



TÜ Eesti Mereinstituut

Ümarmudil Eesti rannikumeres: rakendusüuring edasise meetmekava väljatöötamise aluseks, 1. osa

SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse projekt nr. 5028

LÕPPARUANNE



Lepingu vastutav täitja:
Kristiina Nurkse

**TALLINN
2016**

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS	3
2. METOODIKA	5
2.1 Uurimisalade üldine iseloomustus	5
Muuga laht.....	5
Liivi laht	6
Haapsalu laht	7
2.2 Andmetöötlus	8
2.3 Keskkonnaandmete uurimismetoodika	8
2.3.1 Põhjataimestik ja põhjaloomastik.....	8
2.3.2 Hüdrokeemia ja vee läbipaistvus	9
2.4 Röövkalade toitumise uurimismetoodika	9
2.5 Ümarmudila toitumise uurimismetoodika	9
2.6 Ümarmudila tiheduse uurimismetoodika.....	10
2.7 Ümarmudila kodupiirkonna ja invasioonipotentsiaali uurimismetoodika.....	10
3. TULEMUSED	12
3.1 Keskkonnaandmed.....	12
3.1.1 Põhjataimestiku- ja loomastiku muutused	12
3.1.2. Veekeskkonna muutused.....	13
3.2 Röövkalade toitumine	15
3.2.1 Ahven	15
3.2.2 Koha	17
3.2.3 Haug.....	18
3.3 Ümarmudila toitumine	19
3.4 Ümarmudila tihedus	20
3.4.1 Haapsalu laht	20
3.4.2 Muuga laht.....	21
3.4.3 Liivi laht	21
3.4.4 Hinnang ümarmudila tihedusele Eesti rannikumeres	22
3.5 Ümarmudila kodupiirkond ja invasioonipotentsiaal	23
4. KOKKUVÕTE	25
KASUTATUD KIRJANDUS.....	26

1. SISSEJUHATUS

Eesti rannikumeres on ennast edukalt sisse seadnud ümarmudil (*Neogobius melanostomus*) (Joonis 1), keda peetakse üheks Läänemere kõige invasiivsemaks võõrliigiks (Kornis jt., 2012). Ponto-Kaspia päritoluga ümarmudil on tänu intensiivistunud rahvusvahelisele laevaliiklusele edukalt levinud nii Põhja-Ameerika Suur Järvistusse kui ka üle kogu Läänemere (Kotta jt. 2016). Läänemeres leiti liiki esmakordselt 1991 aastal (Skóra ja Stolarski, 1993) ja 2015 aastaks on liik levinud üle terve Läänemere (Kotta jt., 2016). Eesti rannikumeres leiti liiki esmakordselt 2002 aastal Pärnu lahest ja 2005 aastal Muuga lahest. Ümarmudila populatsioon hakkas hüppeliselt suurenema 2009 aastal Muuga lahes. Samal aastal hakkasid oluliselt suurenema ümarmudila leiud ülejäänud Eesti rannikumeres ning aastaks 2015 on liik levinud praktiliselt üle kogu Eesti rannikumere.



Joonis 1. Ümarmudil (*Neogobius melanostomus*).

Ümarmudil on põhjalise eluviisiga kala, kes kuulub ahvenaliste *Perciformes* seltsi ja mudillaste *Gobiidae* sugukonda. Eesti vetes on ümarmudila suurim registreeritud pikkus 25 cm, mis on tunduvalt suurem kui Ameerika Suurjärvistus. Liik toitub põhiliselt põhja- ja põhjalähedase eluviisiga selgrootutest (karbid, teod, hulkharjasussid, vähilised, jt.), kuid on võimeline toituma ka väiksematest kaladest (nt. ogalik) ja kalamarjast (nt. räimemari). Liigil puudub eelistus toiduobjektide suhtes ja peale dominantse saaklooma eemaldamist sööb ta suure tõenäosusega ära ka kõik ülejäänud liigid (Nurkse jt. 2016).

Ökosüsteemi seisukohalt on tegemist väga agressiivse põhjakalaga, kes on võimeline mõjutama oluliselt tönduskalu (nii kiskja kui ka toiduobjekt), põhjaselgrootute kooslusi, aga ka kaudselt kogu ümbritsevat keskkonda. Kerge saakloomana võib see kala suurendada röövtoiduliste kalade (haug, koha, ahven) populatsioonide arvukust ja individuaalset kasvukiirust. Uue ja väga efektiivse kiskja lisandumine on mõjutamas kogu ökosüsteemi (muuhulgas nii põhja- kui ka pelaagise süsteemi) toimimist ja selle tasakaalu. Ümarmudil toitub aplalt rannakarpidest, mille oluline vähenemine mõjutab vee läbipaistvust ning keskkonnaseisundit. Karpidel on oluline rolli kogu ökosüsteemi toimimisel ja veekeskonna isepuhastamisel. Nad filtreerivad mereveest välja üleliigsed hõljumi ning selle kaudu vähendavad eutrofeerumisprotsesside ilminguid Läänemeres. Rannakarpide eemaldamine ökosüsteemist võib aga põhjustada vee läbipaistvuse drastilist vähenemist, niitjate merevetikate vohamist sh. olulise tönduskala, räime, kudealade kvaliteedi langemist. Samuti mõjutab agressiivne liik teiste oluliste rannikumere kalade sh. lesta toidubaasi ja elupaiku.

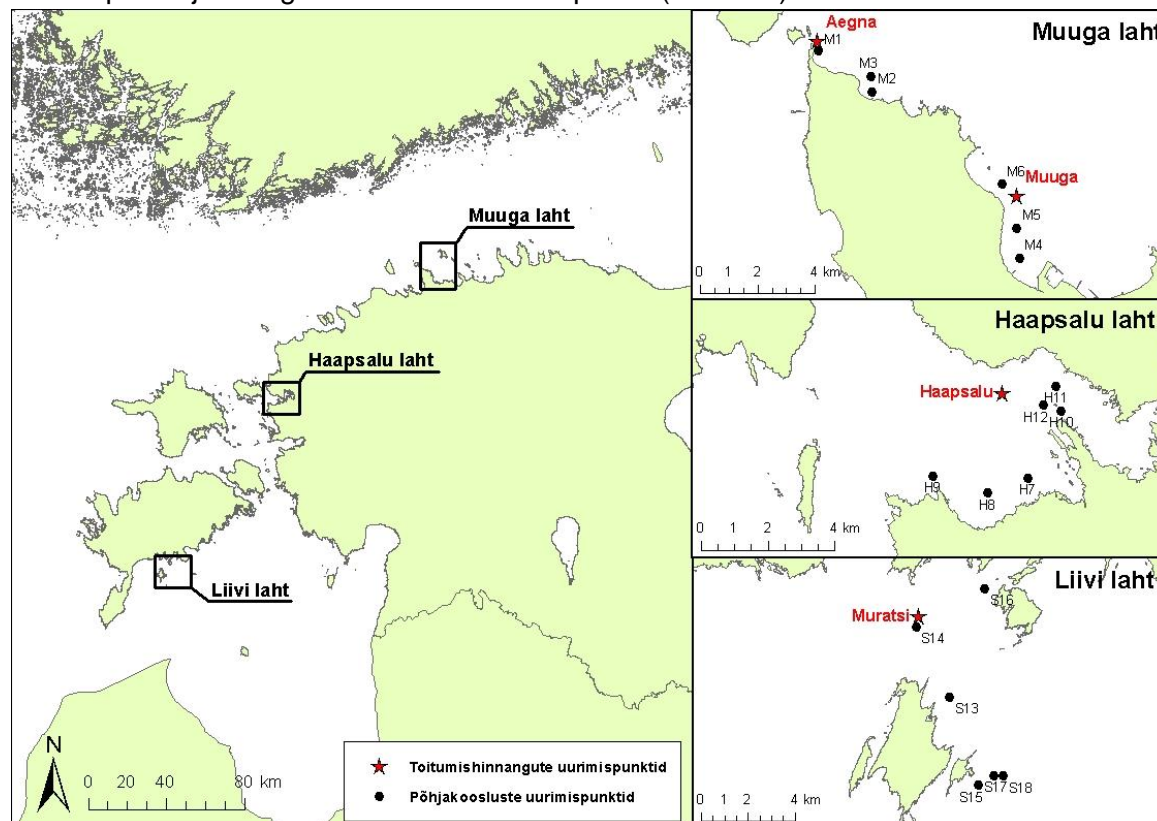
Põhja-Ameerika Suur järvistusse levis liik Läänemerega samaaegselt, kuid invasiooniprotsess on võimalike järjestikuste invasioonide tõttu olnud kordades kiirem. Praeguseks hetkeks

domineerib liik kõikides Suur järvistu järvedes. Selleks, et ennetada sarnast olukorda Läänemeres, tuleb võimalikult kiiresti selgitada välja liigi roll toiduahelas (osakaal röövkalade toitumises, toitumine põhjaelustikust), invasioonipotentsiaal ja arvukus meres ning välja töötada ja koheselt rakendada preventiivsed meetmed. Ümarmudila asustustihedus ja tähtsus Eesti rannikumeres on teadmata, küll tuleb pidevalt meedia ja rannakalurite kaudu teateid massilistest ümarmudila esinemistest püünistes. Põhjalise eluviisiga kala arvukuse määramine traditsiooniliste meetodiga on ebatäpne, mistõttu antud projekti raames proovitakse ümarmudila arvukust määrata erinevate meetoditega (lõkspüünised, allveevideo, sukelduja hinnang). Projekti esimeses pooles tehakse kindlaks parim meetod või meetodite kombinatsioon, millega erinevates elupaigatüüpides on võimalik ümarmudila täpset arvukust määrata. Saadud hinnangute põhjal modelleeritakse projekti teises pooles erinevaid keskkonna parameetreid kasutades ümarmudila suhtelist asustustihedust Eesti rannikumeres.

2. METOODIKA

2.1 Uurimisalade üldine iseloomustus

Uurimisalad hõlmasid kolme piirkonda (Muuga laht, Liivi laht ja Haapsalu laht) ning igas piirkonnas asus 6 uurimispunkti põhjakoosluste, vee parameetrite ja ümarmudila tiheduse hindamiseks (Joonis 2). Ümarmudila, ahvena, haugi ja koha toitumishinnanguteks ning populatsiooni parameetrite uuringuteks kasutati vastavalt Liivi lahes ja Haapsalu lahes ühte uurimispunkti ja Muuga lahes kahte uurimispunkti (Joonis 2).



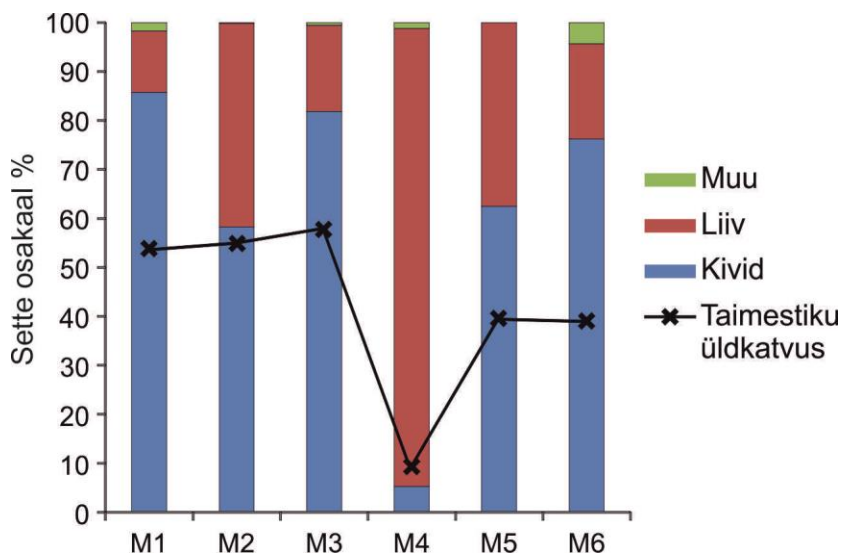
Joonis 2. Uurimisalade asukoha kaart.

Muuga laht

Muuga laht on piiratud Viimsi poolsaarega läänest, Tahkumäe neeme ja Aksi saarega idast ning Prangli saarega põhjast. Mandri ja saarte rannikunõlv on üsna järsk – sügavused rannast avamere suunas kasvavad küllalt kiiresti. Lahe keskosas asub Karbi madal, mille nõlvad on samuti järsud. Muuga laht ja sellega külgnevad lahed jäävad domineerivate lääne-ida suunaliste hoovuste tee. Piirkonnale on seetõttu iseloomulikud piki randa kulgevad tugevad hoovused. Lisaks hoovustele on poolsaare madalaveelised piirkonnad lainetuse tugeva mõju all. Muuga lahe põhjalähedase vee soolsus varieerub vahemikus 5–8‰. Suvel on 5–10 m sügavusel põhjalähedaste veekihtide temperatuur harilikult 10–18°C. Madalamas vees lahustunud hapniku sisaldus ei ole reeglina elustikule limiteerivaks teguriks. Veepiirist kuni 10 m sügavuseni on merepõhi kaetud valdavalt savi, kruusa, liiva ja kividega. Kõrgem toitelisus suurendab planktoni

ja põhjaveetikate produktsiooni ning selle kaudu taimeistikutoiduliste põhjaloomade sh. põhjakalade toiduobjektide arvukust.

Keskmine sügavus Muuga lahe uurimispunktides oli 4,15 meetrit, minimaalne 2,76 m (M4) ja maksimaalne 4,78 m (M5). Pooled punktid asusid tugevamatele tuultele avatud piirkonnas (M4, M5, M6), pooled tuulte ja lainetuse mõjude eest varjatud piirkondades (M1, M2, M3) (Joonis 2). Mõlemas avatuse piirkonnas uuriti nii pehme põhjatüübiga (M4), kõva- ja segu põhjatüübiga (M1, M2, M3, M5, M6) elupaigatüüpe (Joonis 3). Avatud piirkondades asuvates punktides oli taimeistiku katvus suurem, ulatudes 58 protsendini (Joonis 3). Muuga lahes oli 2015 aasta vaatlusperioodi jooksul taimeistiku üldkatvus suurim juulis ja madalaim septembris.



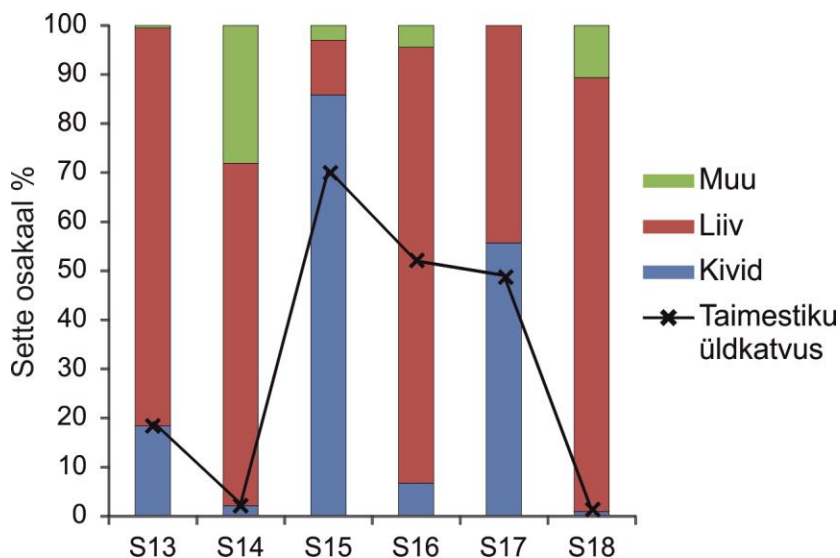
Joonis 3. Settetüüpide osakaalud ja põhjataimeistiku üldkatvus Muuga lahe punktides 2015 aasta vaatlusperioodil. kivid = suured kivid, väiksed kivid, kruus, paeplaat; liiv = peenliiv, keskmine liiv, jäme liiv; muu = savi, muda, kõdu, saviplaat

Liivi laht

Liivi lahe uurimisala paiknes Saaremaa lõunarannikul, Sepamaa lahe, Muratsi lahe ja Abruka saare vahelisel merealal (Joonis 2). Liivi laht on poolsuletud veekogu pindalaga 16 330 km² ja ruumalaga 424 km³, mis moodustab kogu Läänemere pindalast ja ruumalast vastavalt 3,9% ja 2,1%. Liivi lahes seguneb jõevesi Läänemere riimveega (soolsus ~ 8‰), mille tulemusel on pinnakihi vee soolsus vahemikus 5,2–6,4‰ ja põhjakihi vee soolsus üle 7‰. Kevadeti võib pinnakihi vee soolsus jääda alla 2‰. Liivi lahe vesi on sügisel ja talve jäävabadel perioodidel tänu tuulele enamasti kuni põhjakihtideni hästi segunenud. Aprillist oktoobri keskpaigani takistab hooajaline termiline kihistumine vertikaalset veevahetust, soodustab hapnikusisalduse vähenemist ja toitainete akumulereerumist vee põhjakihis, kuni kogu veesammas sügisel uuesti seguneb.

Liivi lahe uurimispunktides Saaremaa lõunarannikul oli keskmine sügavus 5,50 meetrit, minimaalne 3,34 m (S16) ja maksimaalne 8,95 m (S18). Pooled punktid asusid tugevamatele tuultele avatud piirkonnas (S15, S17, S18), pooled tuulte ja lainetuse mõjude eest varjatud

piirkondades (S13, S14, S16) (Joonis 2). Avatud piirkonnas uuriti nii pehme settetüübiga (S18), segu settetüübiga (S17) kui ka kivise settetüübiga (S15) elupaigatüüpe (Joonis 4). Varjatud piirkondade punktides oli valdavalt pehme sete koos kividega (S13), põhjataimestikuga (S16) või ilma taimestikuta (S14) (Joonis 4).

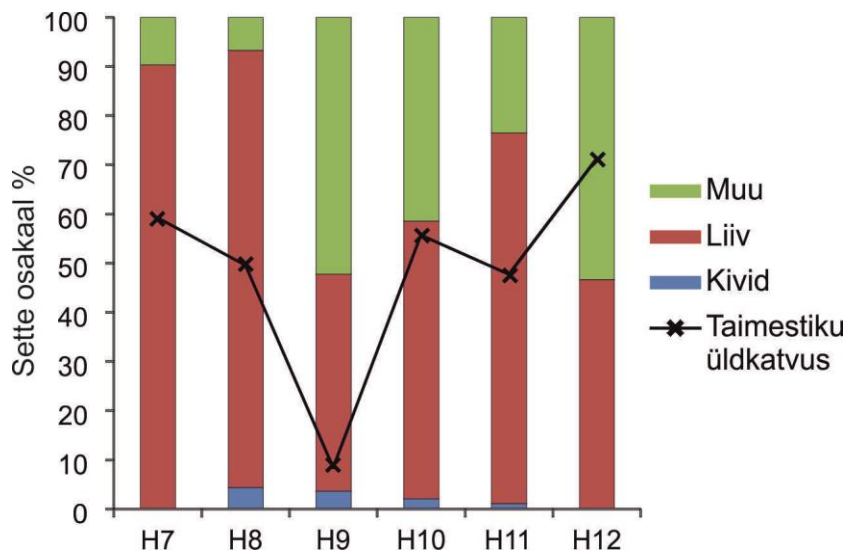


Joonis 4. Settetüüpide osakaalud ja põhjataimestiku üldkatvus Liivi lahe punktides 2015 aasta vaatlusperioodil. kivid = suured kivid, väikesed kivid, kruus, paeplaat; liiv = peenliiv, keskmine liiv, jäme liiv; muu = savi, muda, kõdu, saviplaat

Haapsalu laht

Haapsalu lahe kogupindala on 50 km². Lahe maksimumsügavus jääb alla 5 meetri ning keskmine sügavus on vaid 1,5–2 meetrit. Madalast veest tingituna puudub lahes vertikaalne temperatuurigradient ja kihistumine. Haapsalu Eeslaht on suhteliselt avatud ja hea veevahetusega veekogu. Seevastu Haapsalu Tagalaht on poolsuletud madalaveeline mereosa, mis asub linna (elanike arv ~11 000) heitvete mõjupiirkonnas. Magevesi siseneb lahte idaosa kaudu, suurim sissevool Taebla jõest valguga 107 km³. Need tingimused loovad suhteliselt järsu soolsuse gradiendi Väinamere (6–7‰) ja Haapsalu lahe idaosa vahel (1–3‰). Haapsalu lahe vee kvaliteet sõltub suures osas linna heitvetest, kuid ka suletud laheossa akumulatsioonid toidainetest.

Keskmine sügavus Haapsalu lahe uurimispunktides oli 2,14 m, minimaalne 1,6 m (H8 ja H11), maksimaalne 3,78 m (H9). Tugevamatele tuultele avatud piirkonnas asuvates punktides (H7, H8, H9) (Joonis 2) domineeris liivane settetüüp väikeste kividega (H9), väikeste kivide ja taimestikuga (H8) ja taimestikuga (H7) (Joonis 5). Tuulte ja lainetuse eest varjatud piirkondade punktides (H10, H11, H12) (Joonis 2) oli suurem osakaal mudal ja savil (Joonis 5). Lahe varjatud punktides oli põhjataimestiku katvus suurem, varieerudes 48% ja 71% vahel. Haapsalu lahes oli 2015. aasta vaatlusperioodi jooksul taimestikuga kaetus suurim juulis ja madalaim juunis.



Joonis 5. Settetüüpide osakaalud ja põhjataimestiku üldkatvus Haapsalu lahe punktides 2015 aasta vaatlusperioodil. kivid = suured kivid, väiksed kivid, kruus, paeplaat; liiv = peenliiv, keskmine liiv, jäme liiv; muu = savi, muda, kõdu, saviplaat

2.2 Andmetöötlus

Statistiline andmetöötlus ja ruumiline modelleerimine viidi läbi programmide Statistica 7 ja R abil. Koosluseanalüüsid teostati programmi PRIMER abil. Joonised koostati ja viimistleti programmis CorelDRAW7 ja MS Excel.

2.3 Keskkonnaandmete uurimismetoodika

2.3.1 Põhjataimestik ja põhjaloomastik

Haapsalu lahe, Muuga lahe ja Liivi lahe veekogumist koguti liivase settega proovipunktidest (H7, H8, H9, H10, H11, H12, jne) proovid Ekman tüüpi põhjaammutajaga ja kivise settega proovipunktidest (S15, M4 jne) kasutati proovide kogumiseks taimeraame (20x20cm). Proovid pesti nailonsõeltel. Nailonsõela siidi ava diameeter on 0,25 mm. Välitöödel pakiti proovid kilekottidesse, varustati etiketiga ning säilitati -20°C juures kuni nende laboratoorse analüüsini. Kõikides jaamades määrati põhjaloomastiku ja põhjataimestiku liigiline koosseis, liikide arvukus ja kuivkaal 1 m² kohta. Kuivkaalu leidmiseks kuivatati loomi 60°C juures 48 tundi ja taimi kaks nädalat. Laboratoorsed tööd toimusid Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteeritud Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi katselaboris registreerimisnumbriga L179. Igast proovipunktist (kokku 18 punkti kolme lahe kohta) koguti proove korra kuus viie kuu jooksul juunist oktoobrini kolmes korduses (kokku 270 proovi). Juuni, juuli ja augusti põhjal hinnati suviseid põhjakooslusi ning septembri ja oktoobri põhjal sügiseseid põhjakooslusi. Seoses projekti hilisema algusega ei saanud hinnata kevadisi põhjakooslusi ja neid hinnatakse projekti teises pooles 2016 aasta välitööde põhjal.

Lisaks koguti igas proovipunktist korra kuus juunist oktoobrini videomaterjali (kokku 90 videot). Allveevideote pikkus oli 3min ning nende põhjal hinnati põhjataimestiku katvust (üldkatvust ja liigilist koosseisu), sette tüüpi ja ümarmudilate arvukust.

2.3.2 Hüdrokeemia ja vee läbipaistvus

Hüdrokeemia

2015. aasta vaatlusperioodi käigus koguti hüdrokeemia proove pinnakihist (1m). Haapsalu lahe, Liivi lahe ja Muuga lahe vastavates proovipunktides koguti juunist kuni oktoobrini proovid nitraatse lämmastiku (NO_x-N), fosfaatse fosfori (PO₄-P), räni (SiO₄-Si), üldlämmastiku (TN) ja -fosfori (TP) määramiseks. Kokku analüüsiti vaatlusperioodi jooksul 90 veekeemia proovi.

Toitainete analüüside aluseks olid vastavad rahvusvahelised ISO ja EN standardmeetodid ning analüüsid teostati „Skalari” firma automaatanalüsaatoril San⁺⁺. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi Merebioloogia osakonna labor on Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteeritud ning akrediteerimisulatus hõlmab kõiki kasutatud analüüsimeetodikaid (akrediteering nr. L179).

Temperatuur

Merevee temperatuuri mõõtmiseks kasutati CTD/STD sonde mudelid SD204 ja YSI 6600V2. Merevee temperatuuri mõõdeti kõikidelt uurimisaladelt korra kuus juunist oktoobrini 2015. aastal, kokku 90 korda.

Vee läbipaistvus

Vee läbipaistvust mõõdeti Secchi ketta abil kõikides proovi punktides korra kuus juunist oktoobrini, kokku 90 korda.

2.4 Röövkalade toitumise uurimismetoodika

Röövkalade (ahven, haug, koha) toitumise analüüsiks koguti kord kuus igalt katsealalt (Joonis 2) üks juhuslik proov töenduslikest mörripüükidest. Proovi suurus varieerus vastavalt kala liigile: ümarmudilat ca 50, ahvenat ca 30, haugi ja koha kumbagi 3-5 isendit. Ahvena, koha ja haugi isendid analüüsiti vahetult pärast proovivõttu.

Kõik kogutud kalad analüüsiti bioloogiliselt, st kalal mõõdeti tüve- (SL, cm) ja täispikkus (TL, cm) ja täiskaal (TW, g), määrati kala sugu ja suguküpsus, so gonaadi histoloogiline seisund kuueastmelisel skaalal (Anon 2007). Olenevalt kala liigist koguti kõigilt isenditelt vanust registreerivad struktuurid: ahvenal vasakpoolne lõpuskaaneluu (Tesh 1971), haugil ja kohal ülalpool seljauime algust soomuseid (Thoresson 1993). Struktuurid pakendati, lasti kuivada ja hiljem määrati nende järgi kala vanus. Maod eemaldati ja sisu analüüsiti binokulaari all, kogu sisu loendati ja määrati liigi täpsuseni, kui võimalik (vastavalt seedumisastmele). Loendamisel hinnati selgrootute toiduobjektide või kalaliikide suurusklassi ja arvutati arvutuslik biomass vastavalt Eesti Mereinstituudi andmebaasi keskmistele biomassidele vastava liigi suurusklassi kohta.

2.5 Ümarmudila toitumise uurimismetoodika

Ümarmudila proove koguti kord kuus kevadest sügiseni rannakalurite mõrdadest (avameremörd) Muuga lahest ja Liivi lahest Saaremaa lõunarannikult (Joonis 2). Muuga lahest

koguti proove kahest erinevast avameremõrrast Aegna saarest idas ja Muuga sadama lähistelt (edaspidi Aegna ja Muuga mõrd).

Ühe proovi suurus varieerus vastavalt kala kättesaadavusele konkreetsest mõrrast 50 kuni 100 isendi vahel kasutades juhusliku valiku meetodit. Kalad külmutati ja transporditi Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi katselaborisse. Kaladel mõõdeti tüve- (SL, cm) ja täispikkus (TL, cm) ja täiskaal (TW, g), määrati kala sugu ja suguküpsus, so gonaadi histoloogiline seisund kuueastmelisel skaalal (Anon 2007). Kalade maod eemaldati ja sisu analüüsiti binokulaari all. Maod eemaldati ja sisu analüüsiti binokulaari all, kogu sisu loendati ja määrati liigi täpsuseni, kui võimalik (vastavalt seedumisastmele). Loendamisel hinnati selgrootute toiduobjektide või kalaliikide suurusklassi ja arvatati arvutuslik biomass vastavalt Eesti Mereinstituudi andmebaasi keskmistele biomassidele vastava liigi suurusklassi kohta.

2.6 Ümarmudila tiheduse uurimismetoodika

Igas proovipunktis (18tk) teostati kadiska tüüpi lõkspüünistega (45x60x30 cm, sõlmevahe 10 mm) ümarmudila püüki juunist oktoobrini. Igas proovipunktis asetati jadana 5 lõksu merepõhja 48-ks tunniks, lõksude omavaheline kaugus oli keskmiselt 10m ja keskmine lõks asus alati samas asukohas. Lõksudesse lisati söödaks üks keskmise suurusega räim.

Igas proovipunktis teostati sukeldumisi juulist oktoobrini, et hinnata ümarmudilate arvukust ühe uuritud elupaikades. Sukelduja hindas ümarmudilate keskmist arvukust igas proovipunktis 10-20 1 m² suurustes juhuslikult valitud loendusruutudes. Igas prooviruudus hinnati väikeste (TL <5cm), keskmiste (TL 5<13cm) ja suurte (TL >13cm) isendite osakaalu.

Kokku teostati 72 sukeldumist. Lisaks hinnati videomaterjali põhjal ümarmudila arvukust igas proovipunktis üks kord kuus viie kuu jooksul juunist oktoobrini.

Kolmest ümarmudila tiheduse hindamise metoodikast (lõkspüünised, sukeldushinnangud, videohinnangud) valitakse ekspertarvamuse põhjal parim metoodika või metoodikate kombinatsioon. Tulemuste põhjal antakse projekti esimeses pooles kogutud andmete põhjal modelleeritud mudeli põhjal esialgne hinnang ümarmudila suhtelisest asustustihedusest Eesti rannikumeres. Projekti teises pooles kogutakse lisaandmeid, et suurendada mudeli täpsust ja hinnata aastate vahelist varieeruvust.

2.7 Ümarmudila kodupiirkonna ja invasioonipotentsiaali uurimismetoodika

Ümarmudila liikumise, kodupiirkonna ja invasioonipotentsiaali uurimiseks kasutati kala liikumise aktiivset järgimist läbi akustilise telemeetria. Selleks sisestati kalasse kiip, mis aktiivselt väljastab heli ehk akustilist signaali ja signaali võtavad vastu merepõhja paigutatud hüdrofoonid ehk vastuvõtjad. Iga kalasse sisestatud kiip saadab välja iga 90 sekundi tagant helisignaali koos unikaalse ID numbriga, mille abil on võimalik saada täpset infot kala asukohast millisekundi täpsusega. Andmed salvestuvad vastuvõtjates ja peale failide allalaadimist töödeldakse andmeid MS Excelis ja MS Accessis ning analüüsitakse tulemusi programmiga VUE ja statistika programmiga R.

Projekti esimeses pooles viidi läbi kaks pilootkatset vastuvõtjate asukoha (kaugus, sügavus, keskkond jne) parimaks planeerimiseks ja andmete töötluuseks vajalike põhimõtete selgitamiseks.

Juunis 2016 viidi läbi katse Kõiguste lahes paiknevas suletud akvatooriumis (~0,09km²).

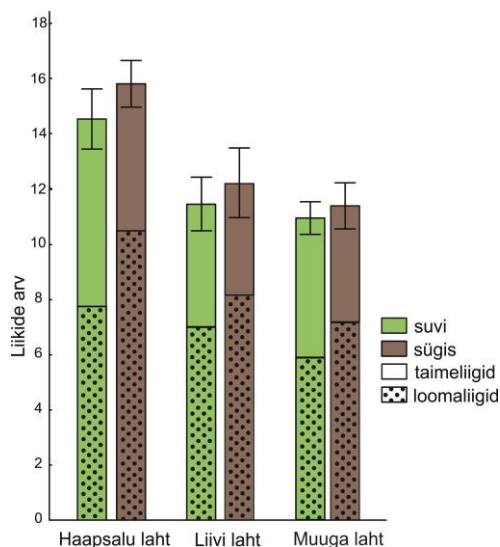
3. TULEMUSED

3.1 Keskkonnaandmed

3.1.1 Põhjataimestiku- ja loomastiku muutused

Uurimisala põhjaloomastiku kooslused erinesid oluliselt liikide arvukuse, biomassi ja liigirikkuse poolest. Liikide arvukuse alusel eristusid uurimisalad kõige rohkem mere kirpvähi (*Gammarus salinus*), vesikinga (*Theodoxus fluviatilis*), tõruvähi (*Amphibalanus improvisus*) ja balti lamekarbi (*Macoma balthica*) näitajate poolest. Haapsalu lahes esines olulisi sesooneid erinevusi põhjakoosluste iseloomus, seda eriti suviste ja sügiseste aspektide vahel. Suvel domineeris vesiking ja sügisel oli võõt-kirpvähi (*Gammarus tigrinus*), söödava südakarbi (*Cerastoderma glaucum*) ja surusääsklaste Chironomidae vastsete arvukus oluliselt kõrgem teistest liikidest. Teistel uurimisaladel oli põhjaloomastiku sesoone varieeruvus väiksem.

Vaadeldaval perioodil põhjaloomastiku liigirikkus (liikide arv vaatluskorra kohta) uurimisalade vahel oluliselt ei erinenud, kuid oli mõnevõrra suurem Haapsalu lahes (Joonis 6). Haapsalu lahes oli suurem liigirikkus sügisel ($p=0,066$), teistel uurimisalade vahel olulist sesoonset erinevust ei täheldatud.



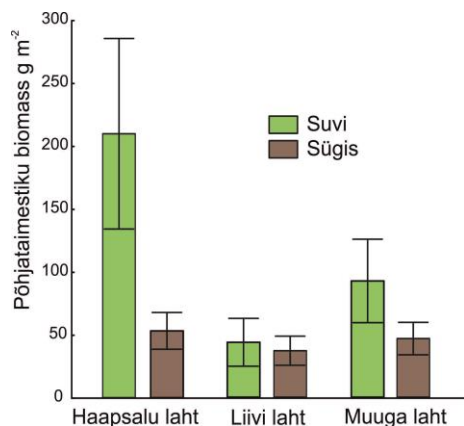
Joonis 6. Põhjaloostiku ja -taimestiku liigirikkuse erinevused uurimisaladel 2015 aasta suvel ja sügisel.

Biomasside alusel erinesid kõik uurimisalad üksteisest nii taime- kui põhjaloomastiku koosluste poolest (Joonis 7 ja Joonis 8), kuid olulist sesoonset erinevust kooslustel ei ilmnenud. Vaid Haapsalu lahes olid põhjaloomastiku kooslused biomasside alusel mõnevõrra erinevad suvel ja sügisel ($p=0,064$). Põhjaloostiku biomasside sesoonesse erinevustesse andsid suurima panuse Haapsalus järgmised liigid: *Theodoxus fluviatilis*, *Cerastoderma glaucum*.

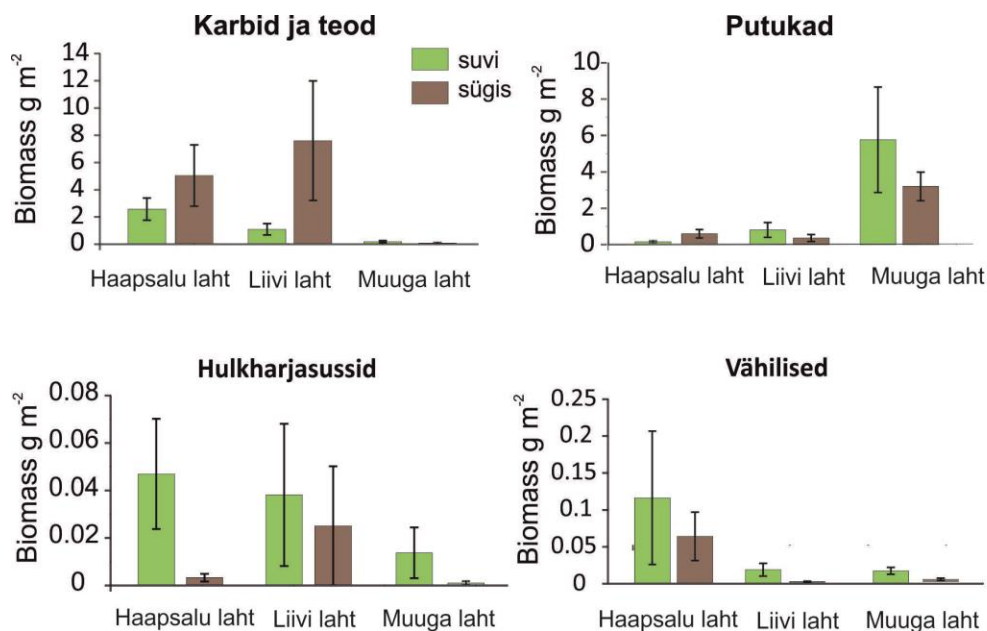
Uurimisalade põhjaloomastiku kooslused erinesid üksteisest peamiselt liikide *Theodoxus fluviatilis*, *Amphibalanus improvisus* ja *Cerastoderma glaucum* biomasside poolest.

Uurimisalade taimekoosluste vahelisse erinevusse andsid suurima panuse need liigid: *Fucus*

vesiculosus lahtine vorm ja *Pilayella littoralis* (esinesid rohkelt vaid Haapsalu lahes), *Furcellaria lumbricalis* (rohkelt Kuressaare ja Muuga lahes) ja *Fucus vesiculosus* (rohkelt vaid Muuga lahes).



Joonis 7. Põhjataimestiku biomassid uurimisaladel 2015 aasta suvel ja sügisel.



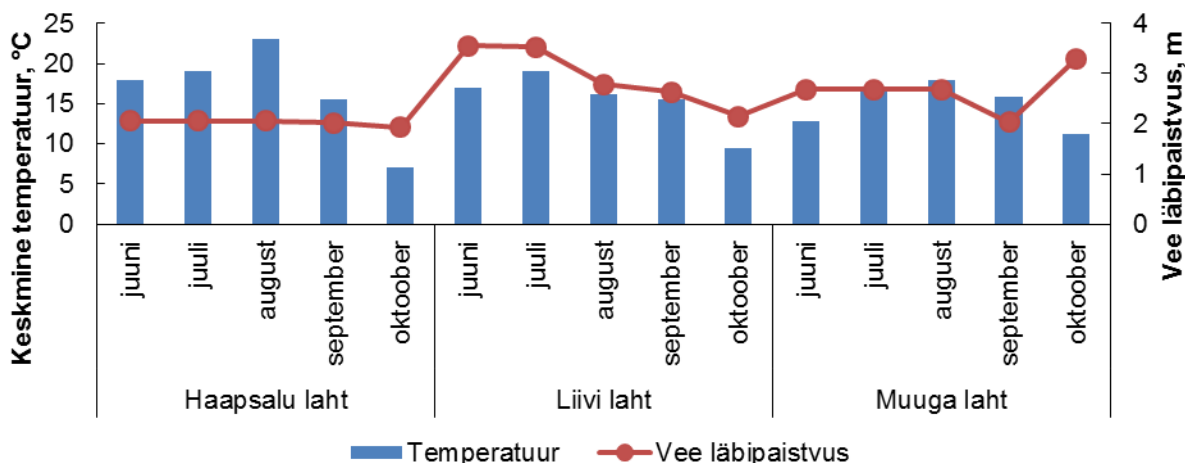
Joonis 8. Põhjaloostiku suuremate rühmade biomasside erinevused uurimisaladel 2015 aasta suvel ja sügisel.

3.1.2. Veekeskkonna muutused

Erinevate uurimisalade keskmine merevee temperatuur varieerus juunis 12,8–17,9 °C, juulis 16,8–19,1 °C, augustis 16,2–23 °C, septembris 15,5–15,9 °C ja oktoobris 7,1–11,3 °C vahel (Joonis 9). Juunis, juulis ja augustis oli kõige soojem merevesi Haapsalu lahes ning kõige jahedam vesi Muuga lahes, v.a. augustis, mil Kuressaare lahe keskmine merevee temperatuur oli sarnane Muuga lahe merevee temperatuurile. Septembris olid uurimisalade keskmised merevee temperatuurid väga väikese varieeruvusega 15,5–15,9 °C. Oktoobris oli kõige kõrgem

merevee temperatuur Muuga lahes (11,1–11,4 °C) ja kõige madalam Haapsalu lahes (6,3–8,2 °C).

Haapsalu lahe merevee läbipaistvus oli kogu vaatlusperioodi jooksul suhteliselt muutmatu (Joonis 9). Kuressaare lahe merevee läbipaistvus oli parem juunis ja juulis (keskmiselt 3,5 m) ning vähenes tunduvalt sügiskuudel, mil kõige kehvem merevee läbipaistvus mõõdeti oktoobris (2,2 m). Muuga lahes oli kõige parem merevee läbipaistvus oktoobris (3,3 m) ja kõige kehvem läbipaistvus septembris (2 m). 2015 aasta vaatlusperioodi jooksul oli uurimisaladest keskmiselt kõige parema merevee läbipaistvusega Kuressaare laht (2,93 m) ja keskmiselt kõige kehve läbipaistvusega Haapsalu laht (2 m).

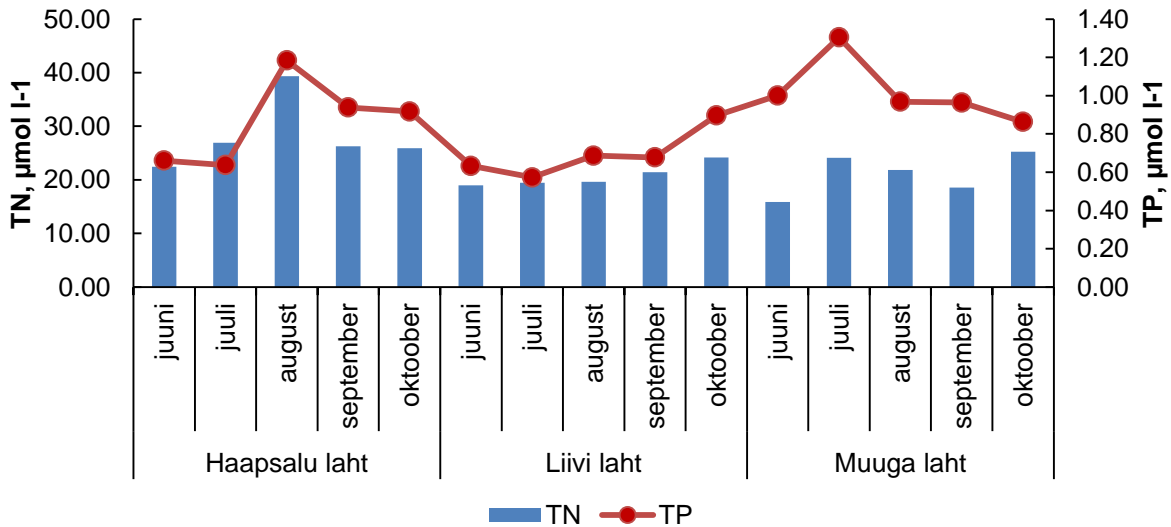


Joonis 9. Haapsalu, Kuressaare ja Muuga lahe punktide keskmine temperatuur (°C) ja keskmine merevee läbipaistvus (m) 2015 aasta vaatlusperioodi jooksul erinevatel uurimisaladel.

Suurimad toitainete kontsentratsioonid mõõdeti Haapsalu lahes augustis, üldlämmastiku sisaldus oli 39,33 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ja üldfosfori sisaldus oli 1,18 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (Joonis 10). Madalaim toitainete kontsentratsioon mõõdeti Haapsalu lahes juunis, üldlämmastiku sisaldus oli 22,44 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ja üldfosfori sisaldus oli 0,66 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Haapsalu lahe keskmiseks üldlämmastiku ja -fosfori kontsentratsiooniks määrati kogu vaatlusperioodi jooksul vastavalt 28,18 ja 0,87 $\mu\text{mol l}^{-1}$.

Suurimad toitainete kontsentratsioonid mõõdeti Kuressaare lahes oktoobris, üldlämmastiku sisaldus oli 24,16 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ja üldfosfori sisaldus oli 0,9 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Madalaim toitainete kontsentratsioon mõõdeti Kuressaare lahes juunis, üldlämmastiku sisaldus oli 18,98 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ja üldfosfori sisaldus oli 0,63 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Kuressaare lahe keskmiseks üldlämmastiku ja -fosfori kontsentratsiooniks määrati kogu vaatlusperioodi jooksul vastavalt 20,72 ja 0,69 $\mu\text{mol l}^{-1}$.

Muuga lahes mõõdeti suurim üldlämmastiku kontsentratsioon oktoobris, 25,24 $\mu\text{mol l}^{-1}$, ja üldfosfori kontsentratsioon juulis, 1,3 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Muuga lahes mõõdeti madalaim üldlämmastiku kontsentratsioon juunis, 15,9 $\mu\text{mol l}^{-1}$, ja üldfosfori kontsentratsioon oktoobris, 0,86 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Muuga lahe keskmiseks üldlämmastiku ja -fosfori kontsentratsiooniks määrati kogu vaatlusperioodi jooksul vastavalt 21,13 ja 1,02 $\mu\text{mol l}^{-1}$.



Joonis 10. Üldlämmastiku (TN, $\mu\text{mol l}^{-1}$) ja üldfosfori (TP, $\mu\text{mol l}^{-1}$) keskmised kontsentratsioonid 2015 aasta vaatlusperioodi jooksul erinevatel uurimisaladel.

3.2 Röövkalade toitumine

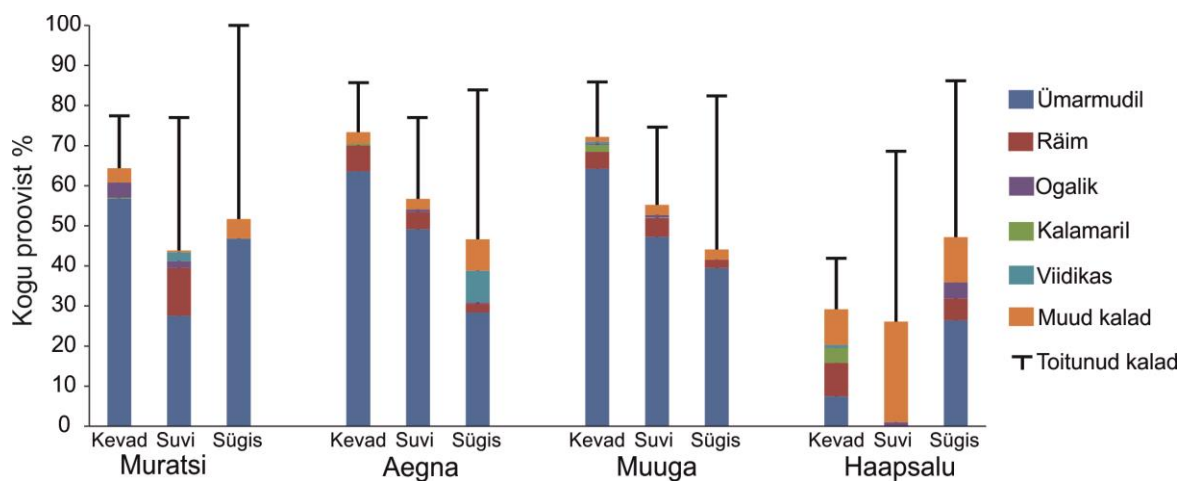
3.2.1 Ahven

Ahvenat koguti kutseliste kalurite mõrdadest võimalusel kord kuus (aprillist oktoobrini) kolmest lahest (Joonis 2). Proovi suurus varieerus vastavalt kala olemasolule püünises. Kalade suurus varieerus proovide kaupa. Proovide keskmised kogupikkused varieerusid proovivõtukohtade ja aastaegade vahel (Tabel 1). Kõikides proovides domineerisid emased isendid.

Maosisude analüüsi põhjal on näha suurt ümarmudila suurt osakaalu ahvena toitumises Liivi ja Muuga lahes (Joonis 11). Haapsalu lahes on ümarmudilate tarbimine tõusvas trendis, olles ligikaudu kolm korda kõrgem sügisel kui kevadel. Suvel oli ümarmudilast toitumine madal, mis võib olla seotud kõrgema temperatuuriga Haapsalu lahes (Joonis 9).

Tabel 1. Ahvena keskmine toitumine ja populatsiooni parameetrid uurimispiirkondades (Liivi laht (LL), Muuga laht (ML), Haapsalu laht (HL)) erinevatel aastaaegadel 2015 aastal.

Punkt	Ala	Aeg	N	Isased %	Emased %	Pikkus (mm)	Märgkaal (g)	Toitunud %	Koguisenditest (%)			
									Selgrootud	Taimne materjal	Kala	Määratlemata
Muratsi	LL	kevad	84	8,5	91,5	205,7	115,2	77,4	12,8	0	64,4	6,5
Muratsi	LL	suvi	69	11,6	88,4	216,4	133,7	77,0	27,4	0	43,8	5,8
Muratsi	LL	sügis	29	31,0	69,0	200,8	109,9	100	37,9	3,4	51,7	31,0
Aegna	ML	kevad	42	23,8	76,2	186,3	85,1	85,7	19,1	0,0	73,8	0,0
Aegna	ML	suvi	104	24,8	75,2	202,8	117,5	77,0	15,5	0,6	57,3	7,4
Aegna	ML	sügis	107	17,4	82,6	197,2	108,5	83,9	22,4	3,1	46,6	13
Muuga	ML	kevad	71	9,9	90,1	184,3	84,5	85,9	4,23	0,0	73,2	8,5
Muuga	ML	suvi	67	14,9	85,1	188,0	86,2	74,6	19,40	1,5	58,2	4,5
Muuga	ML	sügis	34	29,4	70,6	176,3	70,9	82,4	14,71	2,9	44,1	23,5
Haapsalu	HL	kevad	97	16,8	83,2	199,8	105,3	41,9	13,7	1,1	29,2	0,0
Haapsalu	HL	suvi	55	23,8	76,2	219,9	139,0	68,6	32,7	3,7	28,8	16,2
Haapsalu	HL	sügis	65	31,5	68,6	220,3	142,8	86,2	45,0	11,4	47,2	8,7



Joonis 11. Ahvena toitumine kalaliikidest uurimisaladel sesooniti ja toitunud kalade protsendid.

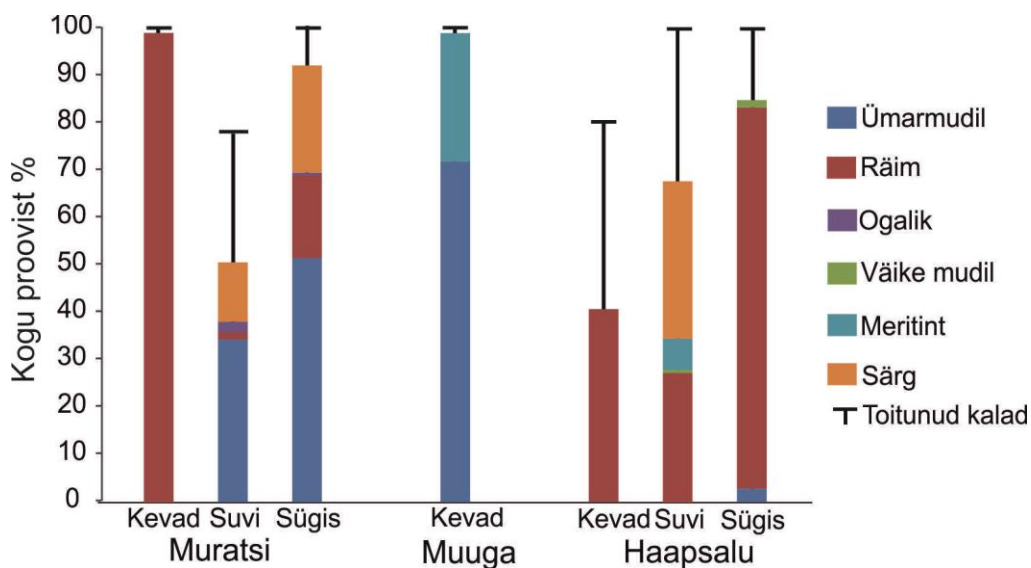
3.2.2 Koha

Koha koguti kutseliste kalurite mõrdatest võimalusel kord kuus (aprillist oktoobrini) kolmest lahest (Joonis 2). Proovi suurus varieerus vastavalt kala olemasolule püünises. Kalade suurus varieerus proovide kaupa. Proovide keskmised kogupikkused varieerusid proovivõtukohtade ja aastaegade vahel (Tabel 2).

Koha toitumisel oli oluline roll ümarmudilal nii Liivi lahes kui ka Muuga lahes. Muuga lahe uurimispunktis oli koha pük liiga väike, et näidata olulist ümarmudila rolli koha toitumises. Liivi lahes oli näha nii suvel kui ka sügisel olulist ümarmudila rolli koha toitumises (Joonis 12). Haapsalu lahes ümarmudil esines koha toidus vähesel määral sügisel.

Tabel 2. Koha keskmine toitumine ja populatsiooni parameetrid uurimispiirkondades (Liivi laht (LL), Muuga laht (ML), Haapsalu laht (HL)) erinevatel aastaegadel 2015a.

Punkt	Ala	Aeg	N	Isased %	Emased %	Pikkus (mm)	Märgkaal (g)	Toitunud %	Koguisenditest (%)			
									Selgrootud	Taimne materjal	Kala	Määratlemata
Muratsi	LL	kevad	2	100	0	313,5	264,3	100	0	0	100	0
Muratsi	LL	suvi	18	33,3	66,7	327,8	317,6	77,8	16,7	0	50	11,1
Muratsi	LL	sügis	11	63,6	36,4	335,7	343,8	100	0	18,2	90,9	9,1
Muuga	ML	suvi	1	100	0	431,0	670,2	100	0	0	100	0
Haapsalu	HL	kevad	5	40	60	388,2	472,8	80	20	0	40	20
Haapsalu	HL	suvi	6	16,7	83,4	383,7	494,9	100	33,4	0	66,7	16,7
Haapsalu	HL	sügis	11	52,1	47,9	383,3	449,3	100	0	0	83,4	16,7



Joonis 12. Koha toitumine uurimisaladel 2015 aastal.

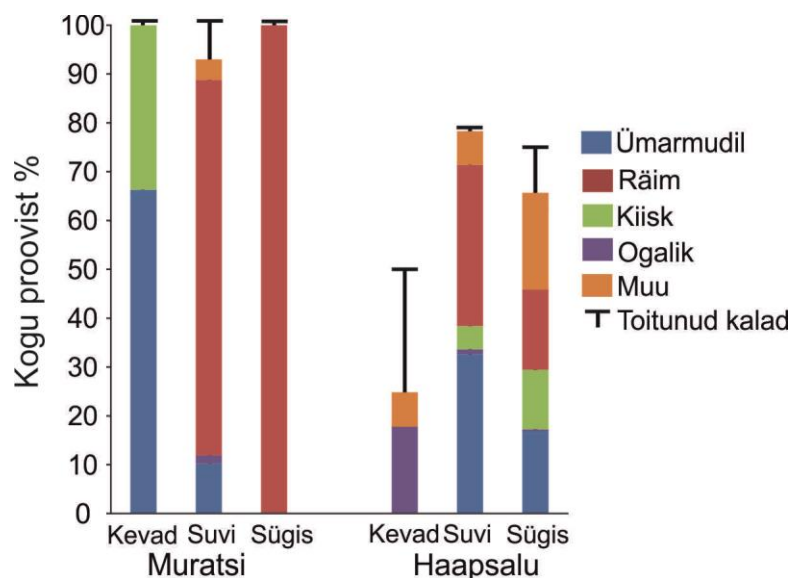
3.2.3 Haug

Haugi koguti kutseliste kalurite mõrdadest võimalusel kord kuus (aprillist oktoobrini) kolmest lahest (Joonis 2). Proovi suurus varieerus vastavalt kala olemasolule püünises. Kalade suurus varieerus proovide kaupa. Proovide keskmised kogupikkused varieerusid proovivõtukohtade ja aastaegade vahel (Tabel 3).

Haugi toitumises oli ümarmudilal oluline roll nii Liivi lahe kui ka Haapsalu lahe uurimispunktides (Joonis 13).

Tabel 3. Haugi keskmine toitumine ja populatsiooni parameetrid uurimispiirkondades (Liivi laht (LL), Muuga laht (ML), Haapsalu laht (HL)) erinevatel aastaegadel 2015a.

Punkt	Ala	Aeg	N	Isased %	Emased %	Pikkus (mm)	Märkkaal (g)	Toitunud %	Koguisenditest (%)			
									Selgrootud	Taimne materjal	Kala	Määratlemata
Muratsi	LL	kevad	2	50,0	50,0	538,0	1177,1	100	0	0	100	0
Muratsi	LL	suvi	8	46,7	53,4	506,6	935,8	100	0	0	100	0
Muratsi	LL	sügis	1	0	100	438,0	644,3	100	0	0	100	0
Haapsalu	HL	kevad	4	50,0	50,0	424,5	464,1	50,0	25,0	0	25,0	0
Haapsalu	HL	suvi	10	52,4	47,7	448,4	617,2	78,6	0	0	78,6	0
Haapsalu	HL	sügis	14	87,5	12,5	411,9	456,0	75,0	0	8,4	60,4	6,3



Joonis 13. Haugi toitumine uurimisaladel 2015 aastal.

3.3 Ümarmudila toitumine

Kokku analüüsiti Liivi lahes 354 kala 2015 aasta aprillist oktoobrini. Populatsioonis on ümarmudilate keskmine pikkus 147 mm, kaal 53,1g ja domineerisid isased isendid (86,5%), Keskmine toitumus oli 54,87%, kevadel oli kõige suurem toitunud isendite osakaal ja suvel ja sügisel toitumus vähenes hüppeliselt. Analüüsitud isenditest tarbis kõige rohkem isendeid selgrootuid loomi (27,7%) ja kala (14,2%). Keskmiselt olid 20% isenditest tarbinud identifitseerimata toituobjekte. Räumemarja tarbiti kõige rohkem aprillis Saaremaal ja juunis Aegnal.

Tabel 4. Ümarmudila keskmine toitumine ja populatsiooni parameetrid uurimiskiirkondades (Liivi laht (LL), Muuga laht (ML), Haapsalu laht (HL)) erinevatel aastaegadel 2015 aastal.

Punkt	Ala	Aeg	N	Isased %	Emased %	Pikkus (mm)	Märkkaal (g)	Toitunud %	Koguisenditest (%)				
									Selgrootud	Taimne materjal	Kala	Räumemari	Määratlemata
Muratsi	LL	kevad	161	89,3	10,8	147,1	53,5	62,2	19,7	13,5	26,4	23,1	11,5
Muratsi	LL	suvi	144	84,2	15,9	146,6	47,2	55,6	32,1	3,9	8,2	0	28,6
Muratsi	LL	sügis	49	85,7	14,3	149,9	63,8	38,8	34,7	0	2,0	0	20,4
Aegna	ML	kevad	87	85,1	14,9	139,4	45,6	56,3	5,8	1,2	54,0	48,3	0
Aegna	ML	suvi	40	72,5	27,5	159,7	63,1	37,5	35,0	0	2,5	0	0
Aegna	ML	sügis	83	61,0	39,0	141,5	52,3	41,8	11,1	1,1	29,6	1,4	4,4
Muuga	ML	kevad	92	60,9	39,1	143,3	48,2	59,8	17,4	3,3	37,0	12,0	23,9
Muuga	ML	suvi	210	65,4	34,6	132,1	39,0	62,1	35,9	9,4	16,5	0,8	32,1
Muuga	ML	sügis	141	58,2	41,9	136,0	45,7	49,9	18,6	3,9	22,0	2,7	20

Tabel 5. Selgrootute tarbimine kogutarbitud selgrootute biomassist (%).

	Saaremaa			Aegna			Muuga		
	Kevad	Suvi	Sügis	Kevad	Suvi	Sügis	Kevad	Suvi	Sügis
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	6,1	0	0	40,1	44,1	45,0	51,5	33,1
<i>Cerastoderma glaucum</i>	0	23,0	57,4	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Gammaridae	57,4	0,9	0,1	0,2	0	0	0,3	0,7	0
<i>Idotea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
<i>Insect larvae</i>	0	17,1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoma balthica</i>	33,8	12,8	24,9	63,6	22,6	26,1	21,5	26,0	56,8
Mysidae	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mytilus trossulus</i>	0	0,6	4,5	36,3	37,3	29,2	33,0	17,5	5,3
<i>Palaemon</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6
<i>Peringia ulvae</i>	5,4	8,9	5,4	0	0	0	0,2	0,2	0
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0	0	4,4	0	0	0,7	0	0,2	3,3
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	0	0	0	0	0	0	0	3,1	0
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0	30,6	3,4	0	0	0	0	1,0	0
Polychaeta	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0

3.4 Ümarmudila tihedus

2015 aastal hinnati ümarmudila tihedust nii lõkspüüniste, allveevideote ja sukelduja hinnangute põhjal. Projekti esimeses poole eesmärgiks oli katsetada erinevaid meetodikaid võimalikult täpselt tiheduse hinnangu andmiseks. Projekti teises poole välitööde teostamisel ja planeerimisel lähtutakse esimese poole tulemustest ja korrigeeritakse püügivahendite kasutamiste ja proovipunktide asukohti.

3.4.1 Haapsalu laht

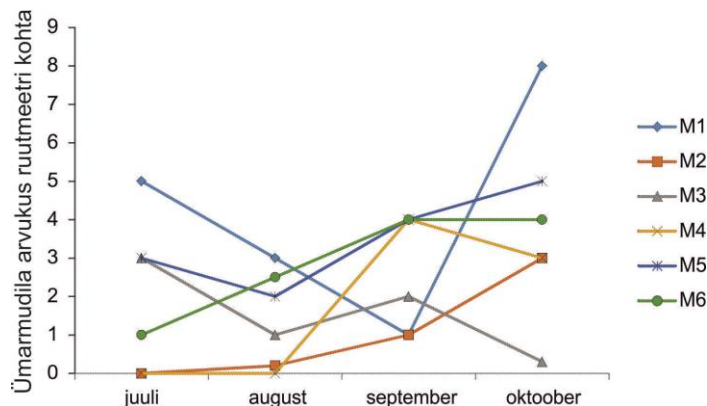
Haapsalu lahest ei leitud ümarmudilat ei lõkspüünisega ega sukelduja vaatlustel. Siiski esines ümarmudilat ahvena, koha ja haugi maos. Ümarmudila kiire invasioonikiiruse põhjal on põhjust arvata, et järgmine hooaeg (2016) on ümarmudil levinud ka Haapsalu lahte, seega täpustatud hinnang ümarmudila tiheduse kohta Haapsalu lahes antakse 2017 aastal.

3.4.2 Muuga laht

Kokku püüti lõkspüünistega 5 kuud (juuni kuni oktoober). Kuigi lõkspüünised pakuvad võimalust püüda sama efektiivsusega erinevatest elupaigatüüpidest, ei andnud püügid oodatud tulemusi. Ümarmudila liikumine on seotud erinevate keskkonnateguritega (temperatuur, tuule kiirus jne). Efektiivne püük, mille korral üle 90% lõksudest püüdsid, teostati oktoobris. Oktoobri tulemuste põhjal võib hinnata ümarmudila tiheduseks Muuga sadama uurimispunktides 0,2-1 mudilat ruutmeetri kohta ja Aegna uurimispiirkonnas (Joonis 2) 0,3-0,6 mudilat ruutmeetri kohta.

Mudila arvukuse hindamine allveevideotega andis samuti ebatäpseid tulemusi. Enamustes uurimispunktides (~90%) oli vee läbipaistvus keskine, mistõttu ei olnud võimalik ümarmudilaid näha ja identifitseerida seljauimel paikneva täpi järgi.

Sukelduja hinnang osutus valitud meetoditest parimaks ümarmudila arvukuse määramisel. Sukeldumisel täheldati, et erinevalt teistest kalaliikidest ei kartnud ümarmudil sukelduja lähedust ning ümarmudila loendamine oli seotud väga väikse veaga. Vaid suuremate tormide ajal peitus ümarmudil kivide vahele ning loendamine oli raskendatud. Sukeldumisi teostati juulist oktoobrini kuues proovipunktis Muuga lahes (Joonis 14). Vaatluste käigus luges sukelduja ümarmudilaid 10-20 juhulikul valitud prooviruudus. Igas prooviruudus hinnati väikeste (TL <5cm), keskmiste (TL 5<13cm) ja suurte (TL >13cm) isendite osakaalu.

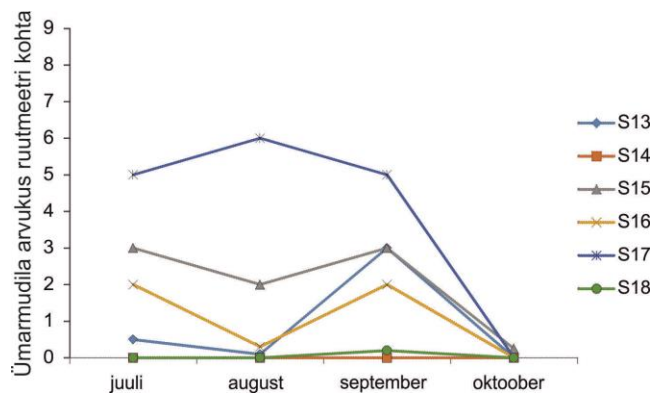


Joonis 14. Ümarmudila arvukus (isendit/m²) Muuga lahe uurimispunktides 2015 aastal.

3.4.3 Liivi laht

Kokku püüti lõkspüünistega 5 kuud (juuni kuni oktoober). Lõkspüüniste püügitulemused alahindasid ümarmudila arvukust Liivi lahe uurimispunktides. Maksimaalseks arvukuseks jäi 0,1 isendit ruutmeetri kohta ja püügiefektiivsus oli alla 20% kõikide lõksude kohta. Kogu piirkonnas oli veel läbipaistvus liiga keskine, et videotest oleks võimalik ümarmudilaid identifitseerida.

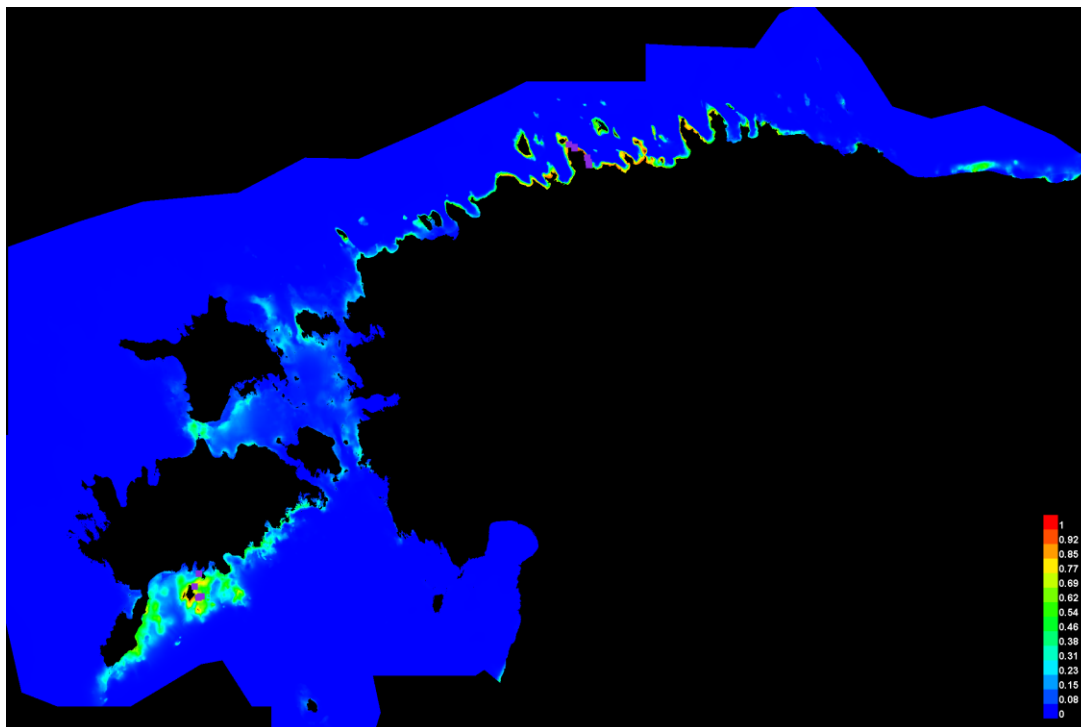
Sukelduja hinnang osutus hetkel parimaks ümarmudila arvukuse määramisel. Sukeldumisi teostati Liivi lahes juulist oktoobrini (Joonis 15). Ümarmudilate arvukus erinevates proovipunktides oli kuude lõikes stabiilsem kui Muuga lahes. Oktoobrikuus oli kõikides uurimispunktides ümarmudila arvukus alla 0,6 isendi ruutmeetri kohta, mis on potentsiaalselt seotud järsu temperatuuri langusega (Joonis 9).



Joonis 15. Ümarmudila arvukus (isendit/m²) Liivi lahe uurimispunktides 2015 aastal.

3.4.4 Hinnang ümarmudila tihedusele Eesti rannikumeres

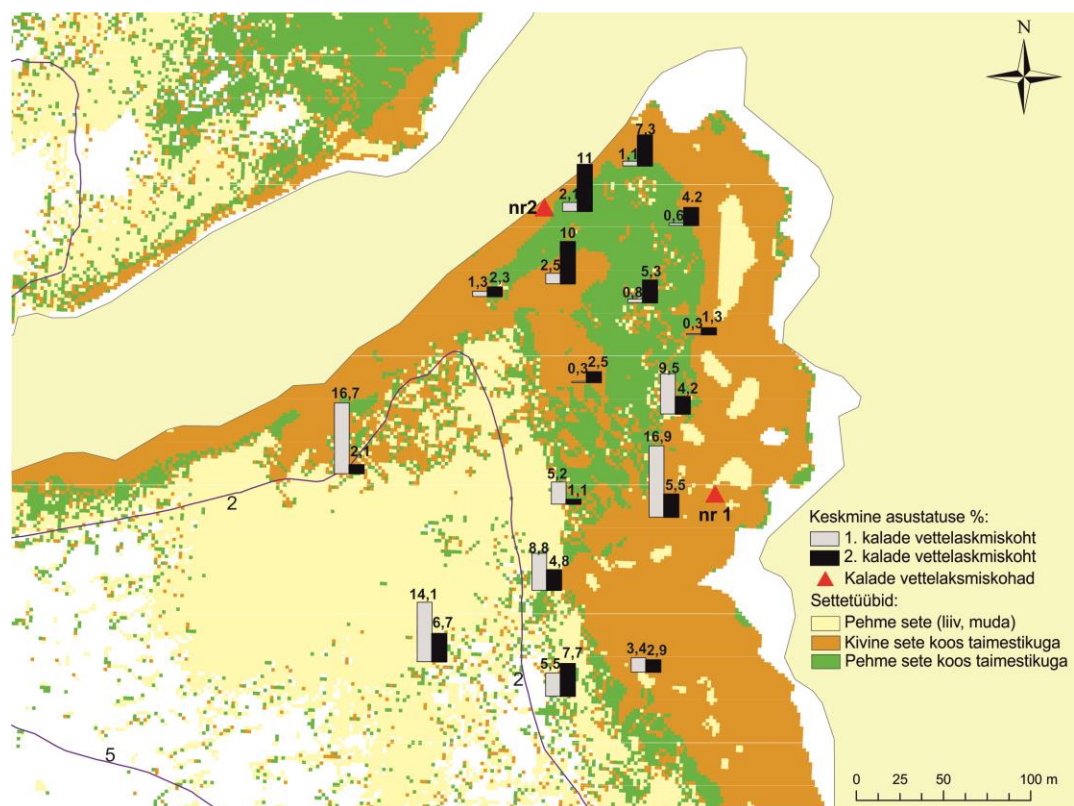
Esialgsete modelleerimistulemustele toetudes võib väita, et ümarmudila arvukus on Eesti rannikumeres paljudes piirkondades kõrge (Joonis 16). Joonis näitab esmast ümarmudila arvukuse hinnangut. Suurema tihedusega ümarmudila populatsioonid paiknevad aladel, mis on kaardil näidatud punase värviga. Projekti teises pooles parandatakse mudila asustustiheduse prognoose uurides täpsemalt mudila elupaigaeelistusi ning valideerides lisasukeldumiste abil varem läbiuurimata merepiirkondi.



Joonis 16. Ümarmudila modelleeritud suhteline asustustihedus Eesti rannikumeres, sinine värv viitab mudila madalatele arvukustele ning punane värv mudila kõrgetele arvukustele.

3.5 Ümarmudila kodupiirkond ja invasioonipotentsiaal

2016 aasta juunis viidi läbi mudila kodupiirkonna ja invasioonipotentsiaali hindamise uuringud Kõiguste lahe suletud akvatooriumis. Akvatooriumi piiritlet ühest küljest kallas ja teisest küljest merepõhja kinnitatud võrkaed kogupikkusega umbes 400m. Akvatooriumisse paigutati 18-st hüdrofoonist koosnev võrgustik ja 15 signaali saatvat kiipi hüdrofoonide ajalise nihke ja signaali detektsiooni sageduse ja kauguse kalibreerimiseks. Akvatooriumisse vabastati 20 ümarmudila isast isendit, pooled kalade vettelaskmis kohast nr 1 ja pooled vettelaskmiskohast nr 2 (Joonis 17).



Joonis 17. Ümarmudila liikumise jälgimise katsepiirkond Kõiguste lahes. Elupaigatüübid ja keskmine kalade asustustihedus hüdrofoonide piirkonnas.

Tulemuste põhjal võib järeldada, et eelnevalt 5m² suuruseks hinnatud ümarmudila kodupiirkond (Ray ja Corcum 2001) on tunduvalt suurem. Peale algset vettelaskmist toimus intensiivsem liikumine paari päeva jooksul ja siis jäid kalad paiksemaks liikudes päevas keskmiselt 100 m raadiuses. Uurimistulemused annavad alust järeldada, et ümarmudila hinnanguline kodupiirkonna suurus ületab 2000 ruutmeetrit. Ümarmudila liikumisvõimekus ööpäevas on samuti oluliselt suurem kui kirjanduse põhjal on eelnevalt väidetud. Keskmiselt liikusid kõik kalad esimese kahe päeva jooksul 430 meetrit päevas, mis näitab et kalad võivad teha pikemaid rändeid.

Ümarmudila elupaigaeelistus mõjutab oluliselt kala liikumist (Joonis 17). Joonis näitab keskmist kala asustustihedust eri hüdrofonide piirkondades ning teatud hüdrofonide piirkondi asustavad

mudilad enam. Seega näitavad meie uurimistulemused ka seda, et kalad, kes lasti vette neile mitte sobivates elupaigatüüpides (pehme mudane sete) liikusid enam katsealal ringi kui kalad, kes lasti vette neile eelistatud elupaikades (segusete kivide ja liivaga).

Seega võime järeldada, et sobiva elupaiga puudumine võib suurendada ümarmudila liikumisaktiivsust ja kalad võivad vajadusel läbida veelgi pikemaid distantse. Kuid isegi sobiva elupaiga olemasolul liiguvad täiskasvanud ümarmudilad ringi väga suurel alal (vähemalt 2000 m²), mis näitab, et tegemist on väga suurt invasioonipotentsiaali omava kalaliigiga.

4. KOKKUVÕTE

Ümarmudil on tänapäevaks levinud üle kogu Eesti. Liigi leviku ja asustustiheduse modelleerimine näitab, et liik on arvukas mitmes Eesti rannikumere piirkonnas. Ümarmudila tihedushinnangute põhjal on alust arvata, et liik on saavutanud Muuga lahega sarnase asurkonna ka piirkondades, kuhu liik jõudis alles viis aastat hiljem. Samuti on lähiajal ette näha invasioonilainet sellistesse rannikumere piirkondadesse, mis põhjatüübi ja elupaiga poolest ei ole ümarmudilale väga sobiv (nt. Haapsalu laht). Viimane asjaolu viitab ümarmudila väga kõrgetele arvukustele võõrliigi jaoks eelistatud elupaikades.

Vastupidiselt üldlevinud arvamusele on ümarmudila invasioonipotentsiaal ja kodupiirkond väga suur. Kalade liikumine sõltub oluliselt eelistatud põhjaelupaikade olemasolust, kusjuures sobilike elupaikade puudumine suurendab rännete intensiivsust.

Ümarmudila mõjud kogu ökosüsteemile on väga laiaulatuslikud. Ümarmudil toitub suurel määral põhjaselgrootutest, mistõttu kõrgete mudilaarvukuste juures on täheldatav karbipopulatsioonide oluline vähenemine. Lisaks toitub ümarmudil räimemarjast ja on ka oluliseks toiduobjektist ahvenale, haugile ja kohale.

Vastavalt kinnitatud tegevuskavale koguti projekti esimeses pooles esimese aasta proovid, anti algne hinnang ümarmudila tihedusele ja teostati invasioonipotentsiaali uuringud. Projekti teises pooles kogutakse teise aasta proovid, hinnatakse ümarmudila tihedust erinevates rannikumere piirkondades ja luuakse ümarmudila ökosüsteemset mõju kirjeldav mudel.

KASUTATUD KIRJANDUS

Anon 2007. Manual for the Baltic International Trawl Surveys. International Council for the Exploitation of the Sea. March 2007, Rostock, Germany: 9–10.

Kornis, M. S., N. Mercado-Silva, and M. J. Vander Zanden. "Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications." *Journal of Fish Biology* 80.2 (2012): 235–285.

Kotta, Jonne, et al. "Shipping and natural environmental conditions determine the distribution of the invasive non-indigenous round goby *Neogobius melanostomus* in a regional sea." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169 (2016): 15–24.

Nurkse, K.; Kotta, J.; Orav-Kotta, H.; Ojaveer, H. (2016). A successful non-native predator, round goby, in the Baltic Sea: generalist feeding strategy, diverse diet and high prey consumption. *Hydrobiologia*, doi:s10750-016-2795-6.

Ray, William J., and Lynda D. Corkum. "Habitat and site affinity of the round goby." *Journal of Great Lakes Research* 27.3 (2001): 329–334.

Skóra, K. E., and J. Stolarski. "New fish species in the Gulf of Gdansk, *Neogobius* sp.[cf. *Neogobius melanostomus* (Pallas 1811)]." *Bulletin of the sea Fisheries Institute* 1.128 (1993): 83–84.

Tesch, F. W. 1971. Age and growth. In: (ed.) Ricken W. E. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK: 98–130.

Thoreson, G. 1993. Guidelines for coastal monitoring–fishery biology. *Kustrapport*. 1993. 1: 35.