

TARTU ÜLIKOOL

Eesti Mereinstituut ja Ökoloogia ja maateaduste instituut

Zoologia osakond

Loodusressursside õppetool

Taavi Kaup

**KUIDAS ON TRAAKITÕMBE PARAMEETRID SEOTUD
SAAGI KOOSSEISUGA?**

Magistritöö (30 EAP)

Juhendajad: MSc Elor Sepp

PhD Lauri Saks

Tartu 2025

Kuidas on traalitõmbe parameetrid seotud saagi koosseisuga?

Ogaliku (*Gasterosteus aculeatus*) arvukuse tõusu tõttu Läänemeres on tema tähtsus viimastel aastakümnetel tõusnud (Jurvelius jt. 1996). Ogalikud võivad moodustada 10–20% Läänemere pelagiaali kalade biomassist (Saks 2017). Pelaagiliste kalaliikide seiramiseks on kombineeritud kaks meetodit: hüdroakustika ja katsetraalimised. Käesoleva magistritöö eesmärk on välja selgitada, kas traalitõmbe pikkus mõjutab traaliloomuse saagi struktuuri ja kas traalitõmbe pikkus on seotud ogaliku saagiga traalpüügis. Magistritöös analüüsiti Eesti Mereinstituudi poolt läbiviidud BASS ja BIAS uuringute tulemusi, mis koguti ajavahemikus 2010–2024. Uurimistööst selgus, et ogaliku osakaal ei ole seotud traalimisajaga. Traalimissügavus mängib olulist rolli kalasaagi struktuuri ja osakaalu puhul.

CERCS: B260 Hüdrobioloogia, merebioloogia, veeökoloogia, limnoloogia

Märksõnad: Ogalik (*Gasterosteus aculeatus*), traalimisaeg, Läänemeri, kalastiku struktuur

How are trawl haul parameters related to catch composition?

Due to the increase in the abundance of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) in the Baltic Sea, its importance has increased in recent decades (Jurvelius et al. 1996). For example, three-spined stickleback can constitute up to 10–20% of the biomass of pelagic fish in the Baltic Sea (Saks 2017). Two methods have been combined to monitor pelagic fish species: hydroacoustics and experimental trawling. The aim of this master's thesis was to determine whether the length of the trawl haul affects the catch structure of trawling and whether the length of the haul is related to the catch of three-spined stickleback in trawling. In the master's thesis the results of the BASS and BIAS surveys conducted by the Estonian Marine Institute between 2010–2024 were analyzed. The research revealed that the proportion of three-spined stickleback is not related to the trawling time. Trawling depth plays an important role in the structure and proportion of the fish catch.

CERCS: B260 Hydrobiology, marine biology, aquatic ecology, limnology

Keywords: Three-spined Stickleback (*Gasterosteus aculeatus*), trawling time, Baltic Sea, fish community structure

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS.....	4
2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
2.1 Läänemere kalastik.....	6
2.2 Kilu.....	9
2.3 Räum.....	11
2.4 Ogalik.....	13
2.5 Pelaagiliste kalavarude seire.....	14
2.6 BASS ja BIAS uuringute metoodika.....	16
2.7 Varem läbi viidud uuringud.....	20
3. MATERJAL JA MEETODID.....	23
4. TULEMUSED.....	26
5. ARUTELU.....	32
6. KOKKUVÕTE.....	36
7. SUMMARY.....	38
8. TÄNUAVALDUSED.....	40
9. KASUTATUD KIRJANDUS.....	41

1. SISSEJUHATUS

Kilu (*Sprattus sprattus balticus*) ja räim (*Clupea harengus membras*) on mõlemad Läänemere tähtsamaid kalaliike, kelle saagid moodustavad suurima osa kutselise kalapüügi saagist. Väikest mõõtu pelaagilistel kaladel on mereökosüsteemides võtmeroll, kuna nad suudavad energiat ja toitaineid üle kanda planktonilt tippkiskjatele ning on olulised kalapüügi sihtliigid (Ojaveer jt. 2018). Mereboreaalse päritoluga kilu on praegu Läänemere avaosas toiduahelate kõige tähtsam kala ja moodustab suurima osa kalapüügist (Ojaveer & Kalejs 2010). Räim on olnud oluline püügiliik juba alates keskajast (Von Dorrien jt. 2013). Räimepüük viib igal aastal Läänemerest välja ka märkimisväärse koguse eutroofseid toitaineid (Mäkinen 2022). Ogalik (*Gasterosteus aculeatus*) kuulub samuti pelaagiliste kalade koosseisu. Tema arvukuse tõusu tõttu Läänemeres on ta tähtsus viimastel aastakümnetel tõusnud, sest ogalik toitub suuresti zooplanktonist (Jurvelius jt. 1996). Seetõttu pakub ta konkurentsi teistele Läänemere pelaagilistele kalaliikidele, peamiselt kilule ja räimele (Jurvelius jt. 1996). Kui sageli kirjeldatakse ogalikku eelkõige rannikuga seotud liigina, siis viimasel ajal on aina enam asutud pöörama tähelepanu ogaliku rollile Läänemere pelaagilistes ökosüsteemides (Saks 2017). Läänemeres elab ogalik suurema osa oma elust avameres. Uuringutes on selgunud, et ogalike arvukus võib merede pelagiaalis olla üllatavalt suur – nad võivad moodustada kuni 10–20% Läänemere pelagiaali kalade biomassist (Saks 2017).

Selleks, et hinnata Läänemere kilu- ja räimevarusid, viiakse igal aastal läbi kaks uurimust: “*Baltic Acoustic Spring Survey*” (BASS) ja “*Baltic International Acoustic Survey*” (BIAS), mis toimuvad vastavalt mais ja septembris–oktoobris. Liikide seiramiseks on kombineeritud kaks meetodit: hüdroakustika ja katsetraalimised, mida teostatakse samal ajal. Seire juhend näeb ette, et iga katsetraalimine kestab 30 minutit. Suure kalatiheduse korral võib selle aja jooksul sattuda traali mitu tonni kala. Täpsema analüüsi jaoks läheb vaja minimaalselt 50 kg saagiks sattunud kalu (BIFSWG 2014). Seega esinduslike bioloogiliste proovide kogumiseks piisab ka lühema kestvusega traalimistest. Kuna ogaliku arvukus on viimastel kümnenditel suurenenud ja traalimise eripärast tingituna on traali pinnakihi veedetud aeg sõltumata traalimise kestvusest konstantne, siis võib lühema kestvusega traalimiste teostamisel ogaliku

osakaal saagis muutuda ja saadud andmed ei vasta tegelikule seisukorrale. Sama probleem võib esineda ka teiste liikidega.

Käesoleva magistritöö eesmärk on välja selgitada:

1. Kas traalitõmbe ajaline pikkus mõjutab traaliloomuse saagi struktuuri?
2. Kas traalitõmbe ajaline pikkus on seotud ogaliku saagiga traalpüügis?

Magistritöös analüüsiti Eesti Mereinstituudi poolt läbiviidud BASS ja BIAS uuringute tulemusi, mis koguti ajavahemikus 2010–2024.

Magistritöö hüpoteesid:

- (I) Traalitõmbe ajaline pikkus mõjutab traaliloomuse saagi struktuuri.
- (II) Ogaliku saagikus on seotud traalitõmbe ajalise pikkusega.

2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

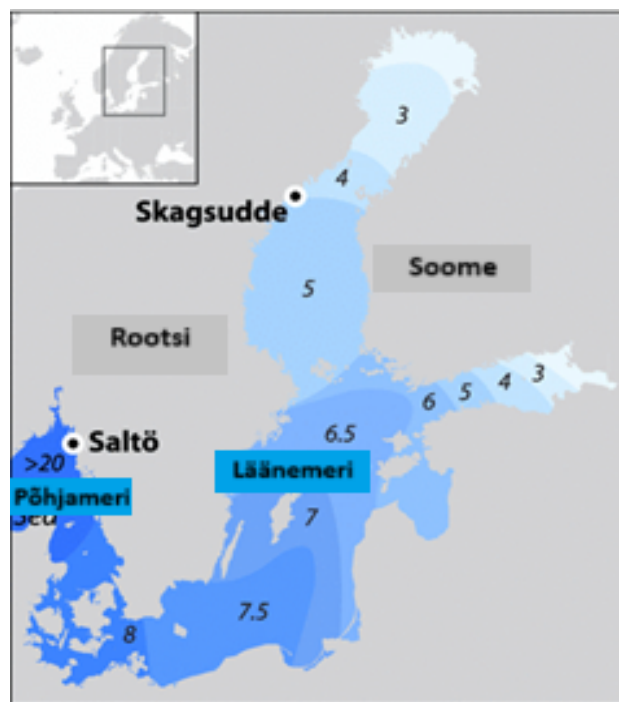
2.1 Läänemere kalastik

Läänemeri asub 53–65 põhjalaiuskraadide vahel (Weldon Owen Ltd 2017), pikkus põhjast lõunasse on 1500 km ja on justkui selles suunas välja venitatud. Mere pindala on 415 266 km², maht 21 721 km³ ning keskmine sügavus 52,3 m (Ojaveer 2014). Läänemere rannajoon on tugevasti liigestunud ning sellega piirneb üheksa riiki. Suurimad lahed on Põhjalaht, Soome ja Liivi laht. Madalamad piirkonnad asuvad Kattegati ja Arkona nõo vahel, Lääne-Eesti saarestike ümber, Turu saarestikus ning Botnia mere ja lahe vahel. Nendes piirkondades jääb sügavus vahemikku 10–20 m. Läänemeri on šelfimeri, kuna asub mandrilaval ja sügavus ületab 200 m ainult süvikutes. Gotlandist põhjaloodes asub 459 m sügavune Landsorti süvik, idas 246 m sügavune Gotlandi süvik ja Ahvenamaast edelas 300 m sügavune Ahvenamaa süvik (Eesti Entsüklopeedia 1992).

Kuna Läänemeri asub parasvöötmes, siis on õhu- ja veetemperatuuri kõikumised suured. Avamere piirkondades on lõuna- ja keskosas keskmine veepinna temperatuur 16–17 kraadi ning põhjapoolsetel aladel 13–15 kraadi (Trei 1991). Suvel võib rannikul madalates soppides veepinna temperatuur tõusta üle 20 kraadi. Talvel pinnavesi jahtub ning jäätub. Mere jääkate püsib erinevates piirkondades erineva aja. Põhjaosas võib jääkate püsida kuni kuus kuud ja lõunaosas üldse mitte tekkida (Trei 1991).

Kalade geograafiline levik ja esinemine Läänemeres ning seeläbi kalakoosluste liigiline koosseis varieerub olenevalt piirkonnast. Nende jaotus on suuresti tingitud looduslike biotiliste ja abiotiliste tegurite ruumilisest ja ajalisest erinevusest ning inimeste poolt tekitatud survest. Kalade levikut määravate tavaliste gradientide ja tegurite hulka kuuluvad näiteks soolsus, temperatuur, sügavus, reostus, eutrofeerumine, kisklus, toidu kättesaadavus, püügisurve ning rannikualade oluliste kalade elupaikade kättesaadavus ja tingimused (Kraufvelin jt. 2018).

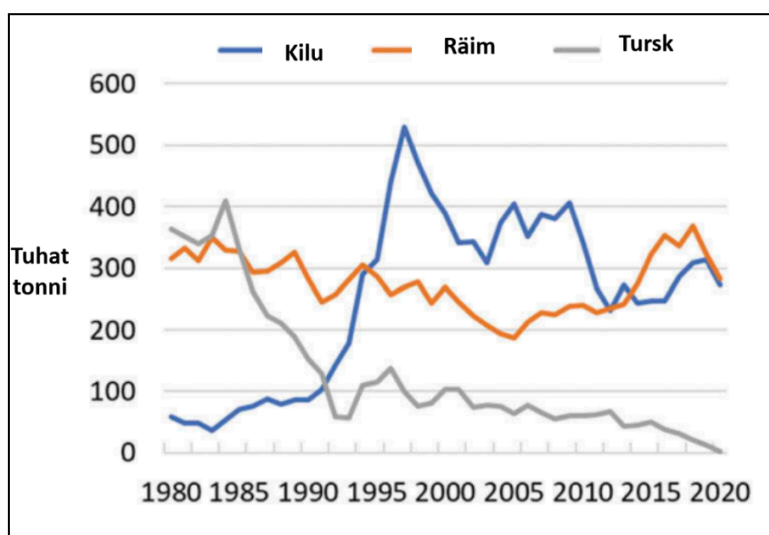
Võrreldes ookeaniga on Läänemere elustik liigivaene. Soolsuse alanedes ida ja põhja suunas väheneb mereliste liikide arv ning suureneb mageveeliste liikide arv (joonis 1). Selle tulemusena elavad paljud mereliigid stressis ning on soolsuse suhtes oma ökoloogilise taluvuse piiril. See tähendab, et väikesed keskkonnatingimuste muutused toovad kaasa suuri muutusi liikide levikus (Trei 1991).



Joonis 1. Läänemere soolsuse gradient (Johansson jt. 2017).

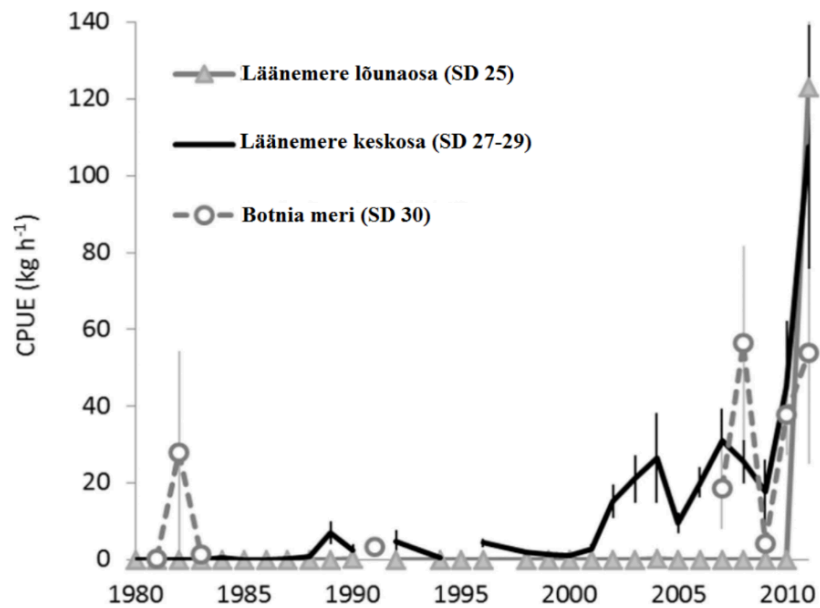
Üldiselt hõlmab Läänemere (sealhulgas Kattegati) kalakogukond umbkaudu 200 liiki, kuid ainult umbes 100 väljakujunenud liiki, kui Kattegat välja arvata. Läänemere kirdeosas on mitmes alamvesikonnas umbes 70 liiki, Botnia lahes aga alla 50 liigi kalu. Selle mere kalade biomassis domineerib palju väiksem arv liike: tursk (*Gadus morhua callarias L.*), räim ja kilu (Ojaveer jt. 2010), mis moodustavad 90% kogu kalade biomassist (Frisk jt. 2015). Viimaste aastakümnete jooksul on täheldatud Kesk-Läänemere ökosüsteemi ülemises troofilises tasemes üleminekut tursapõhiselt süsteemilt süsteemile, kus domineerib kilu. Tursa kudevaru on vähenenud 1980. aastate alguse ülikõrgelt tasemelt ajalooliselt madalale tasemele (Kraus & Köster 2004). 1980. aastal oli tursa väljapüük üle 400 000 tonni (Joonis 2.) (Raid & Sepp 2022). Läänemere läänepoolse osa väljapüük aastal 2023 oli kõigest 331 tonni. Läänemere idapoolse tursa väljapüük 2023. aastal oli 1065 tonni (WGBIFS 2024). Tursa arvukuse

langusest tingitud kilu kisklussurve vastav vähenemine tõi koos madala kalastussuremusega ja selle liigi suure sigimisedukusega kaasa kiluvaru märgatava tõusu. Kilu varude suurenemist tõendab ICESi regulaarne varude hindamine, kasutades laiendatud ellujäämisanalüüsi (XSA) ja mitteliigilise virtuaalse populatsiooni analüüsi (MSVPA), mis viidi läbi Läänemere erinevate alampiirkondade jaoks (Kraus & Köster 2004).



Joonis 2. Kogu Läänemere räime, kilu ja tursa saagid ajavahemikul 1980–2020 (Raid & Sepp 2022).

Viimastel kümnenditel on suurenenud ogaliklaste arvukus Läänemeres. Kuni 2000. aastani püsis ogaliku arvukus Läänemeres küllaltki stabiilne, peale seda hakkas arvukus hüppeliselt tõusma, eriti just 2009. aastal. Aastatel 2007–2011 oli keskmine CPUE (saak püügiühiku kohta) Botnia merel 34 kg h^{-1} , Läänemere keskosas 45 kg h^{-1} ja Läänemere lõunaosas alla 1 kg h^{-1} (ilma 2011. aasta kahe kõrvalekaldeta). 2011. aastaks oli arvukus ületanud 120 kg h^{-1} (Bergström jt. 2015) (joonis 3).



Joonis 3. BIAS uuringu käigus pelaagilisel traalimisel saadud ogaliku saagid erinevatest Läänemere piirkondadest ajavahemikul 1980–2011 (Bergström jt. 2015).

Väikest mõõtu pelaagilistel kaladel on mereökosüsteemides võtmeroll, kuna nad suudavad energiat ja toitaineid üle kanda planktonilt tippkiskjatele ning on olulised kalapüügi sihtliigid. Selliste kalade asurkondadele on iseloomulik nende suur biomassi volatiilsus. Kalade biomassi varieeruvuse üheks põhjuseks võib olla zooplanktoni koosluse arvukus ja struktuur (Ojaveer jt. 2018).

2.2 Kilu

Mereboreaalse päritoluga kilu (*Sprattus sprattus balticus*) (joonis 4) on praegu Läänemere avaosa toiduahelate kõige tähtsam kala ja moodustab suurima osa kalasaagist (Ojaveer & Kalejs 2010). Kilu on levinud kogu Läänemeres. Riimveelised keskkonnatingimused võimaldavad aga selle liigi taastootmist peamiselt Läänemere avaosas, Soome lahe lääne- ja keskosas ning mõnel sellega külgneval alal (Ojaveer & Kalejs 2010). Ülejäänud heeringlastega võrreldes on kilu kõige pelaagilisema eluviisiga liik. Kogu nende elutsükkel on seotud pindmiste veekihtidega (Veldre 1986). Suvel hoiduvad kiluparved soojematesse pinnakihtidesse (Ojaveer jt. 2003). Talvel koguneb ta soojematesse veekihtidesse 70-100 m sügavusel, heade hapnikutingimuste korral võib kilukoondisi esineda kuni 130 m sügavusel.

Eriti külmade talvitumistingimuste puhul nihkuvad kilukoondised süvikute keskosade kohale, kus vesi on soojem. Kilu ööpäevane vertikaalne ränne on kõige intensiivsem kevadel enne ja ka pärast kudemist, mil temperatuuri gradient kilukoondiste kohal veesambas on suhteliselt väike. Ööpäevane ränne on minimaalne karmil talvel, kui pinnakihtide temperatuur on 0°C, ning ka kudemise ajal suvel (Ojaveer 2014).



Joonis 4. Kilu (Foto: Saks, L.)

Kiluparvede aktiivsed ränded mereosade vahel on seotud talvitumiskoondiste moodustumisega, aga ka sügisel toiduotsinguteks rannikupiirkonda tulekuga. Liik väldib kevadel piirkondi, kus vahavad ränivetikad ning suvel sinivetikad. Sooja pinnavee liikumine võib kiluparvesid ümber paigutada teistesse piirkondadesse (Ojaveer 2014).

Kilu sesoonne jaotumine ja liikumine sõltub väga selgelt ka bioloogilisest tsüklist (paljunemine, toitumine, talvitumine). Selleks, et kilu saaks aastaringselt vastuvõetavates tingimustes elada, on kilul tarvis väga suurt veemassi, kus soolsuse, temperatuuri- ja hapnikutingimused oleksid võimalikult optimaalsed. Kilule meeldib toituda piirkondades, kus on enamasti kõige suuremad kõrgenergiavööndid, kus rannikunõlva ja süvavete tõusude piirkonnas areneb rikkalik primaar- ja zooplanktoni produktsioon. Samasuguses piirkonnas toimub ka kõige intensiivsem kilu paljunemine (Ojaveer 2014).

2.3 Räum

Räume (joonis 5) levik katab põhimõtteliselt kogu Läänemerd. Üheks põhjuseks on madala soolsuse taluvus (Peltonen jt. 2013). Täiskasvanud räum talub laia soolsuse vahemikku ja elab isegi järvedes, kuid räume edukaks paljunemiseks on vaja soolast vett (Rajasilta jt. 2010). Ta rändab suurtel aladel ranniku lähedal ja avamerel. Räum jälgib planktoni liikumist päevasel ajal, mis tavaliselt tähendab, et öösel hoidub ta rohkem ranniku lähedale ja päeval põhja lähedusse (Lundin 2011). Päevasel ajal jaotuvad kalad vastavalt suurusele nii, et suuremad räumid hoiduvad põhja lähedale ja väiksemad kõrgematesse kihtidesse. Selline käitumine aitab vähendada röövtoitumise võimalust ja kannibalismi. Läänemere keskosas ja Soome lahe lääneosas võib räum paikneda 60–120 m sügavusel. Räumele, nagu ka paljudele teistele veeorganismidele, on omane ööpäevane vertikaalne ränne. Päikesevalguse vähenedes liiguvad räumeparved rohkem laiali ning ülemistesse veekihtidesse ja nad ei hoidu üksteisele nii lähedale kui päevasel ajal. Hommikul kogunevad räumid taas parvedesse ja laskuvad sügavamatesse veekihtidesse (Rannak 1988).



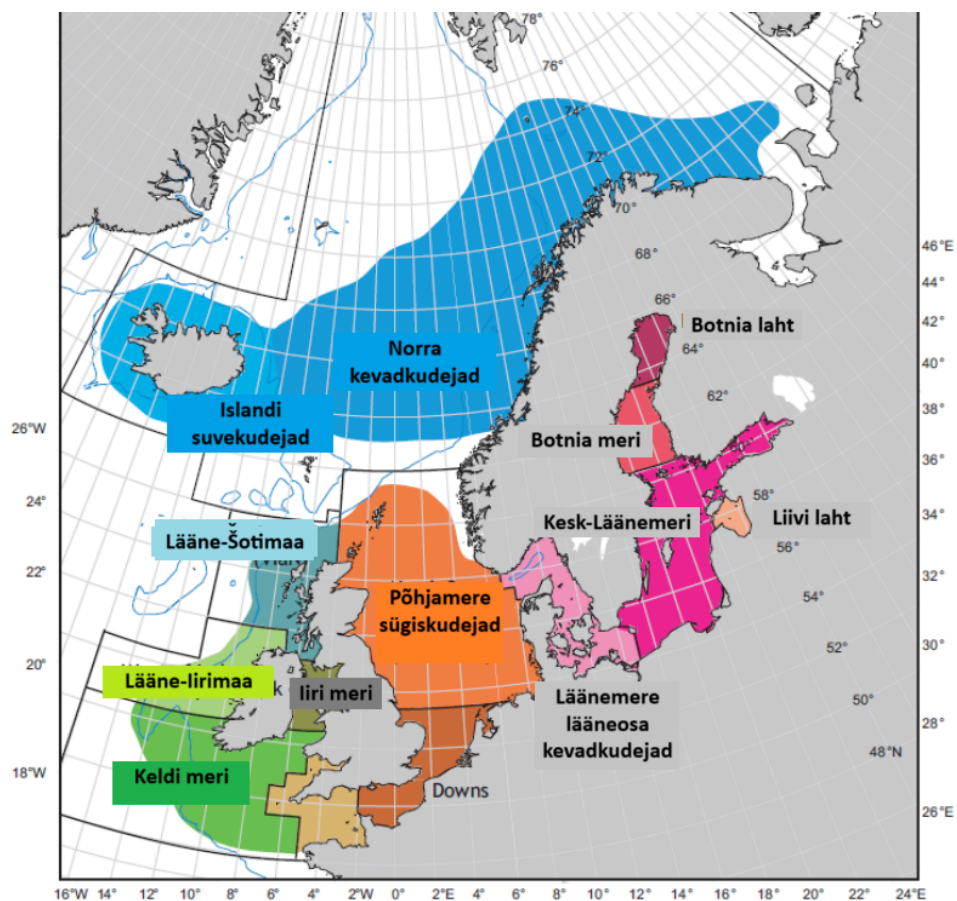
Joonis 5. Räum (Foto: Saks, L.)

Räim on Läänemere piirkonnas oluline kalaliik juba alates keskajast (Von Dorrien jt. 2013). Kuigi tema väljapüük on suur, siis on liik Läänemere piirkonnas ebaefektiivselt kasutatud kalaressurss. See hõlmab peamiselt kutselise kalapüügi saaki, mille aastasaak on veidi alla 100 mln kg, kuid ainult 15% saagist kasutatakse inimtoiduks. Räimepüük viib igal aastal Läänemerest välja ka märkimisväärse koguse eutroofseid toitaineid. Selle kalavaru väärtus jääb aga madalaks, sest suurem osa saagist kasutatakse karusloomade söödaks või kalajahu tootmiseks (Mäkinen 2022). Läänemeres võib eristada kolme suuremat ja mõnda pisemat räimevaru. Suuremad räimevarud paiknevad Botnia meres, Läänemere kesk- ja lääneosas (Von Dorrien jt. 2013). Koos kiluga on ta domineeriv kalaliik Läänemere lõuna- ja keskosas. Põhjapoolsetes mereosades on merevee soolsus tavaliselt tursa ja kilu jaoks liiga madal, mistõttu on räim seal domineeriv kalaliik (Lind 2018). Nagu paljudel teistelgi heeringlastel on ka räimel kevadel ja sügisel kudevad vormid – kevad(kudu)räim ja sügis(kudu)räim, kes välimuselt teineteisest peaaegu ei erine. Sügisräim meenutab kehakujult siiski rohkem Atlandi heeringat (*Glupea harengus*) kui kevadräim (Saat 2022). Noored räimed toituvad peamiselt zooplanktonist, eriti aerjalalistest, sügise poole, kui zooplanktoni arvukus väheneb, ka müsiididest ja amfipoodidest. Suuremad isendid söövad ka kalu, nt ogalikke ja kilusid (Saat 2022).

Erinevalt kilust, keda käsitletakse kogu Läänemere ulatuses ühe nn ühikvaruna ehk asurkonnana, hinnatakse räime puhul varude seisundit ja antakse püügisoovitused kolme nn ühikuvaru kohta eraldi:

- Räim alampiirkonnas 25–29 & 32 (Läänemere keskosa räim);
- Liivi lahe räim (alampiirkond 28.1);
- Botnia mere ja lahe räim (alampiirkonnad 30 ja 31)

Neist Liivi lahe, Botnia mere ning võib juhtuda ka, et Botnia lahe räime puhul on tegemist kohalike looduslike asurkondadega (Raid jt. 2020) (joonis 6).



Joonis 6. Peamised heeringa (räime) asurkonnad Põhja-Atlandi ookeanis ja Läänemeres (Von Dorrien jt. 2013). Räime ehk läänemere heeringat käsitletakse tavaliselt Atlandi ookeani idaosas Spitzbergenist, Novaja Zemljast, Kara merest ja Valgest merest Biskaia laheni ning Atlandi ookeani lääneosas Gröönimaast ja Hudsoni lahest Cape Hatteraseni ulatuvaid merealasid asustava atlandi heeringa (*Clupea harengus L.*) alamliigina (Ojaveer 2014).

2.4 Ogalik

Ogalik (*Gasterosteus aculeatus*) (joonis 7) on levinud tsirkumboreaalselt Atlandi ja Vaikse ookeani põhjaosas: Euroopas Novaja Zemljast ja Valgest merest Islandini, Alžeeriani ja Musta mereni. Levinud veel Läänemeres, Atlandi läänerannikul ja Vaikses ookeanis Beringi väinast Korea ja Jaapanini (Mikelsaar 1984). Eesti rannikumeres on ta laialdase levikuga, ka kõikide saarte, laidude ja rahude kaldaaladel. Eriti rohkesti esineb ogalikku Soome lahes. Kogu Läänemere lõikes asuvad suured ogalikuvarud Läänemere keskosas ja Gotlandi saare ümbruses (Olsson jt. 2019). Ogalikku võib leida ka mõnes suuremas jões ja väiksemate jõgede suudmealadel (Hunt 2012). Kui tihtipeale kirjeldatakse ogalikku eelkõige rannikuga

seotud liigina, siis viimasel ajal on aina enam asunud pöörama tähelepanu ogaliku rollile Läänemere pelaažilistes ökosüsteemides (Saks 2017). Läänemeres elab ogalik suurema osa oma elust avameres. Päevasel ajal viibib ta sügavusvahemikus 10–20 m veepinnast ning öösel tõuseb 6 m sügavusele (Jurvelius 1996). Uuringutes on selgunud, et ogalike arvukus võib merede pelagiaalis olla üllatavalt suur. Näiteks on välja toodud, et ogalikud võivad moodustada kuni 10–20% Läänemere pelagiaali kalade biomassist (Saks 2017).



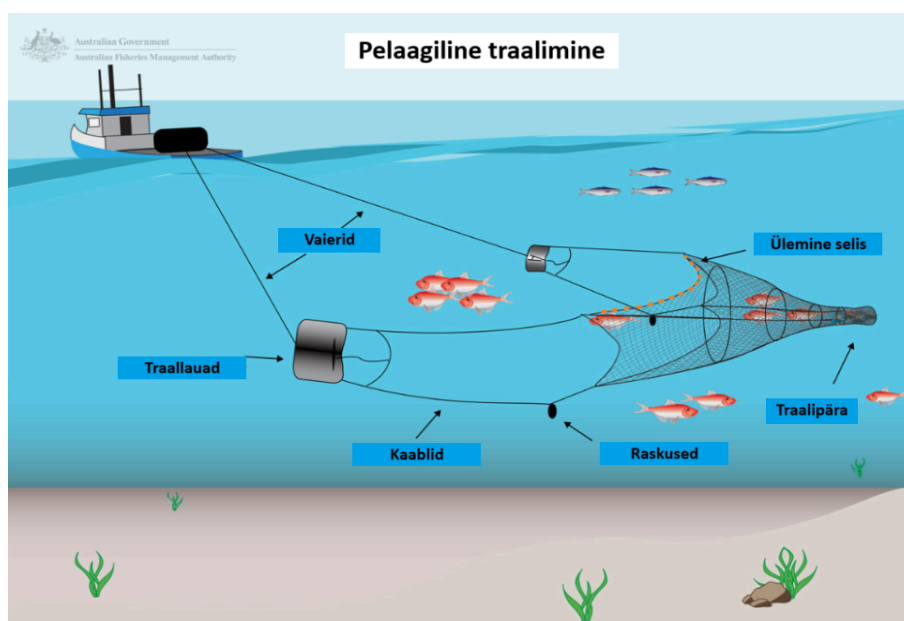
Joonis 7. Ogaliklased: raudkiisk (*Spinachia spinachia*), ogalikud ja luukarits (*Pungitius pungitius*) (Foto: Saks, L.).

Kudemiseks koguneb ogalik rannikulähedastele aladele (Bergström jt. 2015). Pelaažiliste kalade koosluses on tegu tähtsa kalaga, sest ta toitub suuresti zooplanktonist (Jurvelius jt. 1996). Seetõttu pakub ta toidukonkurentsi teistele Läänemere pelaažilistele kalaliikidele, nagu kilu ja räim (Jurvelius jt. 1996).

2.5 Pelaažiliste kalavarude seire

Mere ja magevee eluressursid on pikka aega olnud oluliseks toidu ja majandustegevuse allikaks. Selleks, et saaksime neid jätkusuutlikult kasutada, on vajalik teostada ressurside üle seiret. Hüdroakustika kasutamine on kalakoosluste seiramisel väga oluline meetod (Simmonds & MacLennan 2005). Kalavarude hindamisel hüdroakustilisel meetodil saadakse

andmed sonarist vette lastud energia tagasipeegeldumise teel (Kaup 2022). Sonar on oluliselt panustanud arusaama elust meres, eriti selles, kuidas looduslikud asurkonnad ruumis jaotuvad ja kuidas need ajas muutuvad. Sonariga on võimalik analüüsida vähese ajaga suuri alasid, mis on efektiivne meetod meres elavate kalakoosluste seireks (Simmonds & MacLennan 2005). Bioloogiliste proovide kogumine on iga akustilise uuringu oluline osa (Bethke jt. 1999). Traalimisel bioloogiliste proovide võtmine on vajalik liigilise, pikkuselise ja vanuselise koosseisu ning keskmiste kehamasside määramiseks (WGBIFS 2014) (joonis 8). Sonari ja traalimise teel saadud andmetest arvutatakse kalade arvukused ja sealt omakorda merealade kalavarude suurus (Kaup 2022). Selleks kasutatakse kutselises kalapüügis kasutatavatele traalidele sarnaste, kuid spetsiaalselt kalade seire tarbeks modifitseeritud pelaagilisi traale. Pelaagiline traalimine on üks peamisi keskvees elavate kalade proovide võtmise meetodeid (De Robertis jt. 2023).



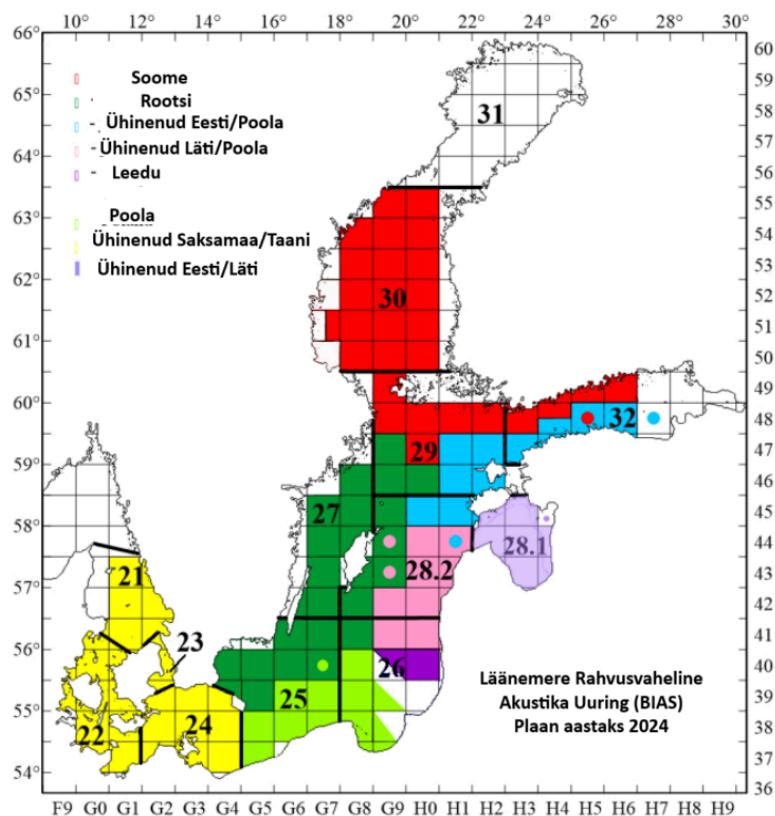
Joonis 8. Pelaagiline traalimine (Australian Fisheries Management Authority 2023)

Akustiline uuring hõlmab teatud ala transektide läbimist nii, et sonar salvestab uurimislaeva all paiknevate kalaparvedelt tagasi sonarisse peegelduvat energiat. Selline uurimise viis on efektiivne vaid siis, kui kalaparved asuvad sobivas sügavusvahemikus. Need ei tohi olla liiga lähedal põhjale ega pinnale. Seega ei sobi akustilised vaatlusmeetodid lestaliste ja teiste merepõhjaga tihedalt seotud liikide puhul (Simmonds & MacLennan 2005).

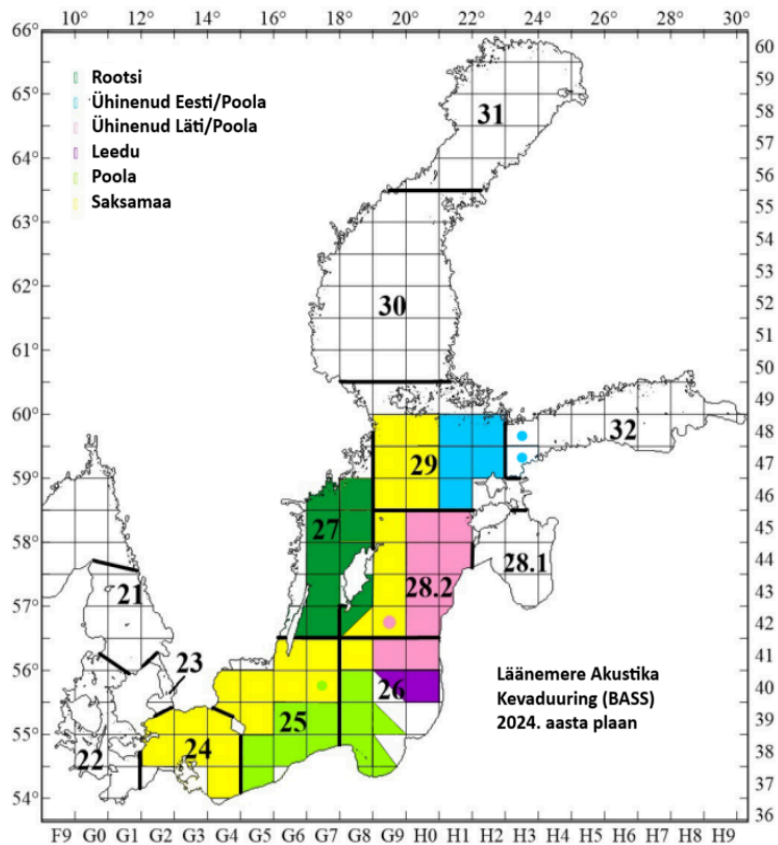
Kalavarude uuringud, eelkõige traaluuringutel põhinevate töenduslike kalavarude arvukuse ja pikkusjaotuse hinnangud on ressursimahukad. Ressursid on tavaliselt piiratud ja traalimise seirest saadav saagi varieeruvus suur. Seega võimalikult täpsete hinnangute koostamiseks on oluline, et uuringu ülesehituse kõik aspektid oleksid kulutõhusad (Godø jt. 1990).

2.6 BASS ja BIAS uuringute meetodika

Läänemeri on jagatud selle ümber paiknevate riikide vahel vastutusaladeks. Uuritav ala ehk Läänemeri on jaotatud statistilisteks ruutudeks (joonis 9, 10). Iga uuritava ala statistiline ruut eraldati 2005. aastal toimunud Läänemere rahvusvahelise kalaseire töörühma (WGBIFS) koosolekul ühele riigile, seega on igal riigil kohustuslik vastutusala (WGBIFS 2014).

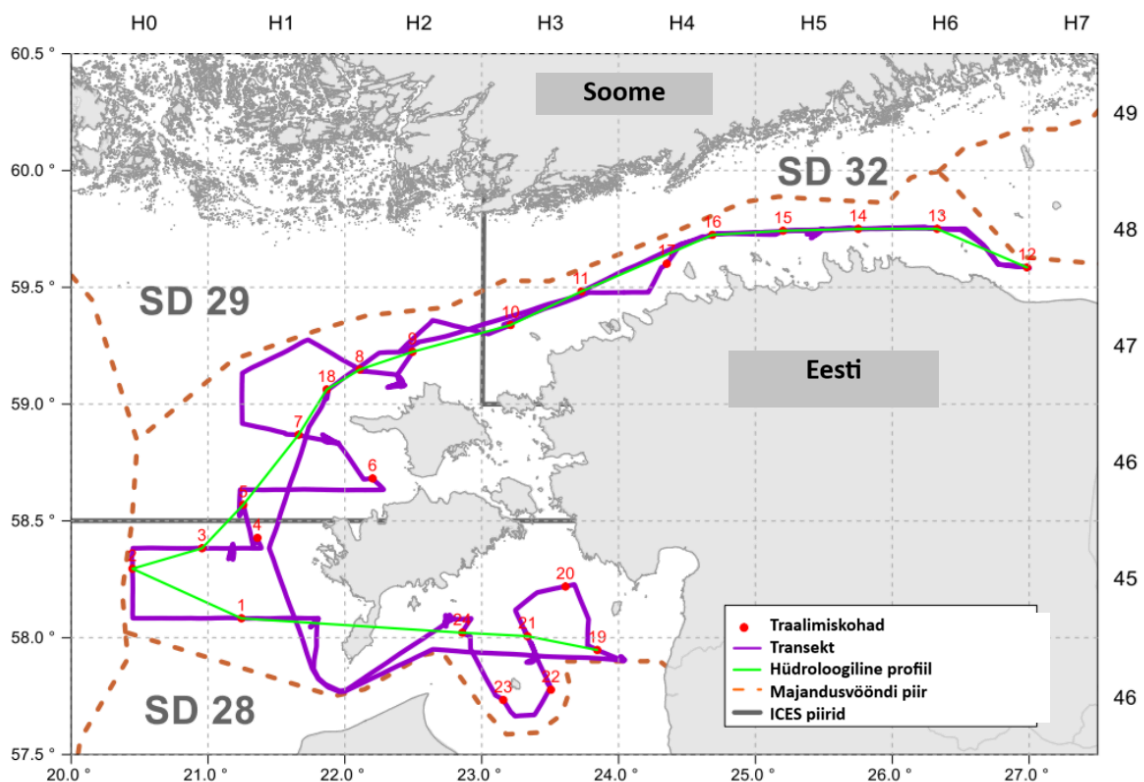


Joonis 9. Erinevate riikide BIAS seire vastutusala plaan aastal 2024. Eesti vastutusala on tähistatud helesinise värviga, Läti ja Eesti ühine ala lilla värviga (WGBIFS 2024).



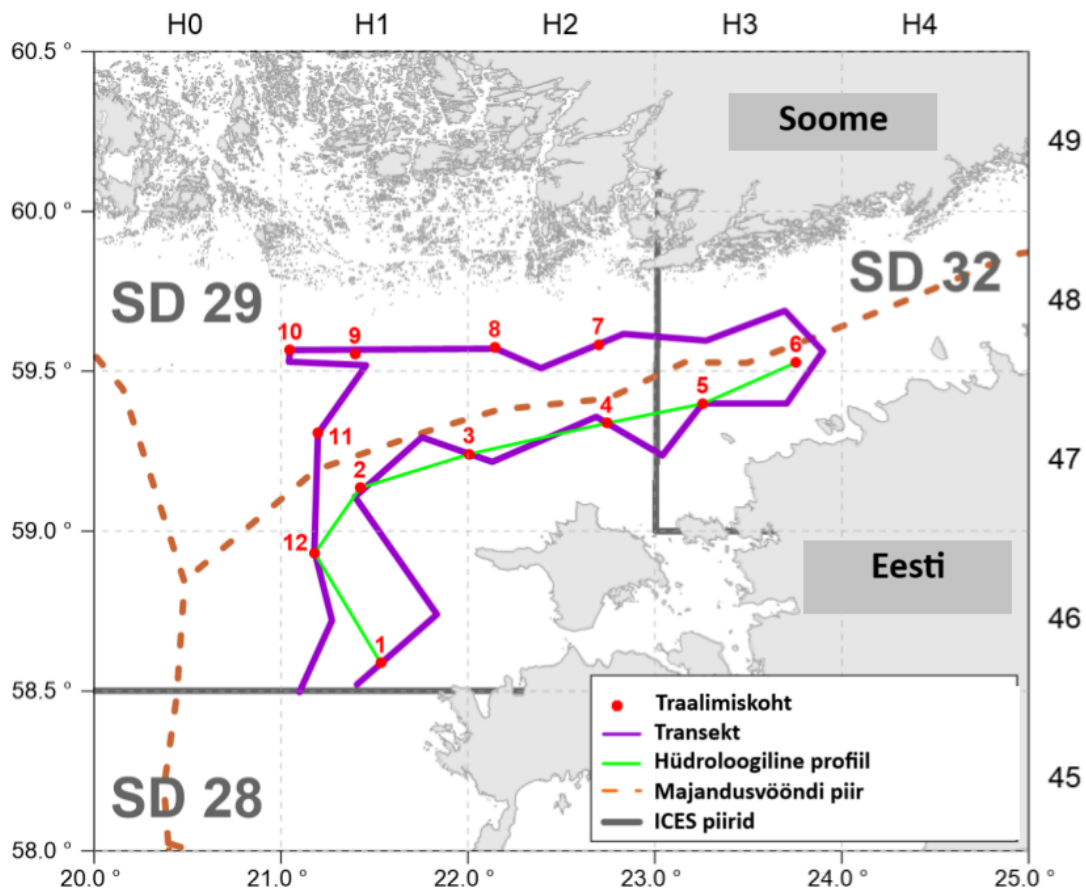
Joonis 10. Erinevate riikide BASS seire vastutusala aastal 2024. Eesti vastutusala on tähistatud helesinise värviga (WGBIFS 2024).

Baltic Acoustic Spring Survey (BASS) ja Baltic International Acoustic Survey (BIAS) viiakse läbi igal aastal vastavalt mais ja septembris/oktoobris. Eeldatakse, et sügisuuringu käigus on Läänemere põhjaosas välja- või sisserännet vähe või üldse mitte, nii et hinnangud annavad hea ülevaate räime-, kilu- ja tursavarudest (WGBIFS 2024) (joonis 11).



Joonis 11. Akustilised transektid ja bioloogiliste proovide jaoks teostatud traalimised EST-POL BIAS 2023. (Raid jt. 2024).

Kevadine uuring on suunatud ennekõike kilu varu hindamisele, kuna sel perioodil on valdav osa räime varust kaldalähedastes piirkondades kudemas (joonis 12). Läänemere lääneosa madalaveelistel aladel on suur osa kalade kontsentratsioonist päevasel ajal põhja lähedal ega ole seetõttu sonarile nähtav. See toob kaasa kalade alahindamise. Seetõttu tuleb Läänemere lääneosa madalaveelisi alasid uurida ainult öisel ajal, mis on defineeritud kui periood üks tund pärast päikeseloojangut ja üks tund enne päikesetõusu (WGBIFS 2024). Traalimine viiakse läbi erinevates veekihtides, keskvees ja põhja lähedal.



Joonis 12. Akustilised transektid ja bioloogiliste proovide jaoks teostatud traalimised EST-POL BASS 2023. (WGBIFS 2024).

Bioloogiliste proovide kogumine teostatakse sihtliikide liigilise koosseisu ning pikkuse, vanuse ja kaalujaotuse määramiseks. Iga ICESi ruudu kohta on soovitatav võtta proovid vähemalt kahest loomusest. Traalimiskiiruseks peab olema 3-3,5 sõlme ning traali loomuse standardseks kestvuseks on 30 minutit (WGIFS 2014).

Igat tüüpi kalade kontsentratsioonidest, mis on sonari poolt tuvastatud, tuleb liigilise koosseisu määramiseks võtta traali abil proove. Olukordades, kus kalad on jaotatud vertikaalselt üle kogu veesamba või kalad paiknevad mitmes kihis, tuleks kogu sügavusvahemikust proove võtta ühe ja sama tõmbega. Seda tehakse nii, et traalitakse esmalt ühes kihis ja seejärel paigutatakse traal teisele kõrgusele ja traalitakse teises kihis. Igas kihis peab traalimise aeg olema võrdne, jättes välja traali sügavuse muutmisele kuluva aja (BIFSWG 2014).

2.7 Varem läbi viidud uuringud

Varasemalt ei ole Läänemeres vastavat uurimust samade liikide kohta läbi viidud. Küll on uuritud põhja lähedal elavate kalaliikide kooslusi põhjatraalimise teel muudes piirkondades, mis viitab probleemi olulisusele, mitmekesisusele ja keerukusele. Nendes uuringutes on rohkem tähelepanu pööratud traalimisaja sõltuvusest kala kehapikkustele. Publikatsioone, kus on keskendutud traalimisaja sõltuvusele saagi koosseisule on vähe.

Olav Rune Godø jt. viisid 1990. aastal läbi uurimuse teemal „Traalimise kestuse mõju saagi pikkuskoostisele“. Uurimus viidi läbi Norras Barentsi merel ja USA idarannikul Georges Bankis, kus püüti põhjatraalidega turska (*Gadus morhua*), kiltturska (*Melanogrammus aeglefinus*) ja harilikku karelesta (*Hippoglossoides platessoides*). Varasemalt on arvatud, et suured kalad võivad ujuda traali suudmes pikka aega ja seega ei pruugita neid lühikese kestusega traalimistel kinni püüda (Godø jt. 1990). Väiksematel kaladel, kelle ujumisvõimekus ja vastupidavus ei ole piisav, on suurem tõenäosus sattuda traali. Eksperimentaalsetest uurimustest on teada, et kalade ujumisvõimekus ja -kiirus suureneb koos kala kehapikkusega. Järelikult on tõenäoline, et suuri kalu alahinnatakse ajaliselt lühikeste traalimiste puhul võrreldes pikkadega (Godø jt. 1990).

Püügimäärade ruumilistest ja ajalistest erinevustest tingitud katsevea vähendamiseks kasutati selle uurimuse juures plokk-kujundust. Esimeses Norra katses teostati kuus loomust 10 plokiga, viis plokki öösel ja viis plokki päeval. Ühes plokis jälgisid laevad paralleelset trajektoori ja nendest igatüki teostas kolm traalimist pikkustega 15, 30 ja 60 minutit. Traaliti samas suunas ning traalimisaja valis iga laev juhuslikult (Godø jt. 1990).

Uuringu tulemused näitasid vastupidist ootustele. Lühema kestusega traalimised on sama tõhusad kui pikad traalimised igas suuruses tursa, kilttursa ja hariliku karelesta püüdmiseks. Kuigi katsete arv oli piiratud, andsid katsed erinevate liikide ja piirkondade ning erinevate traalpüükide puhul ühtseid tulemusi (joonis 12) (Godø jt. 1990).

2006. aastal publitseeriti A. Battaglia jt. läbiviidud teadustöö, kus uuriti ka traalimisaegade mõju saagile. Varasemad uuringud on näidanud, et kalade ja koorikloomade püügimäär võib olla 15-minutilise loomuse puhul suhteliselt kõrgem kui 30-minutilise loomuse puhul. Need tähelepanekud viitavad sellele, et lühemate traalimiste korral võib proovide kogusaak suurened, mille tulemusena arvutatakse valed tulemused. Põhjused, miks lühema traalimisaja jooksul saadakse suuremad saagid, ei ole teada. Oletatavaid hüpoteese on mitmeid (Battaglia jt. 2006):

- 1) Kalade põgenemine traali eest;
- 2) Traalnoot võib õigele sügavusele jõudes ja välja tõmmates samal ajal kala püüda;
- 3) Traalnoot küllastub pikemate tõmmete ajal, mis suurendab põgenemist.

Kui nooda vedamise kestus varieerub üldiselt ettenähtud piiridest, siis aeg, mis kulub traalnooda jõudmiseks õigele sügavusele ja pinda tõmbamisel sõltuvad vee sügavusest, seega võivad suuremat sügavusvahemikku hõlmavad uuringud olla rohkem mõjutatud.

Uuringu tulemuste väljaselgitamiseks viidi läbi kuus 30-minutilist loomust Biskaia lahes. Püügi alguseks loeti olukorda, kui võrk oli vees peaaegu stabiilse kuju saavutanud, tavaliselt mõni minut peale seda, kui noot oli saavutanud kontakti mere põhjaga. Samamoodi loeti vedamine 30 minuti pärast lõppenuks, kui noota hakati välja tõmbama. Nende kahe punkti vahelist aega nimetati nominaalseks loomuse kestuseks. Iga täisloomuse kohta viidi läbi paralleelselt ka kolm nullkestusega traalloomust, kus traali väljatõmbamist alustati kohe, kui traal oli püügisügavuse saavutanud ehk loomuse nominaalne kestvus oli null. Nullpikkusega traalimised toimusid paralleelselt täisloomuse alguses, keskel ja lõpus (Battaglia jt. 2006). Tulemustes selgus, et üldist erinevust pikkusjaotuse vahel nullkestuse loomuse ja täisloomuse puhul ei tuvastatud.

Tulevikus soovitatakse lahendada seda probleemi spetsiaalse tehnoloogia abil. See kujutab endast traale, mis avatakse alles siis, kui need on jõudnud sobiva sügavuseni (Battaglia jt. 2006). Sellised traalid on välja töötatud diskreetsete proovide võtmiseks kindlatest veekihtidest. Tänapäeval on need süsteemid laialdaselt levinud erinevates kalandusega seotud uuringutes (Madsen jt. 2012).

2018. aastal viidi Sala, A. poolt läbi uurimus nimega “Traalimise kestuse mõju traalpüügi tulemuslikkusele Vahemeres”, mille eesmärgiks oli hinnata traalimise kestvuse mõju saagile traalitud ala kohta (CPUE) (kg/km^2), traalpüügi tulemuslikkusele ja traaluuringu käigus püütud liikide osakaalule. Selleks teostati 14 traalimist Aadria meres. Seitse 30-minutilist ja seitse 60-minutilist traali. Tulemustest selgus, et traalimisaeg mõjutas saagikust traalitud ala kohta. Mida pikemalt traaliti, seda suuremaks muutus CPUE, kuid erinevus pikkade ja lühikeste traalide vahel ei olnud märkimisväärselt suur. Pikem traalimisaeg suurendas liikide püüdmise tõenäosust (Sala 2018).

3. MATERJAL JA MEETODID

Käesoleva uurimuse läbiviimiseks saadud andmed pärinevad Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi poolt läbiviidud BIAS (Baltic International Acoustic Survey) ja BASS (Baltic Acoustic Sprat Survey) uuringust Eesti merealal (Raid jt. 2020). Kasutati andmeid ajavahemikust 2010–2024. Sellist uuringut viiakse läbi koos Poola teadlaste ja Poola uurimislaevaga „Baltica“ (joonis 13) igal aastal vastavalt septembris-oktoobris ja mais-juunis eesmärgiga hinnata räime ja kilu arvukust Läänemeres.



Joonis 13. Uurimislaev „Baltica“ (Kaup, T.)

Peale kilu ja räime jääb kaaspüügina traali ka palju teisi liike. Selles uurimuses keskenduti peamistele kalapüügiliikidele: ogalikule, luukaritsale ja meritindile (*Osmerus eperlanus*).

Algandmetena kasutati 396 traalloomust ning nendest saadud kalasaakide masse liikide kaupa. Iga traalimise kohta oli teada kilu, räime, ogaliku, luukaritsa, meritindi saagikus. Kõik ülejäänud liigid, mis traali sattusid, said koondnimetuse „muu“. Selleks, et andmeanalüüsis võrrelda keskmisi traalimisaegu, jagati kõik traalimised kahte traalitüüpi. Esimesse traalitüüpi

kuulusid traalitõmbed, mis kestsid kuni 20 minutit (20 minutit k.a.) ja teise traalitüüpi traalimised, mis kestsid rohkem kui 20 minutit. Kuna uurimistöö andmed pärinevad kahest uuringust (BIAS ja BASS), võeti ka uurimus üheks tunnuseks. Andmeanalüüsis kasutati veel tunnuseid, nagu keskmine traalimissügavus, veesügavus, ogaliku osakaal saagis ja ogaliku saak (kg).

Pelaagiliste ehk avaveeliste liikide arvukuse hindamiseks kasutatakse hüdroakustikat ning pelaagilist traalimist (WGBIFS 2014). Kalavarude hindamisel hüdroakustilisel meetodil saadakse andmed sonarist vette lastud energia tagasipeegeldumise teel (Baran jt. 2017; Simmonds & MacLennan 2005). Traalimisel bioloogiliste proovide võtmine on vajalik liigilise, pikkuselise ja vanuselise koosseisu ning keskmiste kehamasside määramiseks (WGBIFS 2014). Sonari ja traalimise teel saadud andmetest arvutatakse kalade arvukused ja sealt omakorda merealade kalavarude suurus (Kaup 2022). Uurimistöös kasutatud andmed on kogutud sonariga, mis hindab kaladelt tagasipeegelduva energia kogust, mitte ei kajasta otseselt reaalselt kalade hulka (Kaup 2022). Igas vaatlusruudus on arvukuste leidmiseks eelnevalt läbiviidud hüdroakustiline mõõdistamine ja teostatud katsetraalimised bioloogiliste proovide saamiseks vastavalt rahvusvahelisele metoodikale (WGBIFS 2014). Igal Läänemerd ümbritseval riigil on kohustus oma vastutusosal viia läbi sama metoodika alusel uurimus, mille tulemused hiljem kombineeritakse, et saada kogu Läänemere kalavarude suuruse hinnang.

Hüpoteeside kontrollimiseks viidi läbi andmeanalüüs tarkvaraga PRIMER 7, mille andmepunktideks olid traalitõmbed ja nendest saadud kalasaagid. Tulemuste väljaselgitamiseks võrreldi kalastiku struktuuri kolme tunnusega: uurimus, traalitüüp, keskmine traalimissügavus, ogaliku mass ja ogaliku osakaal saagis. Hindamaks erinevate muutujate (keskmine traalimissügavus, uurimus ja traalitüüp) mõju traalpüügist saadud kalastikusaagi struktuurile kasutati permutatsioonilist mitmemõõtmelist dispersioonanalüüsi (PERMANOVA – *Permutational multivariate analysis of variance*). Võrdlemaks ajaliselt lühikestest ja pikkadest traalidest saadud saake ning kahe uurimuse vahelisi kalakooslusi, kasutati sarnasus-protsent analüüsi (SIMPER – *Similarity Percentages*). Ogaliku osakaalu saagis ja ogaliku massi võrdlemiseks keskmise traalimissügavusega kasutati Spearmani järgu korrelatsiooni (*Spearman Rank Correlation*). Sama testi kasutati hiljem ka erinevate liikide

masside võrdlemisel keskmise traalimissügavusega. Ogaliku osakaalu saagis ja ogaliku massi ning traalitüübi koosmõju tugevust hinnati U-Testiga (*Mann-Whitney U Test*).

Käesoleva töö autor võttis osa 2022. ja 2024. aastate BIAS uuringust ja 2023. aasta BASS uuringust uurimislaeval "Baltica" pardal. Peamiseks tööks oli kalaanalüüsi teostamine, millesse kuulus kalade sorteerimine liikide kaupa, pikkusmõõdistamine ja andmete üles märkimine. Autori peamine roll käesoleva töö juures oli andmeanalüüs (koos juhendajatega), tulemuste interpreteerimine ning magistritöö kirjutamine.

4. TULEMUSED

Analüüsimeks algandmeid testiti püstitatud hüpoteese uurimaks seoseid traalpüükide saakide struktuuri ja traalpüükide parameetrite vahel. Käesolevas uurimistöös kasutati veel tunnuseid, nagu keskmine traalimissügavus, veesügavus traalimise ajal, ogaliku osakaal ja traalimisaeg ehk traalitüüp.

Viidi läbi PERMANOVA analüüs. Võttes arvesse kogu andmestikku, selgus, et kalastiku struktuur on statistiliselt usaldusväärset määral seotud tunnustega traalitüüp, uurimus ja keskmine traalimissügavus. Kalastiku struktuuri võrdlemisel tunnustega traalitüüp ja keskmine traalimissügavus ilmnis nende vahel statistiliselt usaldusväärne koosmõju ($p=0,001$; PseudoF=11,76). See tuleneb sellest, et sügavamad traalimised võtavad rohkem aega võrreldes lühikestega. Koosmõju ilmnis ka tunnuste uurimus ja keskmine traalimissügavus vahel ($p=0,001$; PseudoF=11,26). Seos tuleneb eri püügipiirkondade tõttu. BIAS ja BASS uuringutes teostatakse traalimisi erinevates piirkondades ning omakorda erinevatel sügavustel. Statistiliselt usaldusväärset koosmõju traalitüüp ja uurimus vahel saagi struktuurile ei esinenud ($p=0,239$; PseudoF=1,316). Samamoodi puudus statistiliselt usaldusväärne koosmõju kõigi kolme tunnuse vahel korraga ($p=0,809$; PseudoF=0,186) (Tabel 1).

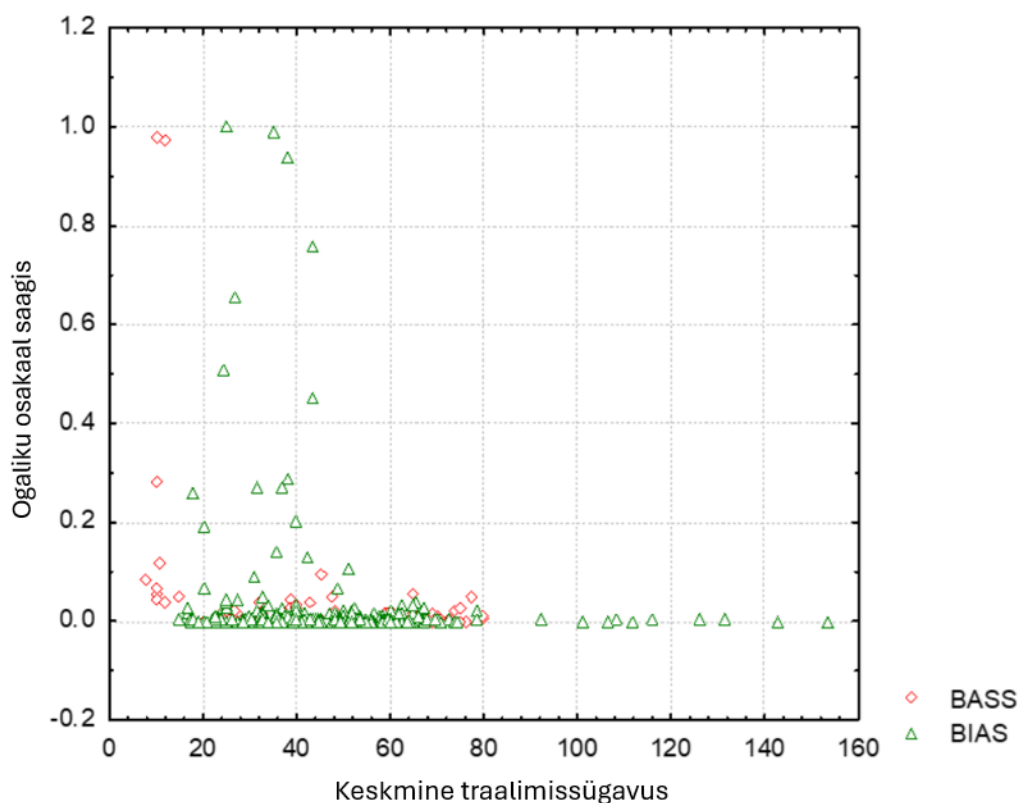
Tabel 1. PERMANOVA analüüsi tulemused. Traalpüükide saakide struktuuri seosed traalpüükide parameetritega.

	df	ss	ms	Pseudo-f	p
Traalitüüp	1	2244	2244	3,859	0,031
Uurimus	1	4554,1	4554,1	7,83	0,003
Sügavus	1	9259,1	9259,1	15,92	0,001
Traalitüüp x sügavus	x 1	6839,9	6839,9	11,76	0,001
Sügavus x uurimus	1	6549,1	6549,1	11,26	0,001
Traalitüüp x uurimus	x 1	765,27	765,27	1,316	0,239
Sügavus x traalitüüp x uurimus	x x	108,36	108,36	0,1	0,809
Jäägid	388	2,2567E+05	581,61		
Kokku	395	2,5599E+05			

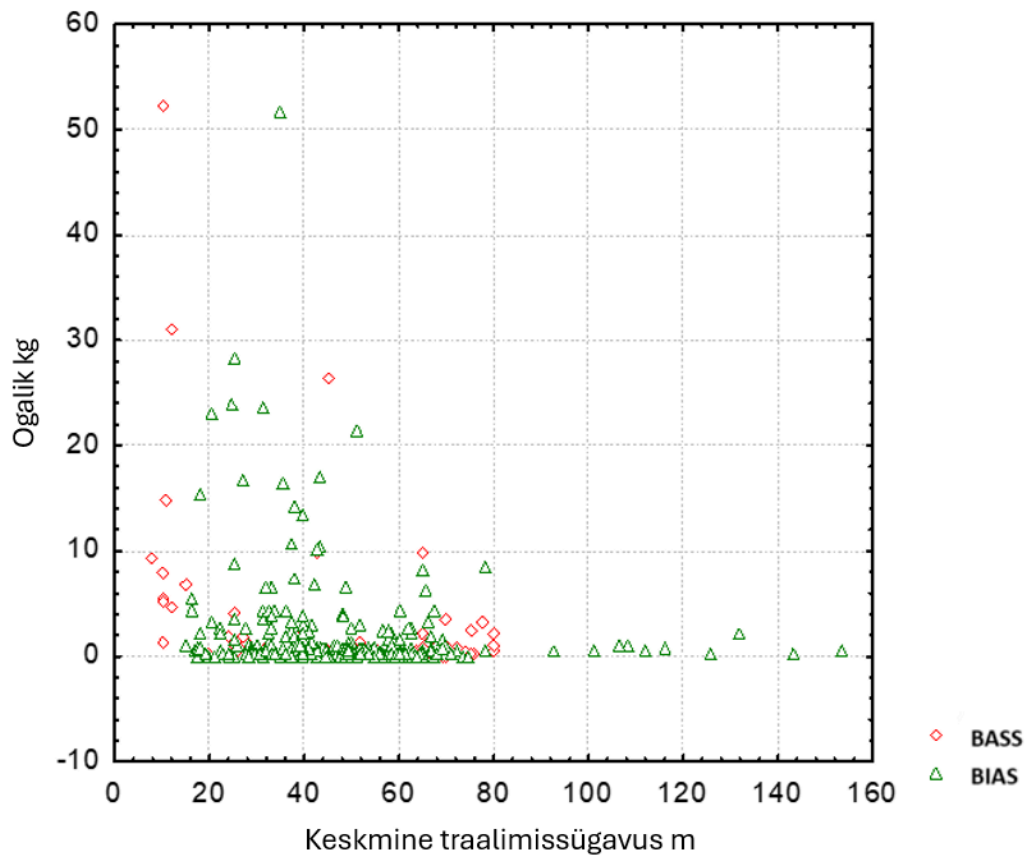
Kalakoosluste saakide kaalupõhise struktuuri erisus erinevatel traalimisaegadel tulenes eelkõige räime, kilu, ogaliku, muude liikide ja meritindi arvukuse erisusest (moodustades vastavalt 41,8%, 35,68%, 12,79%, 4,24% ja 3,7% keskmisest traalimissügavuste vahelisest Bray-Curtis-e erisusindeksist 31,55). Pikemates traalides on räime keskmine arvukus suurem ning kilu arvukus väiksem võrreldes lühikeste traalidega. Ogaliku ja muude liikide arvukus pikkades traalides on suurem ning meritindil väiksem.

Traalidest saadud kalakoosluste põhise struktuuri erisus erinevatest uurimustest tulenes samuti eelkõige räime, kilu, ogaliku, muu ja meritindi arvukuse erisusest (moodustades vastavalt 40,09%, 32,83%, 12,97%, 8,77% ja 3,47% keskmisest uurimuste vahelisest Bray-Curtis-e erisusindeksist 28,36). Räime ja muude liikide suurem arvukus saagis leiti BASS uuringus. Kilu, ogalikku ja meritinti leidis rohkem BIAS uuringus. Ogaliku ja kilu saagikused olid uurimusesti küll erinevad, kuid mitte märgatavalt.

Uuringu käigus analüüsiti, kuidas ogaliku osakaal saagis on seotud eri muutujatega. Selgus, et ogaliku osakaal saagis ($R=-0,343$; $t(N-2)=-7,244$ $p<0,001$) (joonis 14) ja ogaliku saak (kg) ($R=-0,298$; $p<0,001$) (joonis 15) on statistiliselt usaldusväärset seotud keskmise traalimissügavusega. Ogaliku saagikus oli suurem ülemistes veekihtides. Kõige rohkem esines ogalikku traalides, mis sooritati sügavusel 15-80 m.



Joonis 14. Spearmani korrelatsioon. Ogaliku osakaal saagis seotud keskmise traalimissügavusega.



Joonis 15. Spearmani korrelatsioon. Ogaliku mass saagis seotud keskmise traalimissügavusega.

Kõikide traalimiste keskmine ogaliku saagikus oli 2,1 kg. Maksimaalne ogaliku saak ühest loomusest oli 52,23 kg. Samas tunnus ogaliku osakaal saagis ($Z=1,52$; $p=0,129$; $N=396$) (tabel 2) ega ka ogaliku saak (kg) ($Z=0,790$; $p=0,430$; $N=396$) (tabel 3) ei olnud erinevates traalitüüpides statistiliselt usaldusväärset erinev.

Tabel 2. Mann-Whitney U Test. Ogaliku osakaal saagis ja traalitüübi koosmõju.

Muutuja	Mann-Whitney U Test								
	Muutuja järgi Traalitüüp								
	Grupp 1	Grupp 2	U	Z	p	Z	p	N Grupp 1	N Grupp 2
Ogaliku osakaal saagis	28237	50369	15916	1,52	0,129	1,52	0,129	134	262

Tabel 3. Mann-Whitney U Test. Ogaliku massi ja traalitüübi koosmõju.

Muutuja	Mann-Whitney U Test								
	Muutuja järgi Traalitüüp								
	Grupp 1	Grupp 2	U	Z	p	Z	p	N Grupp 1	N Grupp 2
Ogalik kg	27450	51156	16703	0,790	0,430	0,790	0,430	134	262

Andmeanalüüsi käigus uuriti tunnuse keskmine traalimissügavus suhet erinevate kalaliikidega eraldi (tabel 4). Analüüsi tulemused näitasid keskmise traalimissügavuse seotust räime ($R=-0,373$; $t(N-2)=7,986$; $p<0,001$), ogaliku ($R=-0,298$; $t(N-2)=-6,206$; $p<0,001$) ja luukaritsa ($R=-0,333$; $t(N-2)=-7,009$; $p<0,001$) massiga saagis. Traalimissügavuse suurenedes suurenes räime ning vähenes ogaliku ja luukaritsa kontsentratsioon saagis.

Tabel 4. Spearmani korrelatsioon. Traalimissügavuse seosed erinevate liikidega.

Muutujad	R	t(N-2)	p
Kilu & traalimissügavus	0,040	0,790	0,430
Räim & traalimissügavus	0,373	7,986	<0,001
Ogalik & traalimissügavus	-0,298	-6,206	<0,001
Luukarits & traalimissügavus	-0,333	-7,009	<0,001
Meritint & traalimissügavus	0,017	0,343	0,732
Muu & traalimissügavus	0,016	0,320	0,750

Kõikide traalimiste suurim kilusaak kaalus 1529,4 kg, mis saadi BIAS uurimuse käigus 33 m sügavuselt, kui veesügavus oli 43 m. Maksimaalne kogus räime oli 1230,1 kg, mis saadi samuti BIAS uuringu käigus. Püük toimus 67,5 m sügavusel ning veesügavus oli samal ajal 87 m. Ogaliku rekordsaagiks oli 52,2 kg. Püük toimus ülemistes veekihtides 10 m sügavuses. Veesügavus oli 106 m ning traalimisajaks 20 minutit. Muude liikide maksimaalne saak kaalus 377,3 kg. Traalimissügavuseks oli 51 m, veesügavus 90 m ning traalimisaeg 30 minutit. Kõige raskem kogusaak kaalus 1685,3 kg, mis püüti 33 m sügavuselt, kui veesügavus oli samal ajal 43 m. Traalimisajaks oli siis vaid 15 minutit.

5. ARUTELU

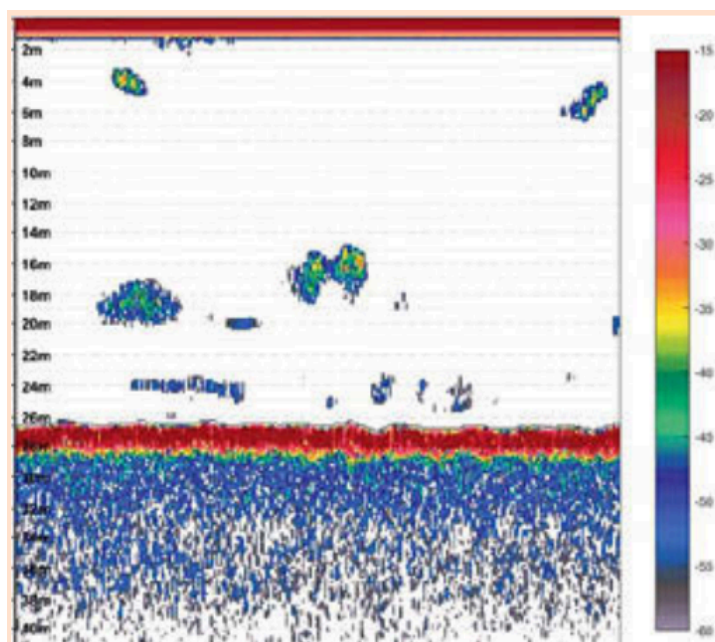
Antud töö eesmärgiks oli välja selgitada, kas traalitõmbe pikkus mõjutab traaliloomuse saagi struktuuri ning kas traalitõmbe pikkus on seotud ogaliku saagiga traalpüügis.

Käesolevas uurimistöös saadi teada järgmist:

- Traalimisaeg ei mõjuta ogaliku osakaalu saagis.
- Ogaliku osakaal ja mass saagis väheneb traalimissügavuse suurenedes.
- Keskmise traalimissügavuse suurenedes suureneb ka räime mass traalsaagis ja väheneb ogaliku ja luukaritsa mass.
- Ajaliselt pikemate traalimiste puhul on keskmised traalimissügavused suuremad.

Tulemustest selgus, et traalimisaeg ei mängi rolli ogaliku osakaalule saagis. Enne uurimistööd arvati, et ajaliselt lühemate traalimiste tulemusel võib ogaliku osakaal traalsaagis olla suurem võrreldes pikkadega. Oletati, et traali laskmisel õigele püüdmissügavusele võib see vette laskmise ajal püüda pinnakihi paiknevaid ogaliklasi. Peale lühikest traalimist tõstetakse traal ülesse uuesti läbi pindmiste veekihtide. Varasem arvamus oli, et ajaliselt nii pikk traal kui ka lühike traal liiguvad kaks korda läbi pindmise veekihi. Seega nii ajaliselt pikk traal ja lühike traal püüaks sama palju pindmisest kihist ogalikku, kuid pikem traal püüaks rohkem kilu, räime ja teisi liike. Seega arvati, et ogaliku osakaal saagis on väiksem pikema traalimise jooksul. Uurimistööst selgus, et püstitatud hüpotees kinnitust ei leidnud ning ogaliku osakaal ei ole seotud traalimisajaga. Seega ajaliselt pikema traalimise puhul ogaliku osakaal traalsaagis ei muutu.

Traalimissügavus omab olulist mõju kalasaagi struktuurile ja osakaalule. Kui traalimissügavus suureneb, siis satub traalnoota rohkem räime ning vähem ogalikku ja luukaritsat. Traalimissügavuse vähenedes muutub saagi struktuur ogaliku ja luukaritsa kasuks ning väheneb räime osakaal. See muster on tingitud sellest, et ogaliklased ja räim hoiavad päevasel ajal valdavalt erinevatesse veesügavustesse (joonis 16).



Joonis 16. Sonaripilt, millel on näha tõenäolised ogalikuparved (10 meetrist madalamad) ja räimeparved (10 meetrist sügavamal) (Saks jt. 2018).

Räim jälgib planktoni liikumist, mis tavaliselt tähendab, et öösel hoidub ta rohkem ranniku lähedale ja päeval põhja lähedusse (Lundin 2011). Päikesevalguse vähenedes liiguvad räimeparved rohkem laiali ning ülemistesse veekihtidesse ja nad ei hoidu üksteisele nii lähedale kui päevasel ajal. Hommikul kogunevad räimed taas parvedesse ja laskuvad sügavamatesse veekihtidesse (Rannak 1988). Sügavamate traalimiste puhul päevasel ajal liigub traalnoot ogalikule sobivast veesügavusest läbi sügavamatesse kihtidesse, kus algab räime jaoks sobiv sügavus.

Varasemates uurimustes on püütud välja selgitada katsetraalide saakide koosseisu sõltuvust erinevatest parameetritest, nagu tehti käesolevas uurimuses, kuid pigem on tähelepanu pööratud põhjatraalide saakidele. Näiteks Godø jt. 1990. aastal läbiviidud uurimistöös uuriti põhjatraalimisel saadud kalade pikkuskoostist. Nende meetodiks oli samuti võrrelda ajaliselt erinevate pikkustega traalimisi nagu käesolevas uurimuses. Kuna eksperimentaalses uurimuses on teada, et kalade ujumisvõimekus ja ujumiskiirus kõigil jõudlustasemetel suureneb koos kala keha pikkusega, arvati, et ajaliselt lühikeste traalimiste puhul hinnatakse suuremate kalade osakaalu ebatäpselt (Godø jt. 1990). Nende hüpotees on sarnane käesoleva uurimistööga, kuid käesolev töö keskendub liigilisele koosseisule, mitte kehapiikkusele.

Nende tulemustes selgus, et lühema kestusega traalimised on sama tõhusad kui pikad traalimised. Keskmise pikkuse analüüs ei tõestanud, et kala keskmine pikkus saagis väheneks traalimisaja kestuse lühenemisel (Godø jt. 1990). Kuigi käesolevas töös keskenduti liigilisele koosseisule, ei leitud mõlemas uurimistöös kala kehapiikkuse seost traalimisajaga.

A. Battaglia jt. 2006. aastal valmis uurimistöo, kus uuriti traalimisaegade sõltuvust saagile. Uurimismeetod oli sarnane eelnevalt mainitud teadustööga. Nende tulemustest selgus, et traalimisaeg üldiselt kalade pikkusjaotust ei mõjutanud. 2018. aastal viidi Sala, A. poolt läbi uurimus, mille eesmärgiks oli hinnata traalimise kestuse mõju saagile traalitud ala kohta (CPUE) (kg/km²), traalpüügi tulemuslikkusele ja traaluuringu käigus püütud liikide osakaalule. Tulemustest selgus, et traalimisaeg mõjutas saagi CPUE kohta. Mida pikemalt traaliti, seda suuremaks muutus CPUE, kuid erinevus pikkade ja lühikeste traalimiste vahel ei olnud märkimisväärselt suur. Pikem traalimisaeg suurendas liikide püüdmise tõenäosust (Sala 2018). Võrreldes andmeid käesoleva uurimistöo tulemustega on tulemused erinevad. Ogaliku osakaal saagis ja ogaliku mass traalimisaja pikenedes ei muutunud.

Uurimistöo tulemustest saab järeldada, et kui soovitakse uurida ja selle jaoks püüda konkreetseid liike, tuleb selleks traalida kindlatel sügavusvahemikel. Nagu Norras läbi viidud uurimuses soovitati, tuleks kasutada püüdmiseks traale, mida on võimalik avada ja sulgeda kindlatel sügavustel (Godø jt. 1990). Näiteks, kui soovitakse püüda põhja lähedalt räime, siis on mõistlik lasta kinnise avaga traal vette ning oodata, kuni see jõuab soovitud sügavuseni. Kui saavutatud on soovitud sügavus, avada traalisuu ning alustada püüki. Sellega välditakse veesamba pinnalähedastes kihtides paikneva ogaliku ja ka teiste liikide sattumist traali enne selle sukeldumist soovitud sügavuseni. Samamoodi tuleks toimida ka traali väljatõmbamisel. Esmalt suletakse traaliava ja peale seda alustatakse traali väljatõmbamist.

Lisaks selgus tulemustest, et ajaliselt pikemates traalimistes on räime keskmine arvukus suurem ning kilu arvukus väiksem võrreldes lühikeste traalimistega. Ogaliku ja muude liikide arvukus pikkades traalides on suurem ning meritindil väiksem. Räum hoidub päeval sügavamatesse veekihtidesse võrreldes kiluga. Suvel hoiduvad kiluparved soojemasse pinnavette. Talvel kogunevad soojematesse veekihtidesse 70–100 m sügavusele (Ojaveer

2014). Seega, kuna kiluparved hoiduvad räimeparvedest kõrgemale ning pikemate traalimistee korral traalitakse sügavamates veekihtides, võib see olla põhjuseks, miks pikemate traalloomuste saagi koostises esineb rohkem räime ja vähem kilu. See kinnitab veel asjaolu, et kui soovitakse uurida ja selle jaoks püüda konkreetseid liike, tuleb selleks traalida kindlatel sügavusvahemikel.

Toetudes uurimistööst saadud vastustele saab väita, et ogaliku osakaal iga-aastasel BIAS ja BASS uuringul ei muutu lühemate traalimiste teostamisel. Nende uurimuste jaoks vajalike tulemuste saamiseks piisab lühematest traalidest, kuna meetodika vaatest ei ole oluline proovi suurus, vaid see, et proov kirjeldaks võimalikult täpselt uuritava kalakoosluse struktuuri. Traalimisaja lühendamine võimaldab oluliselt vähendada uuritavate isendite asjatut hukkumist. Traalimisaja lühenemisel väheneb kalasaagikus traalis ning liikide asurkondasid kahjustatakse vähem väljapüügiga.

6. KOKKUVÕTE

Väikest mõõtu pelaagilistel kaladel on mereökosüsteemides võtmeroll, kuna nad suudavad energiat ja toitaineid üle kanda planktonilt tippkiskjatele ning on olulised kalapüügi sihtliigid. Ogalik kuulub samuti pelaagiliste kalade koosseisu. Viimaste kümnenditega on tema arvukuse tõusuga Läänemeres tema tähtsus tõusnud, sest ta toitub suuresti zooplanktonist ning on seega toidukonkurentsiks kilule ja räimele.

Kilu- ja räimevarude hindamiseks viiakse läbi igal aastal kaks uurimust, kus kasutatakse korraga kahte meetodit: hüdroadustikat ja katsetraalimisi. Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada, kas traalitõmbe pikkus mõjutab traaliloomuse saagi struktuuri ja kas traalitõmbe pikkus on seotud ogaliku saagiga traalpüügis. Magistritöös analüüsiti Eesti Mereinstituudi poolt läbiviidud BASS ja BIAS uuringute tulemusi, mis koguti ajavahemikus 2010–2024. Andmeanalüüsis viidi läbi mitmeid erinevaid teste, nagu Spearmani korrelatsioon, U-Test, SIMPER analüüs ja PERMANOVA.

Tulemustest selgus, et püstitatud hüpotees ei leidnud kinnitust ning ogaliku osakaal saagis ei ole seotud traalimise kestusega, mistõttu aeg ei mängi rolli ogaliku osakaalule traalsaagist. Traalimissügavus mõjutab kalasaagi struktuuri ja liigilist osakaalu. Kui traalimissügavus suureneb, satub traalnoota rohkem räime ning vähem ogalikku ja luukaritsat. Uurimistöö tulemustest saab järeldada, et kui soovitakse uurida ja selle jaoks püüda konkreetseid liike, tuleb selleks traalida kindlatel sügavusvahemikel. Varasemalt on uuritud traalsaakide kalakooslusi erinevate näitajatega, nagu tehti ka käesolevas uurimuses, kuid teistes teadustöodes võrreldi traalimisaegasid näiteks kalade kehapiikkustega või isendite arvuga püügiühiku kohta. Nende tulemuste keskmise pikkuse analüüs ei andnud viidet sellele, et kala keskmine pikkus väheneks traalimisaja kestuse lühenemisel. Kuigi käesolevas uurimistöös keskenduti kalaliikidele, ei leitud mõlemas uurimistöös seost traalimisajaga. Andmeanalüüs näitas veel, et ajaliselt pikemates traalides on räime keskmine arvukus suurem ning kilu arvukus väiksem võrreldes lühikeste traalidega. Ogaliku ja muude liikide arvukus pikkades traalides on suurem ning meritindil väiksem. Toetudes uurimistöö tulemustele saab väita, et

ogaliku osakaal iga aastasel BIAS ja BASS uuringul ei muutu oluliselt, kui teostada lühema kestusega traalimisi kui 30 minutit. Nende uurimuste jaoks vajalike andmete saamiseks piisab ajaliselt lühematest traalimistest ning sellega hoitakse ära liigsete kalade hukkamist traalpüügi jooksul.

7. SUMMARY

How are trawl haul parameters related to catch composition?

Small pelagic fish play a key role in marine ecosystems, as they can transfer energy and nutrients from plankton to top predators and are important fishing targets. The three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) is also a pelagic fish. Its abundance has increased in recent decades. Its importance in the Baltic Sea has increased because it feeds largely on zooplankton.

Two surveys are conducted annually to assess the sprat and herring stocks, using two methods at the same time: hydroacoustics and experimental trawling. The aim of this master's thesis was to determine whether the length of the trawl haul affects the catch structure and whether the length of the trawl haul is related to the catch of three-spined stickleback. The master's thesis analyzed the results of the BASS and BIAS surveys conducted by the Estonian Marine Institute, which were collected between 2010 and 2024. Various tests were performed in the data analysis, such as Spearman correlation, U-Test, SIMPER analysis and PERMANOVA.

The research revealed that the hypothesis set is not true and the proportion of three-spined stickleback is not related to the trawling time. Thus, trawling time does affect the relative proportion of three-spined sticklebacks in the trawl catch. The trawling depth plays an important role in the structure and proportion of the fish catch. If the trawling depth increases, more herring and fewer three-spined stickleback and ninespine stickleback end up in the trawl net. From the research results, it can be concluded that if there is needed to study and catch particular species, the trawling has to be conducted at specific depth ranges. Previously, trawl catch structures have been studied using various characteristics, but slightly differently than this study, using fish length and catch per unit effort. The analysis of the mean length in these studies did not indicate that the mean length of the fish decreased with decreasing trawling time. Although the current study focused on species composition, no correlation with trawling time was found in either study. Data analysis also showed that the average abundance of herring is higher in hauls with longer durations and the abundance of sprat is lower when compared to the hauls with shorter durations. The abundance of three-spined stickleback and

other species is higher, and the smelt abundance is lower in hauls with longer durations. Based on the results of the study, the proportion of three-spined sticklebacks in the annual trawl survey catches does not change if the hauls are shorter than 30 minutes. Shorter trawling times are sufficient to obtain the data needed for these studies and this prevents the killing of excess fish during trawling.

8. TÄNUAVALDUSED

Töö autor tänab magistritöö juhendajaid Elor Seppa ja Lauri Saksa ning kogu Eesti Mereinstituudi kalabioloogia ja kalanduse osakonna kollektiivi, kes on osalenud BASS ja BIAS uuringute läbiviimisel ja andmete kogumisel. Autor tänab oma lähedasi igakülgse abi eest.

9. KASUTATUD KIRJANDUS

- Australian Fisheries Management Authority (2023). Trawling. <https://www.afma.gov.au/methods-and-gear/trawling>
- Baran, R., jt. (2017). A novel upward-looking hydroacoustic method for improving pelagic fish surveys. Scientific reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04953-6>
- Battaglia, A., Trenkel, V., M. & Rochet. M. (2006). Estimating end effects in trawl catches. ICES Journal of Marine Science, 956-959. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.03.002>
- Bergström, U., jt. (2015). Stickleback increase in the Baltic Sea – A thorny issue for coastal predatory fish. Fisheries Research, 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.06.017>
- Bethke, E., jt. (1999). Comparison of the selectivity of three pelagic sampling trawls in a hydroacoustic surveys. Fisheries Research. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00054-5](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00054-5)
- De Robertis, A., jt. (2023). Modifying a pelagic trawl to better retain small Arctic fishes. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2022.105225>
- Eesti Entsüklopeedia (1992). Läänemeri. <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/1%C3%A4%C3%A4nemeri1>.
- Frisk, C., jt. (2015). Environmental effects on sprat (*Sprattus sprattus*) physiology and growth at the distribution frontier: A bioenergetic modelling approach. Ecological Modelling, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.11.026>
- Godø, O. R., Pennington, M. & Vølstad, J., H. (1990). Effect of tow duration on length composition of trawl catches. Fisheries Research, 165-179. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(90\)90062-Z](https://doi.org/10.1016/0165-7836(90)90062-Z)
- Hunt, T. (2012). Eesti kalad. Tallinn: Varrak, 126.

- ICES (2014). Manual of International Baltic Acoustic Surveys (IBAS). Series of ICES Survey Protocols SISP 8 - IBAS. 24 pp. <https://dcf.mir.gdynia.pl/wp-content/uploads/2016/10/SISP-8-Manual-of-International-Baltic-Acoustic-Surveys-IBAS.pdf>
- ICES (2021). ICES Working group on Baltic international Fish survey (WGBIFS). https://ices-library.figshare.com/articles/report/Baltic_International_Fish_Survey_Working_Group_WGBIFS_/18618341?file=33396452
- ICES (2024). Baltic International Fish Survey Working Group (WGBIFS). ICES Scientific Reports. Volume 6. Issue 55. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.25922290>
- Johansson, D., jt. (2017). Reciprocal transplants support a plasticity-first scenario during colonisation of a large hyposaline basin by a marine macro alga. BMC Ecology. <https://doi.org/10.1186/s12898-017-0124-1>
- Jurvelius, J. Leinikki, J., Mamylov, V., Pushkin, S. (1996). Stock assessment of pelagic three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*): A simultaneous up- and down-looking echo-sounding study. Fisheries Research, 227-241. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(95\)00464-5](https://doi.org/10.1016/0165-7836(95)00464-5)
- Kaup, T. (2022). Ogaliku (*Gasterosteus aculeatus*) arvukus Läänemeres aastatel 2016-2021. <http://hdl.handle.net/10492/7482>
- Kraufvelin, P., jt. (2018). Essential coastal habitats for fish in the Baltic Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.02.014>
- Kraus, G. & Köster, F. W. (2004). Estimating Baltic sprat (*Sprattus sprattus balticus* S.) population sizes from egg production. Fisheries Research, 313-329. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.06.005>
- Lundin, M. (2011). Herring (*Clupea harengus membras*) in the Baltic and Bothnian Sea: Biology, behavior and a sustainable, viable fishery. Introductory Research Essay. No 13. https://pub.epsilon.slu.se/8365/1/Lundin_M_111013.pdf

- Madsen, N. jt. (2012). Development and test of a remotely operated Minisampler for discrete trawl sampling. *Fisheries Research*, 16-20. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.11.016>
- Mikelsaar, N. (1984). Eesti NSV kalad. Tallinn: Valgus, 281, 284.
- Mäkinen, S. jt. (2022). Production of Bioactive Peptides from Baltic Herring (*Clupea harengus membras*): Dipeptidyl Peptidase-4 Inhibitory, Antioxidant and Antiproliferative Properties. MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules27185816>
- Ojaveer, E. 2014. „Läänemeri“. Teaduste Akadeemia Kirjastus. Tallinn, 152-153.
- Ojaveer, E., Pihu, E. & Saat, T. (2003). Fishes of Estonia. Estonian Academy Publishers. Tallinn, 81.
- Ojaveer, E. & Kalejs, M. (2010). Ecology and long-term forecasting of sprat (*Sprattus sprattus balticus*) stock in the Baltic Sea: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 203-217. <https://doi.org/10.1007/s11160-009-9130-5>
- Ojaveer, H. jt. (2010). Status of Biodiversity in the Baltic Sea. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012467>
- Ojaveer, H., jt. (2018). Selecting for three copepods—feeding of sprat and herring in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 2439-2449. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx249>
- Peltonen, H., Varjopuro, R. & Viitasalo, M. (2013). Climate Change Impacts on the Baltic Sea Fish Stocks and Fisheries - Review with a focus on Central Baltic herring, sprat and cod. Sectoral Impact Assessments for the Baltic Sea Region - Climate Change Impacts on Biodiversity, Fisheries, Coastal Infrastructure and Tourism. ISBN 978-3-939206-08-8
- Raid, T., jt. (2020). Riikliku kalanduse andmekogumise programmi täitmine. Osa: Akustilised uuringud, räim ja kilu. TÜ Eesti mereinstituut. Tallinn. <https://agri.ee/sites/default/files/documents/2023-09/2019.%20aasta%20r%C3%A4ime%20ja%20kilu%20aruanne.pdf>

- Raid, T., jt. (2024). Riikliku kalanduse andmekogumise programmi täitmine. Osa: Akustilised uuringud, räim ja kilu. TÜ Eesti mereinstituut. Tallinn. <https://agri.ee/sites/default/files/documents/2024-03/uuring-2024-akp-r%C3%A4im-kilu-2023.pdf>
- Raid, T. & Sepp, E. (2022). Variability in the structure of pelagic fish communities: A pitfall for management of herring in the Baltic Sea? Trends in Maritime Technology and Engineering- Guedes Soares & Santos. ISBN 978-3-939206-08-8
- Rajasilta, M., Laine, P. & Paranko, J. (2010). Current growth, fat reserves and somatic condition of juvenile Baltic herring (*Clupea harengus membras*) reared in different salinities. Helgoland Marine Research, 59-66. <https://doi.org/10.1007/s10152-010-0201-8>
- Rannak, L. (1988). Räim. Tallinn, Valgus, 60.
- Saat, T. 2022. „Eesti Kalad“ Kalanduse teabekeskus, lk 73, 69. ISBN 978-9949-7483-7-2
- Saks, L., jt. (2017). Ogaliku varu ja ökoloogia uuringud Eesti merealadel. TÜ Eesti Mereinstituut. Tartu. https://kalateave.ee/images/pdf/Uuringud_2014-2020/Ogaliku_varu_ja_%C3%B6koloogia_uuringud_Eesti_merealadel.pdf
- Saks, L., jt. (2018). Mitu ogalikku ujub Liivi lahes? Eesti Loodus. https://www.eestiloodus.ee/arhiiv/Eesti_Loodus09_2018.pdf
- Sala, A. (2018). Influence of tow duration on catch performance of trawl survey in the Mediterranean Sea. Plos One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191662>
- Simmonds, J & MacLeannan, D. (2005). Fisheries Acoustics Theory and Practice. Second edition. Blackwell Publishing.
- Trei, T. (1991). Taimede Läänemere põhjal. Tallinn: Valgus.
- Veldre, I. (1986). Kilu. Valgus, 8.

Von Dorrien, C., jt. (2013). A review on herring *Clupea harengus* (Actinopterygii: Clupeiformes: Clupeidae) recruitment and early life stage ecology in the western Baltic sea. Acta Ichthyologica et Piscatoria 169-182. doi: 10.3750/AIP2013.43.3.01

Weldon Owen Ltd. (2017). Maaailma ookeanide entsüklopeedia. Tallinn: Tea, 152.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, _____ Taavi Kaup _____ ,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

_____ Kuidas on traalitõmbe parameetrid seotud saagi koosseisuga? _____ ,

mille juhendaja(d) on _____ Elor Sepp ja Lauri Saks _____ ,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;

2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Taavi Kaup
28.05.2025