andmetel viimastel aastatel Pärnu lahte tunginud võõrliik elegantne garneel (*Palaemon elegans*). Selle liigi levikut Pärnu lahes kinnitavad väljavõtted Eesti Mereinstituudi taim-loom andmebaasist. Viimastel aastatel on Pärnu lahes levinud tigu *Tenellia adpersa* ja kakandiline perekonnast lehtsarv *Idothea granulosa*.

Kokkuvõtteks võõrliikide kohta võib tuua H. Ojaveeri väite, et virgiinia korgitsuss, tõruvähk ja liiva-uurikkarp on ilmselt ühed stabiilsemad ja olulisemad selgrootud võõrliigid Eesti vetes. Seevastu rändtigu, võöt-kirpvähk ja hiina villkäppkrabi on viimastel aastatel olnud jätkuvalt madalseisus. (Martin, 2015)

2. Pärnu lahe põhjaloomastik aastatel 1959/60 ja 2014

2.1 Materjal ja meetodika

2.1.1 Uurimisala üldiseloostus

Pärnu laht (joonis 1) on madalaveeline poolsuletud veekogu Liivi lahe kirdeosas, mille pindala on umbes 700 km² ja veemaht 2 km³. Maksimalne sügavus lahe siseosas on 7,5 m (keskmine sügavus 5 m) ja välisosas 23 m (Kotta et al., 2008). Tavaliselt on Pärnu laht kaetud jääga talveperioodil detsembrist aprillini. Suvel keskmine pinnavee temperatuur on olnud isegi kuni 22-23,8°C juulis ja augustis. Hüdroloogilised tingimused lahes olenevad meteoroloogilistest tingimustest, magevee juurdevoolust jõgede kaudu ja veevahetusest Liivi lahega. Jõed kannavad aastas Pärnu lahte keskmiselt 1,8 km³ magedat vett, kusjuures põhilise osa (umbes 1,6 km³) annab Pärnu jõgi. Lisaks tuleb Pärnu jõe kaudu tohutu hulk toitaineid, mis omakorda mõjutavad lahevee optilisi omadusi ja valguse neeldumist (Kotta et al., 2009). Veevahetus Liivi lahega sõltub peamiselt tuulte suunast ning tugevusest, maist juulini on veevahetus suurem ja ka veeseis Pärnu lahes kõrge, püsides sellisena kuni jää tekkimiseni. Vee madalseis Pärnu lahes on jaanuarist maini. Maist juulini puhuvad valdavalt SW tuuled, veevahetus Riia lahenega suureneb ja veetase Pärnu lahes tõuseb kõrgele ning püsib enam-vähem sellisena kuni jää tekkeni. (Kotta et al., 2009)

Kuna Liivi laht on madal, siis õhutemperatuuri muutused omavad otsest mõju nii pinna kui ka süvavee dünaamikale (Kotta et al., 2008). Hapnikurežiim Liivi lahes on suhteliselt hea veekogu madaluse ja tugeva vertikaalse segunemise tõttu. Enamikel piirkondades hapniku kontsentratsioonid on kõrgemad kui 5 ml/l. Soojal ajal on vesi üldiselt hästi segunenud pinnast põhjani (Kotta et al., 2009). Lahe väike sügavus tähendab, et veemasside liikumine suuresti sõltub tugevate tuulte ja tormide suunast. Talvel vee liikumine ja segunemine sõltub jääkilbi olemasolust (Suursaar et al., 2002). Hoovused Pärnu lahes on nõrgad, nende keskmine kiirus on 4-11 cm/s ja on määratud peamiselt tuultega, kuid muutuvad sõltuvalt rannajoonest ja põhja topograafiast (Suursaar et al., 2002).

Pinnavee soolsus, mis Pärnu lahes kõigub 3-6 ‰ piires, saavutab vee jäätumisel eralduvate soolade tõttu maksimumi jaanuaris-veebruari. Jäävabal hooajal soolsus on kõrgem põhjakihtides ja alumises pinnakihis. Siiski tänu lahe madalusele Liivi lahes puudub püsiv halokliin (Raudsepp, 2001). Märtsis pinnavee soolsus väheneb, olles madalam aprillis, merejää sulamise tõttu. Sellel ajal suureneb ka lahte voolava jõevee maht. Maist juulini,

mil veevahetus Liivi lahega on suurim, pinnavee soolsus tõuseb ning jääb seejärel kuni jää tekkeni enam-vähem keskmisele tasemele.



Joonis 1. Pärnu lahe skeem koos proovide kogumise jaamadega

Lahe põhjale on iseloomulik peenliiv ning üksnes paiguti esinevad kivised alad kuni 1,5 m sügavuseni. Lainetuse ja hoovuse mõju tõttu on vees pehmete põhjasetete peal alati palju hõljuvaid osakesi. Lisaks toob neid lahte ka Pärnu jõe vesi (Trei, 1991).

Pärnu laht on tugevalt mõjutatud Pärnu jõe sissevoolust. Pärnu linn ja jõgi on peamised lahe eutrofeerumise põhjustajad. Varasemal ajal, ka 1960ndail, reostasid lahte saasteained ja biogeenid, kuna heitvett ja tööstusheitmeid puhastati ebapiisavalt. Tulemuseks oli lahes kõrge üldlämmastiku, üldfosfori ja silikaatide kontsentratsioon ning kõrge fütoplanktoni produktsioon 1970ndail ja 1980ndail. Alates 1990ndaist Pärnu linna heitvett puhastatakse mehhaaniliselt ja bioloogiliselt. Siiski biogeenide osas jääb oluliseks allikaks Pärnu jõgi, mille sissevool moodustab ligikaudu 10% kogu Liivi lahe sissevoolust ning toob aastas

lahte umbes 40-50 tonni üldfosforit ja üle 4000 tonni üldlämmastikku. (Suursaar, 1995; Suursaar et al., 1996)

2.1.2 Proovide kogumine ja töötlemine

Töö algmaterjaliks on aastatel 1959 ja 1960 professor Arvi Järvekülje kogutud põhjaloomastiku proovid Pärnu lahest. Kuna järgnevatel aastatel ei ole läbi viidud niivõrd suuremahulist proovide võtmist, siis otsustas 2014. aastal vanemteadur Ilmar Kotta kogu A. Järvekülje poolt uuritud Pärnu uurimisalalt koguda sama meetodikaga ja samadest jaamadest põhjaloomastiku proovid. Kasuks sellisele tööle on asjaolu, et A. Järvekülje algmaterjalid, analüüsilehed, on Rein Järvekülje poolt antud kasutamiseks Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi põhjaloomade uurijatele.

Töö materjaliks on 50 jaamast (joonis 1) kogutud 99 proovi aastatel 1959 ja 1960 ning 131 proovi aastal 2014 (aastal 2014 võeti praktiliselt igast jaamast kolm paralleelproovi). Proovid koguti kõik suvekuudel, juunis ja juulis. Meetodikas on siiski mõningaid erinevusi. Kõigepealt proovide võtmine aastatel 1959/60 toimus Peterseni tüüpi haaradega põhjaammutajaga, aastal 2014 aga van Veen tüüpi põhjaammutajaga. Oma kaalult, konstruktsioonilt ja proovivõtu mehhanismi poolest on mõlemad ammutid väga sarnased. Mõlema põhjaammuti haardepindala on 0,1 m².

Põhjaloomastiku liigilise koosseisu hindamiseks Pärnu lahes kasutati käesolevas osas ainult põhjaammutaja proovide andmeid. Põhjalik ülevaade liigilisest koosseisust, lisaks ammutaja proovidele ka tragiproovides ning taimetransektidelt saadud liikide nimistud, on esitatud kirjanduse ülevaates (osa 1.1).

Tuleks välja tuua veel mõned erinevused proovide analüüsis pool sajandit tagasi ja tänapäeval. Varasematel aastatel pesti proovid kapronsõeltel nr 38 (tihedus 0,17mm). Elusad loomad nopiti setetest välja vahetult pärast proovi võtmist või siis hiljemalt sama päeva õhtul. Proovi jääk fikseeriti formaliiniga ja väikesemõõtmelised organismid nopiti välja ning määrati liigi või taksonini mikroskoobi all.

2014. aasta proovid võeti ja analüüsiti vastavalt kaasasegsele, akrediteeritud meetodikale. Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt on Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi Merebioloogia osakonna seirelabor akrediteeritud (registreerimisnumber L179). Põhjaloomade uuringud

toimuvad vastavalt laborisisestele tööjuhenditele KJ I/4 Zoobentos ja KJ I/3 Fütobentos, mis lähtuvad HELCOM-i poolt väljatöötatud metoodilistest juhendeist. Kasutatakse van Veen tüüpi põhjaammutat, haardepindalaga 0,1 m². Proovid pestakse nailonsõeltel, kusjuures sõela siidi ava diameeter on 0,25 mm. Välitöödel pakiti pestud proovid kilekottidesse, varustati etiketiga ning säilitati sügavkülmas (-18°C juures) kuni nende laboratoorse analüüsini.

Erinev oli loomade kaalu määramine. Aastatel 1959/60 määrati loomade märgkaal. 2014. aastal määrati loomade kuivkaal. Selleks kuivatati taksonite kaupa korjatud loomade materjali 60°C juures 48 tundi ja seejärel kaaluti kaaludel täpsusega 0,0001 g.

2.1.3 Andmetöötlus

Käesoleva töö andmeanalüüsis kasutati proovides määratud põhjaloomade arvukusi ja võrreldi võimalikku arvukuse muutust aastatel 1959-60 ja 2014. Erinevuste hindamiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi. Statistiliseks olulisusnivooks valiti 0,05 ($p < 0,05$) ja andmetöötlus viidi läbi statistikaprogrammis SPSS (Statistica 17.0).

2.2 Tulemused

2.2.1 Liigiline koosseis

Kõigepealt võrdlesime Pärnu lahe makrozoobentose liigilist koosseisu aastail 1959/60 ja 2014 sama meetodikaga ja samadest jaamadest võetud põhjaammutaja proovides. Makrozoobentose taksonid oli võrdsel hulgal, kokku 26 taksonit (tabel 2). Seejuures paljud nendest taksonidest esinesid ainult mõnes üksikus jaamas. Vähemalt pooltes jaamades esines 2014. aastal kuus ja 1959/60 seitse taksonit. Ühisteks, mõlemal ajaperioodil enamikus jaamades esinenud taksonideks olid surusääsklaste vastsed, harilik kootvähk, tavaline harjasliimukas, balti lamekarp, väheharjasussid ning merikilk. Aastal 2014 lisandus neile ainsana võõrliik virgiinia korgitsuss, kes esines praktiliselt kõigis jaamades (puudus vaid kolmes jaamas). Alla 10% jaamades esines 1959/60 aastal 9 ning aastal 2014 koguni 13 taksonit. Kuna 2014. aastal on lisandunud mitmed uued võõrliigid, siis on kohalike liikide arv Pärnu lahe põhjaloomastikus vähenenud. 1959/60 domineerisid põhjaloomastikus vähilaadsed ja limused, moodustades põhjaloomastiku taksonite üldarvust vastavalt 46,2 ja 34,6%. Järgnesid ussid (15,4%) ja surusääsklaste vastsed (3,8%). Vähkidest olid seitsme taksoniga ülekaalus kirpvähilsed, moodustades üle poole, 58,3%, vähkide taksonidest (tabel 2). Leiti kolm kakandiliste liiki (roheline lehtsarv, valgelaup-kakand ning merikilk) ja väänelajaliste ning lõpushännaliste esindajad, kumbki ühe liigiga. Limustest leiti neli tigude ja viis karpide taksonit (tabel 2). Aastal 2014 oli vähkide ja limuste taksonite arv võrdne – 10 liiki – ja kumbki neist moodustas 38,5% põhjaloomastiku taksonidest. Järgnesid ussid, 19,2% ja surusääsklaste vastsed 3,8%. Vähilaadseist olid liikide poolest arvukaimad, kokku seitse liiki (63,6%), kirpvähilised. Ülejäänud vähkide rühmad – kakandilised, vääneljalalised, kümnejalalised – olid igauks esindatud ühe liigiga. Nii teod kui karbid olid kumbki esindatud viie liigiga (tabel 2).

Tabel 2. Pärnu lahe põhjaloomastiku liigiline koosseis põhjaammutaja proovides

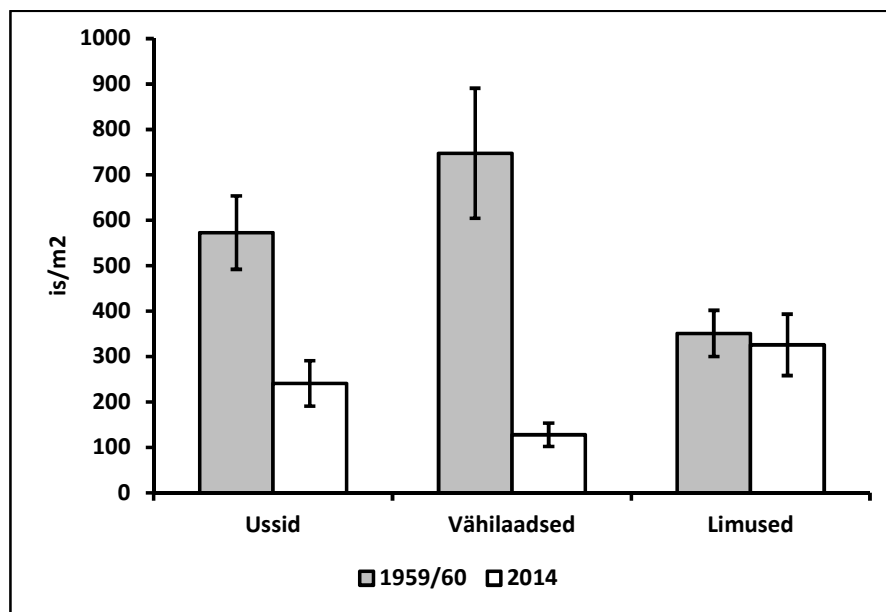
aastatel 1959/60 ja 2014

Takson		1959/60	2014
Ussid	Vermes		
Kärssuss	<i>Cyanophthalma obscura</i>	*	
Harilik silinderkärslane	<i>Halicryptus spinulosus</i>	*	*
Tavaline harjaslimukas	<i>Hediste diversicolor</i>	*	*
Ogajas tolmuhari	<i>Laonome armata</i>		*
Virgiinia korgitsuss	<i>Marenzelleria neglecta</i>		*
Väheharjasussid	Oligochaeta	*	*
Koorikloomad, kakandilised	Crustacea, Isopoda		
Roheline lehtsarv	<i>Idotea chelipes</i>	*	
Valgelaup-kakand	<i>Jaera albifrons</i>	*	
Merikilk	<i>Saduria entomon</i>	*	*
Koorikloomad, kirpvähilised	Crustacea, Amphipoda		
Põlvikvähk	<i>Bathyporeia pilosa</i>	*	*
Harilik kootvähk	<i>Corophium volutator</i>	*	*
Ookeani kirpvähk	<i>Gammarus oceanicus</i>	*	
Mere kirpvähk	<i>Gammarus salinus</i>	*	*
	<i>Gammarus zaddachi</i>	*	*
Vööt-kirpvähk	<i>Gammarus tigrinus</i>		*
roosteselj-kirpvähk	<i>Leptocheirus pilosus</i>	*	*
Tavaline harjaslabalane	<i>Monoporeia affinis</i>	*	*
Koorikloomad, vääneljalised	Crustacea, Cirripedia		
Tavaline tõruvähk	<i>Amphibalanus improvisus</i>	*	*
Koorikloomad, kümnejalised	Crustacea, Decapoda		
Rändkrabi	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>		*
Koorikloomad, lõpushännalised	Crustacea, Branchiura		
Harilik kalatäi	<i>Argulus sp</i>	*	
Putukad	Insecta		
Surusääsklaste vastsed	<i>Chironomidae, larvae</i>	*	*
Limused, teod	Mollusca, Gastropoda		
Ümarkeermene vesitigu	<i>Ecrobia ventrosa</i>	*	
Suur mudatigu	<i>Lymnaea stagnalis</i>	*	
Lamekeermene vesitigu	<i>Peringia ulvae</i>	*	*
Rändtigu	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>		*
Munajas punntigu	<i>Radix balthica</i>		*
	<i>Tenellia adspersa</i>		*
Vesiking	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	*	*
Limused, karbid	Mollusca, Bivalvia		
Läänemere südakarp	<i>Cerastoderma glaucum</i>	*	*
Rändkarp	<i>Dreissena polymorpha</i>	*	*
Balti lamekarp	<i>Macoma balthica</i>	*	*
Liiva-uurikkarp	<i>Mya arenaria</i>	*	*
Söödav rannakarp	<i>Mytilus trossulus</i>	*	*

2.2.2 Arvukus ja biomass

Põhjaloomastiku arvukus oli aastail 1959/60 keskmiselt $1766,3 \pm 200,2$ isendit/m², varieerudes piirides 260 kuni 7075 isendit/m². 2014. aastal oli põhjaloomastiku arvukus oluliselt madalam – keskmine 695 ± 99 isendit/m² ja piirid 30 kuni 3640 isendit/m². Eriti palju oli vähenenud väheharjasusside, hariliku kootvähi, tavalise harjaslabalase ja surusääsklaste vastsete arvukus (tabel 3).

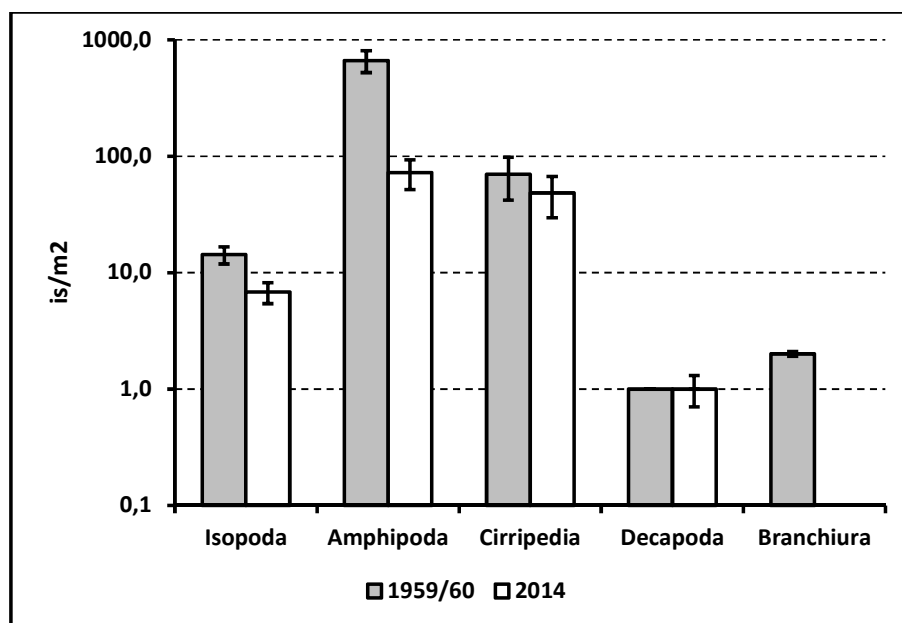
Aastate 1959/60 keskmiste andmete alusel domineerisid põhjaloomastikus arvukuse poolest vähilaadsed ja ussid, moodustades kogu põhjaloomastiku arvukusest vastavalt 42,3 ja 32,4% (joonis 2). Järgnesid limused (19,9%) ning surusääsklaste vastsed (5,4%). Vähilaadseist olid arvukuselt ülekaalus kirpvähilised, kes moodustasid põhjaloomastiku koguarvukusest 37,6% (joonis 3) ja vääneljalalised (3,4%), limustest aga karbid (19,4%). 2014. aastal olid aga põhjaloomastikus (joonis 2) kõige arvukamalt esindatud limused (46,9%), kellele järgnesid ussid (34,6%) ja alles siis vähilaadsed (18,4%). Vähilaadseist olid aastal 2014 arvukuselt ülekaalus kirpvähilised, kes moodustasid põhjaloomastiku koguarvukusest 10,4% (joonis 3) ja vääneljalalised (6,9%), limustest aga jällegi karbid (46,3%).



Joonis 2. Põhjaloomastiku rühmade arvukus (isendit/m²; avg±se) aastatel 1959/60 ning 2014

1959/60. aastal (tabel 3) moodustasid üle 10% põhjaloomastiku üldarvukusest väheharjasussid (31,3%), harilik kootvähk (28,2%) ja balti lamekarp (17,3%). Üle 1% põhjaloomastiku üldarvukusest moodustasid põlvikvähk, tavaline harjaslabalane, tavaline tõruvähk, surusääsklaste vastsed ja söödav rannakarp.

Aastal 2014 olid taksoneist arvukuselt ülekaalus, moodustasid üle 10% põhjaloomastiku üldarvukusest, balti lamekarp (33,3%) ja väheharjasussid (15,7%), aga samuti võõrliigid rändkarp (10,8%) ja virgiinia korgitsuss (13,8%). Üle 1% põhjaloomastiku üldarvukusest moodustasid 2014. aastal tavaline harjasliimukas, harilik kootvähk, tavaline harjaslabalane, söödav südakarp ning tulnukliikidest tavaline tõruvähk ja ogajas tolmuhari (tabel 3).



Joonis 3. Vähilaadsete rühmade arvukus aastatel 1959/60 ja 2014

Aastaks 2014 oli suurenenud tavalise harjasliimuka, mere-kirpvähi, vesikinga, söödava südakarbi ja rändkarbi arvukus. Statistiliselt usaldusväärne oli aga ainult söödava rannakarbi arvukuse kasv (tabel 3). Suurenenud, võrreldes aastatega 1959/60, oli loomulikult ka uute võõrliikide arvukus – ogajas tolmuhari, virgiinia korgitsuss, rändtigu, võõt-kirpvähk ja rändkrabi (kahe viimase liigi puhul ei olnud erinevus usaldusväärne $p > 0,05$).

Aastal 2014 võrreldes aastatega 1959/60 oli statistiliselt oluliselt vähenenud kümne taksoni arvukus: harilik silinderkärslane, väheharjasussid, merikilk, põlvikvähk, harilik kootvähk,

roosteslg-kirpvähk, tavaline harjaslabalane, surusääsklaste vastsed, ümarkeermene vesitigu ja söödav südakarp (tabel 3).

Põhjaloostastiku biomass (märgkaalus) oli aastail 1959/60 keskmiselt $32,641 \pm 5,562$ g/m², varieerudes piirides 0,117 kuni 219,671 g/m². Biomassi rõhuva enamuse, 86,7%, moodustasid molluskid, peamiselt balti lamekarp, kes moodustas põhjaloostastiku kogubiomassist 75,1% (tabel 4). Molluskitest järgnesid liiva-uurikkarp (7,0%) ja söödav rannakarp (2,7%). Üle kümne protsendi, 12,3%, moodustas ka vähilaadsete biomass, peamiselt vääneljalgsete (tavaline tõruvähk 6,4%), kakandilised (merikilk 3,8%) ja kirpvähiliste (harilik kootvähk 1,3%) arvel. 2014. aastal oli põhjaloostastiku biomass (kuivkaal) keskmiselt $35,217 \pm 6,247$ g/m², varieerudes piirides 0,378 kuni 261,445 g/m². Molluskite domineerimine oli veelgi suurem kui 1959/60 – 89,2%, kusjuures Balti lamekarbi osatähtsus oli väiksem, vaid 65,1%; seevastu olid biomassi osas tähtsad rändkarp (18,8%) ja Läänemere südakarp (4,8%). Napilt üle kümne protsendi, 10,1%, moodustas vähilaadsete biomass, peamiselt vääneljalgsete (tavaline tõruvähk 7,4%) arvel. Kakandiliste (merikilk 2,2%) ja kirpvähiliste (harilik kootvähk 0,2%) osatähtsus oli madalam kui aastail 1959/60.

Tabel 3. Põhjaloomastiku arvukus (isendit/m²; avg±se) aastatel 1959/60 ning 2014 ja nende erinevuse tõenäosus (*p*)

Takson	1959/60	2014	<i>p</i>
Vermes			
<i>Cyanophthalma obscura</i>	0,20 ± 0,20	0	0,258
<i>Halicryptus spinulosus</i>	2,42 ± 0,94	0,2 ± 0,2	0,013
<i>Hediste diversicolor</i>	16,87 ± 3,50	23,4 ± 4,9	0,160
<i>Laonome armata</i>	0	12,7 ± 6,5	0,035
<i>Marenzelleria neglecta</i>	0	95,6 ± 23,9	0,000
<i>Oligochaeta</i>	539,90 ± 65,69	108,9 ± 35,6	0,000
Crustacea, Isopoda			
<i>Idotea chelipes</i>	0,10 ± 0,10	0	0,258
<i>Jaera albifrons</i>	0,61 ± 0,51	0	0,183
<i>Saduria entomon</i>	13,23 ± 2,17	6,8 ± 1,4	0,014
Crustacea, Amphipoda			
<i>Bathyporeia pilosa</i>	42,12 ± 16,99	6,7 ± 5,5	0,024
<i>Corophium volutator</i>	520,91 ± 137,63	49,4 ± 17,4	0,000
<i>Gammarus oceanicus</i>	0,51 ± 0,33	0	
<i>Gammarus salinus</i>	1,52 ± 0,74	1,7 ± 1,1	0,821
<i>Gammarus zaddachi</i>	1,82 ± 0,98	0,8 ± 0,8	
<i>Gammarus tigrinus</i>	0	0,7 ± 0,4	0,166
<i>Leptocheirus pilosus</i>	3,64 ± 2,03	0,1 ± 0,1	0,049
<i>Monoporeia affinis</i>	119,29 ± 44,94	12,8 ± 11,3	0,010
Crustacea, Cirripedia			
<i>Amphibalanus improvisus</i>	74,95 ± 31,03	48,3 ± 18,7	0,402
Crustacea, Decapoda			
<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	0	0,5 ± 0,3	0,109
Crustacea, Branchiura			
<i>Argulus sp</i>	0,10 ± 0,10	0	0,258
Insecta			
<i>Chironomidae, larvae</i>	93,23 ± 24,57	0,6 ± 0,3	0,000
Mollusca, Gastropoda			
<i>Ecrobia ventrosa</i>	0,71 ± 0,39	0	0,039
<i>Lymnaea stagnalis</i>	0,10 ± 0,10	0	0,258
<i>Peringia ulvae</i>	6,16 ± 3,71	0,1 ± 0,1	0,065
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0	0,1 ± 0,1	0,378
<i>Radix balthica</i>	0	0,1 ± 0,1	0,378
<i>Tenellia adspersa</i>	0	1,1 ± 0,8	0,271
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	1,52 ± 0,50	3,0 ± 2,6	0,546
Mollusca, Bivalvia			
<i>Cerastoderma glaucum</i>	4,14 ± 1,67	12,7 ± 4,9	0,032
<i>Dreissena polymorpha</i>	3,03 ± 1,31	75,1 ± 47,6	0,152
<i>Macoma balthica</i>	309,09 ± 38,03	231,4 ± 33,3	0,092
<i>Mya arenaria</i>	4,04 ± 1,42	1,3 ± 0,6	0,057
<i>Mytilus trossulus</i>	28,69 ± 19,12	1,1 ± 0,5	0,104

Tabel 4. Põhjaloostiku biomass (g/m^2 ; avg \pm se) aastatel 1959/60 ning 2014

Takson	1959/60	2014
	Märgkaal	Kuivkaal
Vermes		
<i>Cyanophthalma obscura</i>	0,000 \pm 0,000	0
<i>Halicryptus spinulosus</i>	0,007 \pm 0,004	0,001 \pm 0,001
<i>Hediste diversicolor</i>	0,132 \pm 0,045	0,105 \pm 0,029
<i>Laonome armata</i>	0	0,030 \pm 0,016
<i>Marenzelleria neglecta</i>	0	0,077 \pm 0,022
<i>Oligochaeta</i>	0,176 \pm 0,030	0,020 \pm 0,004
Crustacea, Isopoda		
<i>Idotea chelipes</i>	0,000 \pm 0,000	0
<i>Jaera albifrons</i>	0,000 \pm 0,000	0
<i>Saduria entomon</i>	1,239 \pm 0,352	0,781 \pm 0,226
Crustacea, Amphipoda		
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0,021 \pm 0,007	0,004 \pm 0,003
<i>Corophium volutator</i>	0,435 \pm 0,095	0,061 \pm 0,023
<i>Gammarus oceanicus</i>	0,004 \pm 0,003	0
<i>Gammarus salinus</i>	0,017 \pm 0,014	0,002 \pm 0,001
<i>Gammarus zaddachi</i>	0,020 \pm 0,014	0,003 \pm 0,003
<i>Gammarus tigrinus</i>	0	0,002 \pm 0,001
<i>Leptocheirus pilosus</i>	0,001 \pm 0,000	0,000 \pm 0,000
<i>Monoporeia affinis</i>	0,202 \pm 0,082	0,007 \pm 0,006
Crustacea, Cirripedia		
<i>Amphibalanus improvisus</i>	2,079 \pm 0,940	2,604 \pm 0,982
Crustacea, Decapoda		
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	0	0,107 \pm 0,076
Crustacea, Branchiura		
<i>Argulus sp</i>	0,000 \pm 0,000	0
Insecta		
<i>Chironomidae, larvae</i>	0,017 \pm 0,005	0,000 \pm 0,000
Mollusca, Gastropoda		
<i>Ecrobia ventrosa</i>	0,001 \pm 0,001	0
<i>Lymnaea stagnalis</i>	0,017 \pm 0,017	0
<i>Peringia ulvae</i>	0,007 \pm 0,003	0,000 \pm 0,000
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0	0,000 \pm 0,000
<i>Radix balthica</i>	0	0,003 \pm 0,003
<i>Tenellia adspersa</i>	0	0,000 \pm 0,000
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0,022 \pm 0,008	0,035 \pm 0,029
Mollusca, Bivalvia		
<i>Cerastoderma glaucum</i>	0,087 \pm 0,035	1,652 \pm 0,752
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,451 \pm 0,294	6,613 \pm 4,208
<i>Macoma balthica</i>	24,514 \pm 3,962	22,914 \pm 2,547
<i>Mya arenaria</i>	2,295 \pm 1,759	0,090 \pm 0,051
<i>Mytilus trossulus</i>	0,896 \pm 0,381	0,104 \pm 0,048

3. Arutelu

Põhjaammutajaga võetud proovides oli makrozoobentose taksoneid aastail 1959/60 ja 2014 võrdsel hulgal, kokku 26, kuid paljud neist esinesid ainult mõnes üksikus jaamas. Vähemalt pooltes jaamades esines 2014. aastal kuus ja 1959/60 seitse taksonit. Ühisteks, mõlemal ajaperioodil enamikus jaamades esinenud taksoniiks olid surusääsklaste vastsed, harilik kootvähk, tavaline harjasliimukas, balti lamekarp, väheharjasussid ning merikill. Võiks öelda, toetudes ammutiproovide materjalile, et olulisi muutusi põhjaloomastiku liigilises koosseisus ei ole poolsajandi jooksul toimunud. Ainsaks laialdaselt levinud uueks liigiks põhjaammutajaga võetud proovides oli Pärnu lahes võõrliik virgiinia korgitsuss. Ammutiproovides oli lisaks nimetatud taksonile mõnes Pärnu lahe piirkonnas veel neli võõrliiki – ogajas tolmuhari, vööt-kirpvähk, rändkrabi, rändtigu.

Võttes kokku kõik makrozoobentose liigid ja rühmad, mis saadi aastatel 1959/60 ja 2014 nii põhjaammutaja kui ka tragi (taimejaamade) proovidest, siis oli taksonite koguarvuks 45. Seega viimase 55 aastaga ei ole Pärnu lahes makrozoobentose liikidest ja rühmadest ükski takson põhjaloomastiku koosseisust kadunud. Poole sajandi jooksul on põhjaloomastiku liigiline koosseis täienenud võõrliikide arvel. 2014. aastal levisid Pärnu lahes järgmised võõrliigid – *Laonome armata*, *Marezzelleria neglecta*, *Gammarus tigrinus*, *Rhithropanopeus harrisi* ja *Hemimysis anomala*. Lisaks on viimastel aastatel Pärnu lahte tunginud võõrliik elegantne garneel *Palaemon elegans*. Selle liigi levikut Pärnu lahes kinnitavad väljavõtted Eesti Mereinstituudi taim-loom andmebaasist. Viimastel aastatel on Ilmar Kotta andmetel levinud Pärnu lahes ka tigu *Tenellia adpersa* ja kakandiline perekonnast lehtsarv *Idothea granulosa*. Võib järeldada, et kui aastatel 1959/60 levis Pärnu lahes 45 makrozoobentose liiki ja rühma, siis aastaks 2014 oli taksonite arv suurenenud 56 liigi ja rühmani.

Kõrvuti kliimamuutuste ja eutrofeerumisega on võõrliigid oluliseks põhjakooslusi muutvaks teguriks kogu Läänemeres (Leppäkoski & Olenin, 2001; Kotta et al., 2006b; Hänninen et al., 2000; Elmgren, 2001). Keskkonna suurenenud ebastabiilsus eutrofeerumise või kliimamuutuse mõjul koos suurenenud laevaliiklusega soodustab oluliselt uute liikide tulekut. Poole sajandi jooksul on Pärnu lahes põhjaloomastiku liigiline koosseis täienenud võõrliikide arvel. 2014. aastal levisid uurimispiirkonnas järgmised võõrliigid – *Laonome armata*, *Marezzelleria neglecta*, *Gammarus tigrinus*,

Rhithropanopeus harrisi, *Palaemon elegans* ja *Hemimysis anomala*. Lisaks on viimastel aastatel levinud Pärnu lahes kojata tigu *Tenellia adspersa* ja kakandiline perekonnast lehtsarv *Idothea granulosa*, keda aastatel 1959-1960 lahes ei leitud.

Põhjaloostiku keskmine arvukus oli pool sajandit tagasi oluliselt kõrgem, kusjuures eriti oli vähenenud väheharjasusside, hariliku kootvähi, tavalise harjaslabalase ja surusääsklaste vastsete arvukus. Samasugust taksonite arvukuse vähenemist 2000ndatel võrreldes 1960ndatega on täheldatud ka Väinameres, kus põhjuseks on toodud hüdroloogilised tingimused, eelkõige soolsuse vähenemine (Orav-Kotta et al., 2004). Seega võib nende liikide (rühmade) arvukuse vähenemise üheks mõjutajaks olla Pärnu lahes poole sajandi jooksul soolsuse vähenemine.

Väikesemõõtmeliste väheharjasusside ning surusääsklaste vastsete noppimisel võib tekkida erinevus proovide analüüsimisel minevikus ja tänapäeval. Võrreldes proovidest elusalt välja nopitud organismidega võivad sügavkülmast üles sulatatud proovidest kaduda, jääda märkamatuks, õrnad läbipaistvad organismid. Muidugi on küsitav, kas antud meetodikaga, mis on ikkagi ette nähtud suuremate loomade, makrozoobentose uurimiseks, on otstarbekas proovide analüüsimine mikroskoobi all nagu seda tehti 1959/60.

Aastate 1959/60 keskmiste andmete alusel domineerisid põhjaloostikus arvukuse poolest vähilaadsed ja ussid, järgnesid limused ning putukate vastsed. 2014. aastal olid aga kõige arvukamalt esindatud limused ja alles siis ussid ning vähilaadsed. Põhjuseks sellele oli vähilaadsetest hariliku kootvähi ja ussidest väheharjasusside arvukuste tugev vähenemine aastal 2014. Vähilaadseist olid nii 1959/60 kui ka 2014 ülekaalus kirpvähilised ja vääneljalalised, limustest aga karbid. Lisaks võõrliikidele oli aastaks 2014 suurenenud ka tavalise harjasliimuka, mere-kirpvähi, hariliku vesikinga, söödava rannakarbi ja rändkarbi arvukus. Aastal 2014 võrreldes aastatega 1959-60 oli statistiliselt oluliselt vähenenud kümne taksoni arvukus: harilik silinderkärslane, väheharjasussid, tavaline merikilk, põlvikvähk, harilik kootvähk, roosteselj-kirpvähk, tavaline harjaslabalane, surusääsklaste vastsed, ümarkeermene vesitigu ja söödav südakarpi.

Kuigi biomassi määramismetoodika oli eri aegadel erinev – kuivkaal versus märgkaal – saab siiski hinnata, millised loomad on kaaluliselt domineerinud eri aegadel. Poole sajandi jooksul ei ole muutunud molluskite domineerimine, kes moodustasid üle 75% põhjaloostade üldbiomassist. Aastal 2014 oli veidi vähenenud balti lamekarbi osatähtsus

seosas võõrliigi, rändkarbi ja läänemere südakarbi osatähtsuse kasvuga. Siiski võib järeldada, et Pärnu lahe põhjaloomastikule on iseloomulik balti lamekarbi domineerimine.

Võõrliikide võimalikku mõju kohalikule faunale on püütud hinnata merre paigutatud katsetingimustes. Katsed on läbi viidud eri aegadel ja erinevates jaamades. Katsetingimustes on selgunud, et virgiinia korgitsuss on edukas konkurentsivõimeline mõnede kohalike liikidega. Ta võib põhjustada kohalike hulkharjasusside, tavalise harjasliimuka ja tavalise harjaslabalase arvukuse langust. Samas kohalik balti lamekarp on konkurentsivõimeline virgiinia korgitsussiga edukam ja balti lamekarbi arvukas populatsioon vähendab virgiinia korgitsussi negatiivset mõju tavalisele harjasliimukale ning tavalisele harjaslabalasele (Kotta et al., 2001; Kotta & Olafsson, 2003). Meie tulemused 2014. aastal võrreldes 1959/60ga näitavad usside arvukuse üldist vähenemist poole sajandi jooksul, kusjuures hariliku silinderkärslase ja väheharjasusside arvukuse langus oli statistiliselt usaldusväärne. See osa sobib katsetes saadud tulemustega. Seevastu tavalise harjasliimuka arvukus ei olnud vähenenud, vaid hoopis suurenenud (kuigi see muutus ei olnud statistiliselt usaldusväärne). See osa erineb katsetulemustest, kus virgiinia korgitsuss mõjub negatiivselt hariliku kuulmiksaba arvukusele.

Vööt-kirpvähi puhul on katsete põhjal oletatud tema negatiivset mõju kohalikele kirpvähiliste perekonna liikidele ja seda eelkõige taimestikuga kaetud aladel (Herkül et al., 2009; Kotta et al., 2006). Meie andmetel puudus 2014. aastal ammuti proovides ookeanikirpvähk ja oli vähenenud *Gammarus zaddachi* arvukus. Seevastu mere-kirpvähi arvukus oli hoopis suurenenud. Muidugi tuleb arvestada, et need muutused arvukuses ei ole siiski statistiliselt usaldusväärsed. Kuna vööt-kirpvähi konkurentsi eelis kohalike kirpvähkide ees avaldub eelkõige taimestikuga kaetud põhjadel, siis tõenäoliselt ei avaldu tema mõju meie ammutiga kogutud materjalis, kus põhjad on suures osas taimestikuvabad.

Kokkuvõtteks tuleb aga kahjuks mainida, et töös kasutatud originaalmaterjal, proovid üksikutel aastatel, ei võimalda usaldusväärselt hinnata põhjaloomastiku muutuse ajalist mastaapi. Leitud kõrvalekalded põhjaloomastikus võivad olla seotud nii pikaajaliste muutustega kui ka lihtsalt aastatevahelise varieeruvusega.

Kokkuvõte

Töös antakse ülevaade Pärnu lahe põhjaloomastiku liigilise koosseisu, arvukuse ja biomassi muutustest poole sajandi jooksul toetudes nii kirjandusele kui ka andmetele Eesti Mereinstituudi andmebaasides. Olulisel kohal töös on võõrliikide iseloomustamine ning nende võimaliku mõju hindamine kohalikule põhjafaunale.

Töös kasutati aastatel 1959/60 ja 2014 kogutud originaalandmestikku. Andmete unikaalsus seisneb selles, et nimetatud aastatel hinnati põhjaloomastiku koosseisu Pärnu lahes identsetes uurimisjaamades – kokku 50 jaamas – praktiliselt samasuguse meetodikaga. Sellise materjali abil on meil võimalus saada pilt põhjaloomastiku koosseisust pool sajandit tagasi ja praegu.

Originaalmaterjali (põhjaammutajaga kogutud proovide) analüüsi tulemusena selgus, et Pärnu lahe põhjaloomastikus oli aastail 1959/60 ja 2014 taksonite hulk ühesugune – kokku 26 taksonit. Paljud nendest taksonist esinesid ainult mõnes üksikus jaamas. Vähemalt pooltes jaamades esines 2014. aastal kuus ja 1959/60 seitse taksonit. Ühisteks, mõlemal ajaperioodil enamikus jaamades esinenud taksonideks, olid surusääsklaste vastsed (*Chironomidae larvae*), harilik kootvähk (*Corophium volutator*), tavaline harjasliimukas (*Hediste diversicolor*), balti lamekarp (*Macoma balthica*), väheharjasussid (*Oligochaeta*) ning tavaline merikilk (*Saduria entomon*). Ainsaks uueks laialdaselt levinud liigiks on tänapäeval võõrliik virgiinia korgitsuss (*Marenzelleria neglecta*). Teised võõrliigid (vööt-kirpvähk *Gammarus tigrinus*, tavaline rändkrabi *Rhithropanopeus harrisi*, rändtigu *Potamopyrgus antipodarum*, ogajas tolmuhari *Laonome armata*) esinesid põhjaammutajaga kogutud proovides kohati.

Kirjanduse ja Eesti mereinstituudi andmebaaside alusel oli aastatel 1959/60 ja 2014 mõlemal uurimisperiodil Pärnu lahe põhjaloomastikus 45 ühist taksonit. Seega ei ole viimase 55 aasta jooksul Pärnu lahe makrozoobentosest kadunud ühtegi liiki. Poole sajandiga on põhjaloomastiku liigiline koosseis täienenud võõrliikide arvel. Viimasel aastakümnel levisid Pärnu lahes kuus võõrliiki – *L. armata*, *M. neglecta*, *G. tigrinus*, *R. harrisi*, *Hemimysis anomala* ja elegantne krevett (*Palaemon elegans*). Lisaks on viimastel aastatel levinud Pärnu lahes tigu *Tenellia adspersa* ja kakandiline perekonnast lehtsarv *Idothea granulosa*. Järelikult kui aastatel 1959/60 levis Pärnu lahes 45 makrozoobentose liiki ja rühma, siis aastaks 2014 oli taksonite arv suurenenud 56 liigi ja rühmani.

Olulised muutused olid toimunud poolsajandi jooksul põhjaloomade arvukuses. Kui aastatel 1959/60 domineerisid põhjaloomastikus arvukuse poolest vähilaadsed ja ussid, siis 2014. aastal olid kõige arvukamalt esindatud limused, seejärel ussid ja alles siis vähilaadsed. Selle põhjuseks oli vähilaadsetest hariliku kootvähi ja ussidest väheharjasusside arvukuse tugev vähenemine aastal 2014. Biomassi poolest domineeris aga alati balti lamekarp.

Võõrliikide puhul avaldus virgiinia korgitsussi negatiivne mõju hariliku silinderkärslase (*Halicryptus spinulosus*) ja väheharjasusside arvukusele. Töös leiti, et vööt-kirpvähi leviku tõttu vähenes ookeani-kirpvähi (*G.oceanicus*) ja *G. zaddachi* arvukus. Seevastu merekirpvähi (*G. salinus*) arvukus oli hoopis suurenenud. Kuna vööt-kirpvähi konkurentsi eelis kohalike kirpvähkide ees avaldub eelkõige taimestikuga kaetud merepõhjad, siis tõenäoliselt ei avaldu tema mõju meie ammutiga kogutud proovides, mis koguti üldiselt taimestikuvabadelt põhjadelt.

Tehtud järelduste puhul tuleb arvestada, et nende aluseks on üksikute uuritud aastate andmed. Ei saa kindlalt väita, kas leitud kõrvalekalded põhjaloomastikus on seotud pikaajaliste muutuste või lihtsalt aastatevahelise varieeruvusega.

Summary

Zoobenthos in Pärnu Bay and its changes over the last half-century

The purpose of this study was to give an overview of changes in the species composition, abundance, and biomass of zoobenthos in Pärnu Bay over the last half-century, based on literature and databases of Estonian Marine Institute. Original data from the same stations (altogether 50) collected in years 1959/60 and 2014 was used.

The number of zoobenthos taxa in bottom grab samples from the Pärnu Bay in years 1959/60 and 2014 was the same – 26 in total. The taxa found in most stations during both study periods were *Chironomidae larvae*, *Corophium volutator*, *Hediste diversicolor*, *Macoma balthica*, *Oligochaeta* and *Saduria entomon*. Based on literature and databases of the Estonian Marine Institute there were 45 common taxa in the zoobenthos of the Pärnu Bay during both study periods. This means all the species of macrozoobenthos, which inhabited Pärnu Bay 55 years ago, are still present. In half a century the species richness of benthic fauna increased due to the addition of alien species. In recent years also *Tenellia adspersa* and *Idothea granulosa* have spread into the Gulf of Pärnu. The biodiversity of zoobenthos in Pärnu Bay had increased to 56 taxa by the year 2014.

The abundance of zoobenthos has changed significantly over the past half-century. When in 1959/60 the most abundant taxa were crustaceans and worms, then in 2014 the molluscs dominated, followed by worms and crustaceans. Reason for this was the decrease in abundance of *Corophium volutator* (Crustacea) and *Oligochaeta* (worms). *Macoma balthica* has always had the highest biomass. Alien species *Marenzelleria viridis* had negative impact on abundance of *Halicryptus spinulosus* and *Oligochaeta*. The abundance of *Gammarus zaddachi* and *G. oceanicus* had decreased due the spread of the non-native gammarid *G. tigrinus*. In contrast, the abundance of *G. salinus* had actually increased. As the competitive advantage of *G. tigrinus* before native gammarid shows only in vegetated areas, it is not likely that it affects sample data collected with bottom grab, while substrates in those areas had usually no vegetation.

These conclusions are made based on the data of single studied years. It is difficult to say whether the abnormalities found in zoobenthos are related to long-term changes or reflect simply inter-annual variability.

Tänuavaldus

Täna eelkõige oma juhendajat, Ilmar Kottat abi ja nõuannete eest. Palju tänu Jonne Kottale, kes abistas mind andmete statistilisel analüüsil. Veel täna Merli Pärnojat, kes aitas mind Pärnu lahe joonise tegemisel ja Greta Reisalu, kes aitas mul toimetada inglise keelset kokkuvõtet.

Kirjanduse loetelu

Beukema, J. J., Essink, K. & Michaelis, H. 1996. The geographic scale of synchronized fluctuation patterns in zoobenthos populations as a key to underlying factors: climatic or man-induced. *ICES Journal of Marine Science*, **53**, 964-971.

Blank, M., Laine, A.O., Jürss, K. & Bastrop, R. 2008. Molecular identification key based on CR/RFLP for three polychaete sibling species of the genus *Marenzelleria*, and the species' current distribution in the Baltic Sea. *Helgoland Marine Research*, **62**, 129-141.

Bonsdorff, E., Blomqvist, E.M., Mattila, J. & Norkko, A. 1997. Coastal eutrophication: causes, consequences and perspectives in the archipelago areas of the northern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **44**, 63-72.

Forsström T., Fowler, A.E., Manninen, I. & Vesakoski, O. 2015. An introduced species meets the local fauna: predatory behavior of the crab *Rhithropanopeus harrisii* in the Northern Baltic Sea. *Biological Invasions*, **17**, 2729-2741

Gogina, M., Nygard, H., Blomqvist, M., Daunys, D., Josefson, A. B., Kotta, J., Maximov, A., Warzocha, J., Yermakov, V., Grawe, U. & Zettler, M. L. 2016. The Baltic Sea scale inventory of benthic faunal communities. *ICES Journal of Marine Science*, doi: 10.1093/icesjms/fsv265.

HELCOM. 1993. First assessment of the state of the coastal waters of the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings*, **54**, 1-160.

HELCOM, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. *Baltic Sea Environment Proceedings*, **115B**, 1-148.

Herkül, K. & Kotta, J. 2007. New records of the amphipods *Chelicorophium curvispinum*, *Gammarus tigrinus*, *G. duebeni* and *G. lacustris* in the Estonian coastal sea. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology*, **56**, 290-296

Herkül, K. & Kotta, J. 2009. Effects of eelgrass (*Zostera marina*) canopy removal and sediment addition on sediment characteristics and benthic communities in the Northern Baltic Sea. *Marine Ecology*, **30**, 74-82

- Herkül, K., Kotta, J., Püss, T. & Kotta, I. 2009. Crustacean invasion in the Estonian coastal sea. *Estonian Journal of Ecology*, **58**, 313-323.
- Hänninen, J., Vuorinen, I. & Hjelt, P. 2000. Climatic factors in the Atlantic control the oceanographic and ecological changes in the Baltic Sea. *Limnol. Oceanogr.*, **45**, 703-710.
- Järvekülg, A. 1960. Materjale Pärnu lahe põhjaloomastiku kohta. *Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogiline seeria*, **9**, 199-214.
- Järvekülg, A. 1961. Mõnede bentiliste ja nektobentiliste selgrootute levikust Riia lahe kirdeosas. *Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia*, **10**, 214-230.
- Järvekülg, A. 1962. Põhjaloomastiku varudest Riia lahe kirdeosas. *Kalatööstus*, **1**, 48-52.
- Järvekülg, A. 1967. Eesti NSV lääneranniku vete põhjaloomastik töönduskalade toidubaasina. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia juures asuva Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat*, **58**, 175-196 (vene keeles).
- Järvekülg, A. 1979. *Benthic Fauna in the Eastern Part of the Baltic Sea*. Valgus, Tallinn (in Russian).
- Järvekülg, A. & Veldre, I. 1963. *Elu Läänemeres*. Eesti riiklik kirjastus, Tallinn.
- Kann, T. 2015. Pärnu lahte ujus järjekordne võõrliik – Mehhiko lahe karp. *Pärnu Postimees*, 02.04.2015.
- Kauppi, L., Norkko, A. & Norkko, J. 2015. Large-scale species invasion into a low-diversity system: spatial and temporal distribution of the invasive polychaetes *Marenzelleria* spp. in the Baltic Sea. *Biol Invasions*, **17**, 2055-2074
- Kautsky, H., Martin, G., Mäkinen, A., Borgiel, M., Vahteri, P. & Rissanen, J. 1999. Structure of phytobenthic and associated animal communities in the Gulf of Riga. *Hydrobiologia*, **393**, 191-200.
- Kotta, J. 2013. Water salinity and benthic macrophyte communities are the key variables defining the distribution pattern of benthic faunal assemblages in the shallow water areas of the Gulf of Riga. *Estonian Journal of Ecology*, **62**, 1-15.

- Kotta, J., Herkül, K., Kotta, I. & Orav-Kotta, H. 2006. Invasion history and distribution of the key benthic alien invertebrate species in the Estonian coastal sea. *Estonian Marine Institute Report Series*, **14**, 13-19
- Kotta, J. & Kotta, I. 1995. The state of macrozoobenthos of Pärnu Bay in 1991 as compared to 1959-1960. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Ecology*, **5**, 26-37.
- Kotta, J. & Kotta, I. 2010. The first finding of the Ponto-Caspian mysid shrimp *Hemimysis anomala* G. O. Sars, Mysidae in the Estonian coastal sea. *Estonian Journal of Ecology*, **59**, 230-236.
- Kotta, J., Kotta, I., Bick, A., Bastrop, R. & Väinölä, R. 2015. Modelling habitat range and seasonality of a new, non-indigenous polychaete *Laonome* sp. (Sabellida, Sabellidae) in Pärnu Bay, the north-eastern Baltic Sea. *Aquatic Invasions*, **3**, 275-285.
- Kotta, J., Kotta, I., Simm, M., Lankov, A., Lauringson, V., Põllumäe, A. & Ojaveer, H. 2006. Ecological consequences of biological invasions: three invertebrate case studies in the north-eastern Baltic Sea. *Helgoland Marine Research*, **60**, 106-112.
- Kotta, J., Kotta, I., Simm, M., Põllupüü, M., 2009. Separate and interactive effects of eutrophication and climate variables on the ecosystem elements of the Gulf of Riga. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **84**, 509-518.
- Kotta J, Lauringson V, Martin G, Simm M, Kotta I, Herkül K. & Ojaveer H. 2008. Gulf of Riga and Pärnu Bay. In *Ecology of Baltic Coastal waters*. (Schiewer U., ed.) Springer, Ecological Studies **197**, 217-243.
- Kotta, J. & F. Mohlenberg, 2004. Grazing impact of *Mytilus edulis* L. and *Dreissena polymorpha* (Pallas) in the Gulf of Riga, Baltic Sea estimated from biodeposition rates of algal pigments. *Annales Zoologica Fennici*, **39**, 151-160.
- Kotta, J. & Ojaveer, H. 2011. Populatsioonid, kooslused ja ökosüsteemid muutuvates loodus- ja inimõju tingimustes. *Teadusmõte Eestis (VII) Meri. Järved. Rannik*. Toim. Soomere, T., Nõges, T., Help, H.-L., Jakobson, S., Rebo, Ü., Varlamova, G. (Toim.) Tallinn, Eesti Teaduste Akadeemia Kirjastus, 13-23.

- Kotta J. & Ojaveer H. 2012. Rapid establishment of the alien crab *Rhitropanopeus harrisi* (Gould) in the Gulf of Riga. *Estonian Journal of Ecology*, **61**, 293-298.
- Kotta, J. & E. Olafsson, 2003. Competition for food between the introduced polychaete *Marenzelleria viridis* (Verrill) and the native amphipod *Monoporeia affinis* Lindström in the Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, **50**, 27-35.
- Kotta, J., Orav, H. & Sandberg-Kilpi, E. 2001. Ecological consequence of the introduction of the polychaete *Marenzelleria cf viridis* into a shallow-water biotope of the northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, **46**, 273-280.
- Kotta, I., Orav-Kotta, H. & Kotta, J. 2003. Macrozoobenthos assemblages in highly productive areas of the Estonian coastal sea. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology*, **52**, 149-165.
- Kotta, J., Orav, H. & Kotta, I. 1998. Distribution and filtration activity of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in the Gulf of Riga and the Gulf of Finland. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology*, **47**, 32-41.
- Kotta, J., Orav-Kotta, H. & Herkül, K. 2010. Separate and combined effects of habitat-specific fish predation on the survival of invasive and native gammarids. *Journal of Sea Research*, **64**, 369-372.
- Kotta, J., H. Orav-Kotta, I. Kotta, M. Pärnoja, K. Nurkse & I. Kuprijanov, 2014a. The first reproducing crab species in the Baltic Sea—the invasion and impacts of *Rhitropanopeus harrisi*. 10th International Temperate Reefs Symposium, Perth, Australia, 12-17.01.2014, Abstract Book, p. 119.
- Kotta, J., H. Orav-Kotta, K. Herkül & I. Kotta, 2011. Habitat choice of the invasive *Gammarus tigrinus* and the native *Gammarus salinus* indicates weak interspecific competition. *Boreal Environment Research*, **16** (Supplement A), 64-72.
- Kotta, J., M. Pärnoja, T. Katajisto, M. Lehtiniemi, S. A. Malavin, G. Reisalu & V. E. Panov, 2013b. Is a rapid expansion of the invasive amphipod *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 associated with its niche selection: a case study in the Gulf of Finland, the Baltic Sea. *Aquatic Invasions*, **8**, 319-332.

- Kotta, J., Torn, K., Reialu, G., Veber, T. 2013a. Relationships between mechanical disturbance and biomass of the invasive amphipod *Gammarus tigrinus* within a charophyte-dominated macrophyte community. *Marine Ecology*, **35** (Supplement 1), 11-18.
- Lauringson, V., J. Kotta, H. Orav-Kotta & K. Kaljurand, 2013. Diet of mussels *Mytilus trossulus* and *Dreissena polymorpha* in a brackish nontidal environment. *Marine Ecology*, **35**(Supplement 1), 56-66.
- Lauringson, V., E. Mälton, J. Kotta, K. Kangur, H. Orav-Kotta & I. Kotta, 2007. Environmental factors influencing the biodeposition of the suspension feeding bivalve *Dreissena polymorpha* (Pallas): comparison of brackish and freshwater populations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **75**, 459-467.
- Leppäkoski, E. 1975. Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish-water environments. *Acta Academiae Aboensis. Series B Mathematica et Physica*, **35**, 1-90.
- Leppäkoski, E. & Olenin, S. 2001. The meltdown of biogeographical peculiarities of the Baltic Sea: the interaction of natural and man-made processes. *Ambio*, **30**, 202-209.
- Lokko, K., Kotta, J., Orav-Kotta, H., Nurkse, K. & Pärnoja, M. 2015. Introduction of a functionally novel consumer to a low diversity system: effects of the mud crab *Rhithropanopeus harrisi* on meiobenthos. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, doi: 10.1016/j.ecss.2015.11.017.
- Martin, G., 2015. Eesti riiklik keskkonnaseire. Rannikumere operatiivseire, 2014 Aruanne. TÜ Eesti Mereinstituut, Tallinn, 1-196.
- Ojaveer, H., Gollasch, S., Jaanus, A., Kotta, J., Laine, A.O., Minde, A., Normant, M. & Panov, V.E. 2007. Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* in the Baltic Sea—a supply-side invader? *Biological Invasions*, **9**, 409-418.
- Ojaveer, H. & Kotta, J. 2015. Ecosystem impacts of the widespread non-indigenous species in the Baltic Sea: literature survey evidences major limitations in knowledge. *Hydrobiologia*, **750**, 171-185.

Ojaveer, H., Kotta, J., Põllumäe, A., Põllupüü, M., Jaanus, A. & Vetemaa, M. 2011. Alien species in a brackish water temperate ecosystem: Annual-scale dynamics in response to environmental variability. *Environmental Research*, **111** 933-942.

Olenin, S. & Leppäkoski, E. 1999. Non-native animals in the Baltic Sea: alteration of benthic habitats in coastal inlets and lagoons. *Hydrobiologia*, **393**, 233-243.

Orav-Kotta H., Kotta J. & Kotta I. 2004. Comparison of macrozoobenthic communities between the 1960s and the 1990s-2000s in the Väinameri, NE Baltic Sea. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology*, **53**, 283-291.

Orav-Kotta, H., J. Kotta, K. Herkül, I. Kotta & T. Paalme, 2009. Seasonal variability in the grazing potential of the invasive amphipod *Gammarus tigrinus* and the native amphipod *Gammarus salinus* (Amphipoda: Crustacea) in the northern Baltic Sea. *Biological Invasions*, **11**, 597-608.

Raudsepp, U., 2001. Interannual and seasonal temperature and salinity variations in the Gulf of Riga and corresponding saline water inflow from the Baltic Proper. *Nordic Hydrology*, **32**, 135-160.

Simm, M., Lankov, A., Põllupüü, M. & Ojaveer, H. 2006. Estimation of consumption rates of the predatory cladoceran *Cercopagis pengoi* in laboratory conditions. In Ojaveer, H. & J. Kotta (eds), *Estonian Marine Institute Report Series*, **14**, 42-47.

Suursaar, Ü. 1995. Nutrients in the Gulf of Riga. In: Ecosystem of the Gulf of Riga between 1920 and 1990. (Ed. by E.Ojaveer), *Academia* 5, 41-50.

Suursaar, Ü., Astok, V., Kullas, T., Otsmann, M., Nõmm, A., 1996. Variability of nutrient concentrations in the Väinameri in 1993-1995. In: *Studies on measuring and modelling the water and nutrient exchange of the Gulf of Riga*. (Ed. by Ü. Suursaar and V. Astok). *EMI Report Series*, **3**, 59-80.

Suursaar, Ü., Kullas, T., Otsmann, M., 2002. Flow modelling in the Pärnu Bay and the Kihnu Strait. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences and Engineering*, **3**, 189-203.

Zettler, M.L., Karlsson, A., Kontula, T., Gruszka, T., Laine, A.O., Herkül, K., Schiele, K.S., Maximov, A. & Haldin, J. 2014. Biodiversity gradient in the Baltic Sea: a comprehensive inventory of macrozoobenthos data. *Helgoland Marine Research*, **68**, 49-57

Trei, T. 1991. *Taimed Läänemere põhjal*. Tallinn, Valgus, 1-144.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Birgit Jullinen,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Pärnu lahe põhjaloomastik ja selle muutused viimasel poolsajandil”,

mille juhendaja on PhD Ilmar Kotta,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **10.05.2017**