

TARTU ÜLIKOOL  
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT  
ZOOLOOGIA OSAKOND  
LOODUSRESSURSSIDE ÕPPETOOL

Jorma Ratas

Kutselisel kalapüügil tagasiheidetavate kalade  
suremus, seda mõjutavad tegurid ja  
võimalikud lahendused

Bakalaureusetöö

Juhendajad: Lagle Matetski, Elor Sepp

Tartu, 2021

### **Kutselisel kalapüügil tagasiheidetavate kalade suremus, seda mõjutavad tegurid ja võimalikud lahendused**

Mitte kõik püütud kalad ei jõua toidulauale. Ligikaudu 10% saakidest heidetakse erinevatel põhjustel tagasi veekogusse, kus suur osa neist püügil saadud vigastuste ja teiste stressorite mõjul hukkub. Kuna püügisurve kalastikule on juba niigi väga kõrge, on selline lisasuremus kalanduses suureks probleemiks. Eesti traalpüügil on tagasiheidet vähe, kuid sisevete- ja rannapüügil heidetakse juba seaduslikest piirangutest tuleneva vabastamiskohustuse tõttu küllaltki palju kalu vette tagasi. Kui paljud neist hukkuvad, sõltub näiteks kasutatavast püünisetüübist, erinevatest keskkonnatingimustest ja kaluri käitumisest kala püünisest eemaldamisel ja vabastamisel. Tagasiheidetud kalade suremuse vähendamiseks tuleb kas vähendada kaaspüüki (kasutades selleks näiteks selektiivsemaid püüniseid) või suurendada vabastatud kalade ellujäämist (vähendades kalapüügiga kaasnevate stressorite mõju). Eestis võib soovitada näiteks võrgupüügi piiramist kõrgete veetemperatuuride perioodil, püüniste sagedasemat kontrollimist ja vabastatavate kalade käitlemise soovitude väljatöötamist kaluritele.

Märksõnad: tagasiheidet; tagasiheidet suremus; kaaspüük; püünise selektiivsus

### **Discard mortality in commercial fisheries: influencing factors and mitigation measures**

Not all fish reach the dining table. About 10% of the caught fish are being discarded back to water, where many of them will die as a result of fishing related injuries and other stressors. As the fishing pressure is already very high, such an extra mortality is a big problem for fishery. There is little discard in Estonian trawl fishery, but a lot of fish are being discarded in inland and coastal fishing due to legal restrictions. How many of them will die, depends on the gear type, environmental conditions as well as the behaviour of fishermen when removing and releasing fish from the gear. In order to reduce the discard mortality of fish either bycatch should be reduced (e.g., by using more selective gear) or the viability of released fish should be enhanced (by reducing the impact of fishing related stressors). In Estonia, the recommendations may include gillnetting restrictions when water temperature is high, more frequent control of gear and the introduction of recommendations for the handling of released fish for fishermen.

Keywords: discard; discard mortality; bycatch, gear selectivity

## SISUKORD

Sissejuhatus .....	4
1. Tagasiheide: mõiste, põhjused, uurimise olulisus.....	6
2. Tagasiheite suremus ja uurimise meetodid .....	8
2.1. Hüpoksia .....	9
2.2. Barotrauma .....	10
2.3. Kurnatus.....	10
2.4. Vigastused .....	11
2.5. Kisklus .....	12
3. Eesti kutselise kalapüügi tagasiheide ja selle suremus püünisetüüpide kaupa .....	14
3.1. Traalpüünised .....	15
3.2. Nakkepüünised .....	16
3.3. Lõkspüünised.....	18
4. Võimalikud lahendused tagasiheite suremuse vähendamiseks.....	22
4.1. Nakkepüünised .....	23
4.2. Lõkspüünised.....	24
Kokkuvõte .....	27
Summary .....	29
Tänuavaldus .....	31
Kasutatud kirjandus.....	32

## Sissejuhatus

Inimkonna kasvav arvukus ja suurenev toiduvajadus avaldab aina suuremat survet ka kalapopulatsioonidele. FAO (ÜRO toidu- ja põllumajandusorganisatsioon) andmetel oli 1975. aastal maailmamere kalapopulatsioonidest 10% ülepuütud, 2015. aastal aga juba 33 % (Barange *et al.*, 2018). Maailma kalatoodang on pidevalt kasvanud, moodustades 2016. aastal kokku 171 miljonit tonni (Barange *et al.*, 2018). Samas alates 1980-ndate lõpust on igal aastal püütud keskmiselt umbes 90 miljonit tonni kala, ülejäänud kalatoodang pärineb kalakasvandustest. Seega tuleneb kalatoodangu pidev kasv peamiselt kasvanduste arvelt. Ühtlasi viitab see sellele, et looduslike kalavarude ekspluateerimine on jõudnud nende jätkusuutlikkuse piirimaile. Samas ei kajastu nendes püüginumbrites kogu kalastussuremus, sest näiteks osa kalu hukkub kaotatud, ent endiselt püügil olevates püünistes ja osa püünisest põgenenud kaladest hukkub saadud vigastustesse. Lisaks hukkub püügist tingituna ka palju kalu, kelle kalurid on erinevatel põhjustel vette tagasi heitnud.

Üle parda heidetud kalade osakaal kogu saagist oli FAO viimases sellekohases aruandes (aastatel 2010 - 2014) keskmiselt 10,8% (Pérez Roda *et al.*, 2019). Põhjuseid, miks osa saagist veekogusse tagasi heidetakse, on palju, kuid need võib jagada kolme põhikategooriasse: seaduslikud piirangud; majanduslikud põhjused; kaluri isiklikud eelistused (Bell & Lyle, 2016). Kui paljud tagasiheidetud kalad hukkuvad, sõltub erinevatest teguritest, näiteks: bioloogilised tegurid (näiteks kalaliik, suurus, vanus, füüsiline seisund, vigastuste esinemine), keskkonnatingimused (näiteks temperatuuri, hapnikutaseme, sügavuse ja valgustingimuste muutused) ja tehnilised tegurid (näiteks püügimeetod, saagi kogus ja koosseis, saagi käitlemine pardal ning kokkupuude õhuga) (Davis, 2002). Tagasiheidetud kalade suremust on küll uuritud, ent selle hindamine on osutunud keeruliseks ja kulukaks (Broadhurst, Suuronen & Hulme, 2006; Neilson *et al.*, 2012).

Vähendamaks tagasiheidet ja selle kaudu tagasiheite suremust ning selleks et suunata kalureid välja töötama selektiivsemaid püüniseid kaaspüügi vähendamiseks, kehtestati EL-is kvoteeritud liikidele lossimiskohustus (tagasiheite keeld), mis jõustus astmeliselt alates 2015. aastast kuni täieliku jõustumiseni 2019. aastal. Samas on ette nähtud erandid liikidele, mille kõrge ellujäämise määr on teaduslikult tõestatud, võttes arvesse püügivahendite, püügimeetodite ja ökosüsteemi omadusi. Erandina on lubatud merre tagasi heita ka kiskjate poolt kahjustatud kala

(European Commission i.a.). Eeldusel, et liigile pole kehtestatud erandit, pole ka alamõõdulisi isendeid lubatud vabastada, kuid neid pole lubatud ka inimtoiduks tarvitada. Seega on nende turuhind madalam ja kaluril peaks puuduma huvi nende püügile keskenduda (Regulation (EU) No 1380/2013, Artikkel 15). Millist mõju see regulatsioon kalastikule avaldab, on veel ebaselge (Veiga *et al.*, 2016), aga riikides, kus lossimiskohustust on kauem rakendatud (näiteks Island, Norra, Uus-Meremaa, osaliselt ka Kanada ja Ameerika Ühendriigid), on selle tulemusel tagasiheide vähenenud (European Parliament, 2015).

Käesoleva töö eesmärgiks on anda ülevaade kutselisel kalapüügil tagasiheidetavate kalade suremuse alastest töödest, analüüsida selleteemaliste uurimuste tulemusi Eesti oludest lähtuvalt ja pakkuda välja Eesti oludes rakendatavaid võimalikke lahendusi tagasiheite suremuse vähendamiseks.

## 1. Tagasiheide: mõiste, põhjused, uurimise olulisus

Tagasiheite (ingl k. *discard*) all peetakse kalapüügi kontekstis silmas seda osa saagist, mis püügijärgselt veekogusse tagasi heidetakse (Regulation (EU) No 1380/2013, Artikkel 15). Üldiselt peetakse seda kalavarusid raiskavaks ja vastutustundliku kalanduse juurde mittekuuluvaks praktikaks (Kelleher, 2005), sest osa tagasiheidetavaid kalu on juba surnud või eluvõimetud. Samas mõningatel juhtudel tehakse seda just kalavarude kaitse eesmärgil, näiteks alamõõduliste kalade, sugukalade või kaitsealuste liikide vabastamise puhul.

Üldjuhul ei ole kutselised kalurid huvitatud püütud saagi vette tagasi viskamisest, aga sellest hoolimata tekib peaaegu igasugusel kalapüügil kaaspüüki (ingl. k. *bycatch*), mis sageli siiski vette tagasi heidetakse. FAO järgi käivad kaaspüügi alla kõik organismid, kelle tabamine ei olnud püügi eesmärgiks (näiteks teised liigid, alamõõdulised kalad, kaitsealused liigid) ja lisaks mistahes muul põhjusel tagasiheidetud kalad. Kaaspüük võidakse, aga ei pruugita veekogusse tagasi heita (Pérez Roda *et al.*, 2019). Seega hõlmab FAO sõnastuses kaaspüük kogu tagasiheite, ent on sellest laiemat tähendusega. Tagasiheite otsused võivad tuleneda järgnevatest teguritest (Crean & Symes, 1994; Clucas, 1997; Ulleweit, Stransky & Panten, 2010; Putten *et al.*, 2019):

- seaduslikud piirangud
  - kvoteeritud liikide puhul limiidi täitumine
  - liigi püük on sel ajal, selle püügivahendiga või selles kohas keelatud
  - liik on kaitsealune ja tema püük aastaringselt keelatud
  - liigi teatud isendite püük on keelatud – alamõõdulised kalad, sugukalad
- majanduslikud kaalutlused
  - kala on soovimatust liigist või soovimatut mõõtu
  - kala on defektne – vigastatud, roiskunud
  - kala turuväärtus on liiga madal
  - püük on keskendunud kindlatele liikidele ja teistega ei tegeleta
- kaluri isiklikud eelistused ja arusaamad
  - madalast väärtusest hoolimata kala ei vabastata, kuna tegu on võõrliigiga või muidu soovimatu kalaliigiga

- kala vabastatakse loodushoiu kaalutlustel – sugukalad, väiksed kalad

Tagasiheite osakaal ja põhjused varieeruvad suuresti sõltuvalt püügiviisist, -ajast, -kohast ja -liigist (Murawski, 1996; Pérez Roda *et al.*, 2019). Kuigi FAO viimases tagasiheidet käsitlevas raportis on tagasiheidet käsitletud ka püügivahendite kaupa (Pérez Roda *et al.*, 2019), ei ole need Eesti oludes hästi rakendatavad, kuna enamike püügivahendite puhul, mida meie ranniku- ja sisevete püügil kasutatakse, on selles raportis valim väga väike ning tagasiheite osakaalu varieeruvus väga suur. Näiteks on lõkspüüniste kategoorias tagasiheite osakaal arvatud vaid kahe andmestiku põhjal ning see jääb vahemikku 0,2 - 56,8%.

Tagasiheite ning selle ellujäämise osakaalu on vaja teada selleks, et paremini kujundada kalavarude majandamist ja kaitset. Kui kalavarude seisundi hindamisel võetakse kalastussuremuse arvutamisel aluseks vaid väljapüügi kogused, siis eeldusel, et sellele lisandub ka vabastatud kalade suremus ning muudel põhjustel kalastustegevuse tõttu hukkunud kalade suremus, võidakse kalavarude seisundit valesti hinnata ja lubada liiga suurt kalastussurvet (Uhlmann & Broadhurst, 2015; Cook *et al.*, 2018; Pérez Roda *et al.*, 2019). Kalade vabastamine seadusest tulenevate piirangute tõttu on üks kalavarude kaitse põhilistest võtetest ning vaikumisi eeldatakse, et enamik vabastatavaid kalu jääb ellu. Kalavarude parema kaitse ja majandamise kujundamisel on oluline teada, kui suur osa neist tegelikult ellu jääb. Majanduslikult vähemolulised kalaliigid võivad samas olla veekogu ökosüsteemis ja toiduahelas väga oluliseks lülis ning seetõttu on oluline teada, mil määral tagasiheitmine nende populatsioonide seisundit mõjutab. Ökoloogiliste ja majanduslike kaalutluste kõrval on tagasiheide ja selle suremus oluline ka eetilise vaatepunktist (Bellido *et al.*, 2011; Cook *et al.*, 2019).

## 2. Tagasiheite suremus ja uurimise meetodid

Tagasiheite suremust uuritakse nii analüütiliste (Benoît *et al.*, 2013) kui ka eksperimentaalsete meetoditega. Viimased võib jagada isoleerimiseks (ingl. k. *containment*) ja märgistamiseks (ingl. k. *tagging*) (Benoît, Morfin & Capizzano, 2020). Esimesel juhul jälgitakse kalade seisundit laeva pardal või maismaal asuvates mahutites (Benoît *et al.*, 2012) või veekogus olevas sumbas (Sulikowski *et al.*, 2018), teisel juhul märgistatakse kala kas elektroonilise või lihtmärgisega (Nyberg, Degerman & Sers, 1996). Isoleerimise korral eemaldatakse kala tema loomulikust keskkonnast ja looduslikest vaenlastest, mis võib saadud andmete täpsust mõjutada (Benoît, Morfin & Capizzano, 2020). Isoleerimine ise võib põhjustada lisastressi ning suremust (Pollock & Pine, 2007; ICES, 2014; Benoît *et al.*, 2020), samas kiskjate puudumine tähendab, et suurenenud kiskluse rolli tagasiheidetud kaladele ei saa arvesse võtta (Raby *et al.*, 2014). Ka märgistamine on lisastress, mis võib põhjustada kalade hukkumist (Pollock & Pine, 2007; Vollset *et al.*, 2020). Elektroonilised märgised võimaldavad saada rohkem infot (näiteks kala asukohta, liikumise, füsioloogiliste ja keskkonna parameetrite kohta) ning ei nõua kala taaspüüki, ent on kallid ja sellest tuleneb ka nende peamine puudus – andmete suur varieeruvus väikese valimi tõttu (Benoît, Morfin & Capizzano, 2020; Thorstad *et al.*, 2013). Lihtmärgised on küll palju odavamad, ent nende puudusteks on vähene märgistatud kalade taaspüük ning vähempetsiifilised andmed (Pollock & Pine, 2007). Seetõttu kasutatakse kaht tüüpi märgiseid sageli omavahel kombineerides (Pollock, Jiang & Hightower, 2004). Tagasiheidetud kalade suremuse teemalistes eksperimentaalsetes uuringutes on ühiseks probleemiks kontrollgrupi leidmine, selleks tuleb kuidagi püüda kalu nii, et see püük neid ei mõjutaks (Pollock & Pine, 2007). Uuringutes, kus kontrollgrupp puudub, saab siiski võrrelda erinevate tegurite suhtelist mõju suremusele (Pollock & Pine, 2007).

Tagasiheite suremuse all peetakse silmas seda osa püünistesse sattunud ja üle parda heidetud saagist, mis on juba hukkunud või hukkub hiljem püügiprotsessi käigus saadud vigastuste ja/või stressi tõttu. Kuigi kaaspüügi ja seeläbi tagasiheite vähendamist püüniste selektiivsuse suurendamise kaudu on peetud parimaks viisiks täiendava kalastussuremuse vähendamiseks (Broadhurst, Uhlmann, & Millar, 2008), ei ole see enamasti 100 % efektiivne ning kaaspüük jääb mitmete kalanduste osaks. Üheks kaaspüügi vähendamise võimaluseks on leida sellele

kasutust ja seda ongi tehtud – tagasiheite osakaal on viimastel kümnenditel vähenenud, langedes 18,8 miljonilt tonnilt 1989. aastal 9,1 miljoni tonnini aastas ajavahemikus 2010-2014. (Zeller *et al.*, 2018; Pérez Roda *et al.*, 2019). Kuna saagid on püsinud samal tasemel, siis tähendab see tagasiheite osakaalu ligi kahekordset vähenemist. Samas on kalade vabastamine oluline kalastiku (ennekõike ohustatud liikide) kaitsel, kui suudetakse tagada vabastatud kalade ellujäämine. Teine võimalus seda täiendavat suremust vähendada on suurendada vabastatud kalade ellujäämist. Selleks on aga vaja teada, mis põhjustel kalad püügil ja vabastamisjärgselt hukuvad. Cook *et al.* (2019) on töönduspüügi tagasiheite suremust käsitlevas ülevaateartiklis välja toonud järgnevad kalapüügiiga seotud stressorid: hüpoksia, barotrauma, kurnatus, vigastused, kisklus. Järgnevalt on lähtunud nendest teguritest, ent on selge, et need on omavahel tihedalt seotud ja harva mõjutab vabastamisjärgset suremust vaid üks tegur ning neil on sageli kumulatiivne mõju (Suuronen & Erickson, 2010).

## 2.1. Hüpoksia

Kala kokkupuude õhuga on üks põhilisi vabastamisjärgse suremuse põhjuseid (Benoît *et al.*, 2010). Samas on see töönduspüügil sageli vältimatu ning põhjustab kaladel kudede suurt hapnikuvaegust – akuutset hüpoksiat. Kuid hüpoksia võib tekkida ka juba püünises hapnikuvaeguse tõttu, kui kalu on püünises palju (Raby *et al.*, 2014) – seda eriti juhul, kui vees on niigi vähe hapnikku näiteks kõrge veetemperatuuri (Gingerich *et al.*, 2007), eutrofeerumise või talvise jääkatte tõttu (Nilsson & Renshaw, 2004), või kui kala hingamine on takistatud, kuna lõpusekaared ei saa liikuda (näiteks võrkpüünistes) (Cook *et al.*, 2019). Mida kauem kala õhuga kokkupuutes on, seda aeglasemalt ta hüpoksiast taastub ning seda suurem on tõenäosus, et kala hukub (Arends *et al.*, 1999).

Kalade vastupidavus hapnikuvaegusele varieerub tugevasti, sõltudes näiteks kala liigist, arengufaasist, mõõtmetest, keskkonnatingimustest ja lisastressoritest. Suuremad kalad on enamasti hüpoksiale vastupidavamad, kuna nende glükogeenivarud on suuremad (energiaallikas anaeroobse ATP sünteesi korral) ja toksilised ainevahetusproduktid kogunevad neis aeglasema ainevahetuse tõttu pikema aja jooksul (Peters, 1983; Mauricio & Chris, 2013; Almeida-Val *et al.*, 2000; Nilsson & Ostlund-Nilsson, 2008). On siiski uurimusi, mis on näidanud just vastupidist seost kala suuruse ja hapnikuvaeguse taluvuse vahel, põhjendades seda näiteks väiksemate kalade suurema lõpuse pindalaga kehasuuruse suhtes ning nende kiirema hingamissagedusega hüpoksia korral (Cerezo & Garcia, 2004). Üldjuhul on kalad varastes elujärgkudes hapnikuvaegusele tundlikumad (Elshout *et al.*, 2013). Kalade

hapnikuvaeguse taluvus on väga liigispetsiifiline, sõltudes näiteks kalade eluviisist (Broadhurst, Uhlmann & Millar, 2008).

## 2.2. Barotrauma

Kalade sügavalt pinnale toomine võib põhjustada neis erinevaid sisemisi vigastusi, kui nad ei ole võimelised siserõhku alandama samas tempos välisrõhu muutumisega. See rõhumuutus põhjustab organismis gaaside paisumist ning sellest tingitud vigastusi. Valdavalt täheldatakse barotraumat kaladel, kes on püütud sügavamalt kui 20 meetrit (Rudershausen, Buckel, & Williams, 2007). Barotrauma tunnusteks on näiteks ujupõie paisumise tõttu kurku tunginud siseorganid, tursunud kõhuõõne sein, eksoftalmia ehk punnsilmsus, lõhkenud ujupõis, trombid, sisemised verejooksud (Humborstad *et al.*, 2017).

Sulupõielised ehk suletud õhujuhaga kalad (näiteks tursalised (*Gadiformes*) ja ahvenalised (*Perciformes*)) on barotraumale tundlikumad kui avapõielised (näiteks heeringalised (*Clupeiformes*) ja lõhelised (*Salmoniformes*)), kelle ujupõis on sooltoruga ühenduses, sest viimased suudavad vajadusel kiirelt gaase väljutada. Kalad, kellel ujupõis puudub (näiteks lestalised (*Pleuronectiformes*)), on barotraumale veelgi vastupidavamad (Cook *et al.*, 2019).

Osa kalu hukkub barotraumast tingitud vigastuste tõttu kohe, kuid ka barotraumast taastumine võib võtta kaua aega ja põhjustada jäädavaid kahjustusi ning hilisemat hukkumist. Barotrauma ja vabastamisjärgse suremuse vahelist seost käsitlevates uuringutes jälgitakse kalu sageli lühiajaliselt (2-3 päeva) ja seetõttu ei tule barotrauma pikaajalised mõjud neis uurimustes välja (Jarvis & Lowe, 2008; Campbell, McLennan & Sumpton 2014). Saadud vigastuste tõttu ei pruugi kalad suuta kohe optimaalsesse sügavusse naasta (Nichon & Chilton, 2006) ja on kergeks saagiks kiskjatele. Näiteks meriahvenaga liigist *Sebastes ruberrimus* läbi viidud uuringus olid barotraumast tingitud kahjustused (sisemised verejooksud, ujupõievigastused, ujuvushäired) tuvastatavad veel 30 päeva pärast vabastamist (Rankin *et al.*, 2017).

## 2.3. Kurnatus

Kurnatus tekib põgenemiskäitumise tõttu, kui kala üritab püünisest või püünise eest põgeneda. Kalade käitumine kurnatuse seisundis ja kurnatuse taluvus erineb nii liikidevaheliselt kui ka liigisiselt (Kieffer, 2000). Osa kalu võivad kurnatusse kohe surra, teistel on selle mõjud lühiajalised ja kala taastub peale vabastamist ruttu, kuid sellel võivad olla ka pikaajalised

mõjud, mis võivad erinevatel põhjustel viia kala hukkumiseni. Kaladel eristatakse kahte ujumisviisi – aeroobset ja anaeroobset. Kui esimene on tavapärane ja seda suudavad kalad pikka aega hoida, siis teist kasutatakse ekstreemsetel juhtudel (röövlooma eest põgenemisel, kudemisrändel, aga ka püünisesse sattumise korral) ning seda suudavad nad taluda vaid lühikest aega (Beamish, 1978, viidatud Kieffer, 2000 kaudu). Anaeroobseks liikumiseks saadakse energiat valdavalt anaeroobsest glükolüüsist. Selle tulemusel põletatakse kiiresti ära keha glükogeenivarud ning lihastesse koguneb piimhape, mis põhjustab vere pH taseme langust (Milligan, 1996). Glükogeenivarude taastumine ja piimhapest vabanemine võib osal liikidel võtta kuni 12 tundi (Schwalme & Mackay, 1991). Lisaks kaasnevad kurnatusest tingitud stressiga ka suured kõikumisedioon-, osmootses ja vedeliku tasakaalus (Wang *et al.*, 1994).

## 2.4. Vigastused

Kalapüügil saavad kalad paratamatult vigastada. Vigastuste tõsidus ja iseloom sõltuvad näiteks püügiviisist, -vahendist, -ajast ja kala morfoloogiast (kala suurus ja kuju, soomuste tüüp) (Davis, 2002). Püügil saab kõige kergemini kannatada kala keha kattev limakiht (Cook *et al.*, 2019). Limakiht kaitseb kala vigastuste ja erinevate haigustekitajate eest, on oluline immuunsüsteemi osa, sisaldades näiteks antimikroobseid peptiide (AMP), lüsoosime, lektiine ja proteaase, on oluline ioonsel ja osmoregulatsioonil, parandab ujumisvõimekust hõõrdumise vähendamise kaudu, tagab osal liikidel vere hüübivuse (Lebedeva, 1999; Harnish, Colotelo & Brown, 2010; Dash *et al.*, 2018). Limakihi kahjustused suurendavad seega kalade nakatumisriski.

Püügiviiside puhul, kus kalad on tihedalt üksteise ja/või püünisega kontaktis (näiteks traali- või noodapüügil), võivad nad olulisel määral soomuseid kaotada. Eriti ohustab soomusekaotus õrnade, kergesti äralangevate soomustega (ingl. k. *deciduous scales*) kalu nagu paljud heeringlased (*Clupeidae*), aga ka lõhilasi (*Salmonidae*) (Zydlewski, Zydlewski & Danner, 2010; Cook *et al.*, 2018). Soomused kaitsevad kalu nii mehaaniliste vigastuste kui ka patogeenide eest, nii et soomusekaotus suurendab samuti kalade nakatumisohtu (Cook *et al.*, 2012). Soomused on olulised ka osmoregulatsiooni tagamisel. Olsen *et al.* (2012) näitavad oma Atlandi heeringaga (*Clupea harengus*) läbi viidud uuringus, et soomusekaotusest tulenev suremus ongi peamiselt tingitud osmoregulatsiooni häiretest ja keha vedelikukaost. Samast uuringust tuleb välja, et soomusekaotusega võivad kaasneda ka käitumuslikud muutused nagu parvlemiskäitumise ja kiskja vältimise kadumine.

Kalu tihedalt kokku koondavate aktiivsete püügivahenditega (traalid ja noodad) kaasnevad kaladel muljumis- ja lõmastamistüüpi vigastused. Nende hulk ja tõsidus suurenevad vastavalt vedamiskiiruse, -kestvuse ja -sügavuse suurenemisele (Suuronen, 2005). Seda tüüpi vigastused ei pruugi olla koheselt kergesti tuvastatavad ja võivad põhjustada hilisemat suremust (Cook *et al.*, 2019). Üks õrnemaid kohti kaladel on lõpused, mille vigastamisega võib sageli kaasneda suur verekaotus (Stålhammar *et al.*, 2014). Suurem risk lõpuste vigastamiseks kaasneb õng- ja nakkepüünistega (Cook *et al.*, 2019). Nakkevõrkudega on seotud veel erinevad välised vigastused (naha- ja uimede vigastused) (Veneranta *et al.*, 2018) ja võrkumässimisest tingitud vereringe peatumine (Kojima *et al.*, 2004).

See nimekiri ei ole lõplik ning iga püügiviisi juures on nende stressorite osakaal erinev. Lisaks on nende stressorite taluvus eri liikidel ja isenditel (sõltudes näiteks kala suurusest või elufaasist) erinev ning sõltub ka näiteks püügiaegsetest keskkonnatingimustest (näiteks veetemperatuur või pilvisus) (Davis, 2002). Kuna on keeruline kõike seda arvesse võtta, tuleks senisest parema kalavarude kaitse seisukohast leida peamised tagasiheite suremust mõjutavad tegurid ning oleks vaja lihtsaid mõõdikuid vabastatud kalade suremuse hindamiseks.

## **2.5. Kisklus**

Eeltoodud tegurite mõjul on vabastatud kalad, kes ei ole veel täielikult vigastustest ja stressist taastunud, kergeks saagiks kiskjatele (Brownscombe *et al.*, 2013; Cook *et al.*, 2019). Kiskjate koondumine kalalaevade ja püüniste lähedusse on ilmselgeks viiteks selle mõju ulatusest (Raby *et al.*, 2014). Kuna kiskjad on õppinud kalalaevu seostama lihtsasti kättesaadava toiduga, muudab see kalade vabastamise koheselt peale püünisest välja võtmist küsitavaks.

Kisklus mõjutab tagasiheidet ja selle suremust ka juba püügifaasis (Uhlmann & Broadhurst, 2015; Cook *et al.*, 2019), kus kiskjad kahjustavad kalasaaki, mis seetõttu veekogusse tagasi võidakse heita. Kiskluse mõju püügifaasis on suurem püünistes, kus kalad on pikemat aega kiskjatele kergesti ligipääsetavad, nagu nakkevõrkudes ja õngejadas (Cook *et al.*, 2019), kuid ka mõrdades (Uhlmann & Broadhurst, 2015). Näiteks Läänemeres on probleemiks hallhüljeste (*Halichoerus grypus*) tekitatud kahjud lõhe (*Salmo salar*) mõrrapüügil (Fjälling, 2005).

Kiskluse mõju vabastatud kalade suremusele on väga raske hinnata, kuna isoleerimiskatsetes on kalad kiskjate eest kaitstud ja märgistamiskatsetes on kalade hukkamise põhjust raske tuvastada, ning seetõttu on ka väga vähe uuringuid, mis sellega tegelevad (Davis, 2002;

Suuronen & Erickson 2010; Raby *et al.*, 2014). Sageli on tagasiheidetud kalad juba surnud või eluvõimetud ja sel puhul ei saa kisklust otseselt suremuse põhjuseks pidada. Samas ei pruugi kiskjad tagasiheidetud kala tappa, vaid põhjustavad talle lisavigastusi, mille tõttu võib kala hiljem hukkuda.

### 3. Eesti kutselise kalapüügi tagasiheide ja selle suremus püünisetüüpide kaupa

Eestis võib kalapüügi jagada kahte kategooriasse: kutseliseks ja harrastuspüügiks. Kutselise kalapüügi võib omakorda jagada kaheks: kalalaeva püügiloa alusel toimuvaks püügiks (traalpüük) ja kaluri püügiloa alusel toimuvaks püügiks (ranna- ja sisevete püük). Enamik Eesti kalasaagist püütakse traalpüünistega – näiteks 2020. aastal moodustas traalpüük Eesti Läänemere kutseliste kalurite poolt registreeritud kogusaagist (59382 tonni) 76,2 % (Põllumajandus- ja Toiduamet). Kuigi Eesti traallaevad püüavad ka Loode- ning Kirde-Atlandil, ei ole seda selles töös käsitletud. Rannapüügi saak moodustas 2020. aastal Eesti kutseliste kalurite kogusaagist (10496 tonni) 17,7 % ja sisevete saak (3615 tonni) 6,1 % (Põllumajandus- ja Toiduamet).

Kalapüünised jaotatakse passiivseteks ja aktiivseteks püünisteks. Passiivne püünis on veekogus statsionaarne ja kala ujub ise püünisesse, aktiivset püünist aga liigutatakse kalu taga ajades läbi veemassi. Lisaks võib püünised lähtuvalt püügipõhimõttest liigitada järgmiselt (sulgudes on toodud vastavasse kategooriasse kuuluvad Eestis kasutatavad kutselised püügivahendid):

- 1) õngpüünised (õngejadad);
- 2) nakkepüünised (nakkevõrk; raamvõrk);
- 3) lõkspüünised (kastmõrd, avaveemõrd, ääremõrd, rivimõrd, jõemõrd, silmutorbik, silmumõrd);
- 4) kurnpüünised (põhjanoot, veonoot, kaldanoot, traalnoot)

Eesti kalanduse tagasiheite ja selle suremuse kohta on vähe hinnanguid, ka põhjuseid, miks kalasid Eestis tagasi heidetakse ei ole uuritud. Võib küll oletada, et tagasiheite üks peamistest põhjustest on seadusest tulenevad piirangud ning eelkõige alamõõduliste kalade vabastamise kohustus. Eestis on tehtud ka uuringuid, mis keskenduvad püüniste selektiivsuse väljaselgitamisele ja paremate lahenduste väljatöötamisele (Saat, 2014; TÜ Eesti Mereinstituut, 2015). Et teada, kui palju alamõõdulisi kalu püütakse ja tagasi heidetakse, oleks aga vaja teada, millise silmasuurusega püüniseid eri piirkondades ja eri aegadel kasutatakse ning võrrelda neid andmeid püüniste selektiivsusuuringute tulemustega.

Kuna kalasid püügil mõjutavad stressorid ja nende mõju ulatus on püünise- ja püügiviisispetsiifilised (Chopin & Arimoto, 1995; Cook *et al.*, 2018) ning sageli on tagasiheite suremust teadustöodes käsitletud just püünisetüübi põhised, siis on ka selles töös sama jaotust järgitud.

### 3.1. Traalpüünised

Traalpüügi osakaal Eesti tönduslikust kalapüügist, kaugpüüki arvestamata, on viimasel kümnendil olnud keskmiselt 80 % (Põllumajandus- ja Toiduamet). Eesti Läänemere traalpüügi saakides domineerivad kilu (*Sprattus sprattus balticus*) ja räim (*Clupea harengus membras*) (üle 99% traalpüügi saakidest) (Põllumajandus- ja Toiduamet). Kilu ja räim on mõlemad kvoteeritud liikide nimekirjas ja neile rakendub eelpool kirjeldatud lossimiskohustus. 2004. aastani kehtis Eestis räimele ja kilule veel alammõõt ning traalpüügil oli lubatud alamõõduliste kalade osakaal arvuliselt 15% vastava liigi saagist (Kalapüügieeskiri, 2003). See osutab võimalusele, et esines ka tagasiheidet, aga praegu tagasiheidet selle töö tähenduses enam ei tohiks esineda. Ka Rahvusvahelise Mereuurimise Nõukogu (ICES) Läänemere kalanduse ülevaates on räime ja kilu tagasiheidet hinnatud väga madalaks (ICES, 2019). Samas näitavad Suuronen *et al.* (1996) oma uuringus, et räime traalnoodast põgenemisel võib eriti just väiksemate kalade suremus olla väga kõrge ning et see ei sõltu mitte traalipära silma suuruselt, vaid on pigem tingitud näiteks kurnatusest. Sellega seati kahtluse alla traalipära silmasuuruse piirangud selektiivsust suurendava meetmena. Rahikainen, Peltonen & Ponni (2004) tööst selgub, et Põhjalahe traalipüügil on alla kaheaastaste räimede tegelik kalastussuremus väljapüügist üle kahe korra suurem, kõikides siiski tugevalt sõltuvalt püügiajast, veetemperatuurist ja traalnooda vedamise kiirusest (Suuronen, 1995, viidatud Rahikainen, Peltonen & Ponni, 2004 kaudu). Ulatuslikus, kogu Läänemere kalastussuremust hindavas töös märgitakse kilu ja räime puhul traalpüügi tagasiheite suremuseks 9 % (selles töös on tagasiheite hulka arvatud ka püünisest põgenenud kalade suremus) (Veitch *et al.*, 2010).

Läänemere tursapopulatsioonid on kriitilises seisus (HELCOM, 2019) ja seetõttu on nende püügikvoote tugevalt vähendatud (European Council, 2020). Eesti traallaevad tursapüügiga ei tegele, kuid Eestile eraldatud tursakvoot vahetatakse teiste riikide räime- ja kilukvoodi vastu (Põllumajandus- ja Toiduamet) ning seetõttu puudutab tursapüügi võimaluste vähendamine ka Eesti kalureid. Kui kilu- ja räimepüügil tagasiheidet praktiliselt ei esine, siis tursapüügil on hoolimata lossimiskohustusest tagasiheide väga kõrge (Feekings, Lewy & Madsen 2013; Valentinsson *et al.*, 2019). Tursal (*Gadus morhua*) kehtib erinevalt kilust ja räimest ka alammõõt ning kui enne lossimiskohustuse kehtestamist tuli alamõõdulised kalad vabastada, siis nüüd on see keelatud, kuid samas ei tohi alamõõdulist kala müüa inimtoiduks. See on ka peamine põhjus, miks kalurid endiselt alamõõdulise tursa merre tagasi heidavad (Valentinsson *et al.*, 2019). Traalipärast põgenenud tursa ellujäämus on küllaltki kõrge (Suuronen, 2005), kuid tagasiheidetud tursa ellujäämus ilmselt barotraumast tingituna madal (Feekings, Lewy &

Madsen, 2013; Madsen, 2021). On ka leitud, et enamiku üle parda heidetud tursast söövad kajakad ära (Garthe & Scherp, 2003).

Euroopa Liidus on vähemalt 10 meetri pikkuse kalalaeva kaptenil kohustus esitada püügipäevikus kõikide püütud ja pardal hoitud kalade kogused liikide kaupa, kui need ületavad 50 kg (Nõukogu määrus (EÜ) nr 1224/2009, artikkel 14). Ka tagasiheidetud kalade kogus tuleb samamoodi registreerida (Nõukogu määrus (EÜ) nr 1224/2009, artikkel 14). Kuna püügipäeviku andmetele avalik ligipääs puudub, ei olnud antud töö raames võimalik kontrollida kas ja mil määral traalpüügil kaaspüügiliike tagasi heidetakse. 2020. registreerisid kalurid traalpüügil lisaks eelnimetatutele saagina meritinti (*Osmerus eperlanus*), emakala (*Zoarces viviparus*), tuulehaugi (*Belone belone*) ja lõhet (*Salmo salar*), varasematel aastatel ka näiteks merihärga (*Myoxocephalus quadricornis*), ümarmudilat (*Neogobius melanostomus*), ogalikku (*Gasterosteus aculeatus*) ning vähesel määral ka teisi liike (Põllumajandus- ja Toiduamet). Kalapüügieeskirjas on sätestatud vaid kilu, räime ja meritindi osakaalu määramise nõuded (Kalapüügieeskiri, 2016, § 15) ja enamik traalpüügifirmadest pole muude liikide püüki ka registreerinud (näiteks emakala püüki registreerisid 2020. aastal vaid 2 firmat, üks 53 kg ja teine 34,6 tonni). On väheusutav, et enamikul firmadel kaaspüük täielikult puudus ja seega jääb kaks loogilist järeldust – kas kaaspüük heideti üle parda või seda ei registreeritud.

Traalpüük on üks kõige enam tagasiheidet põhjustav püügiviis ja ühtlasi üks destruktiivsemaid (Kelleher, 2005; Cook *et al.*, 2019). Kuna traalpüük toimub sageli küllaltki sügaval, on tabatud kaladel sagedased barotraumast tingitud vigastused ning suurte saakide tõttu erinevad välised ja sisemised vigastused, ka saagi sorteerimine võtab seetõttu kauem aega, mis suurendab kaladel hüpoksiariski (Davis, 2002; Suuronen, 2005; Cook *et al.*, 2019). Traalpüügi tagasiheite ellujäämus on üldiselt väga madal (Suuronen, 2005) ja seetõttu on traalpüüniste selektiivsuse tõstmisele küllaltki palju tähelepanu pööratud (Suuronen & Erickson, 2010). On töötatud välja ka erinevaid tehnilisi lahendusi, vähendamaks kalade kokkupuudet õhuga saagi sorteerimise käigus (Farrell *et al.* 2001; Broadhurst, Uhlmann & Millar 2008; Suuronen & Erickson, 2010; Donaldson *et al.* 2013).

### 3.2. Nakkepüünised

Kalapüügieeskirja järgi on nakkepüünis „püügivahend, mille kasutamise põhimõte seisneb kala takerdumises võrgulinasse või kiilumises selle silma” (Kalapüügieeskiri, 2016, § 6.1). Eestis lubatud nakkepüünised on nakkevõrk ja raamvõrk (Kalapüügieeskiri, 2016, § 6.2).

Nakkepüünised on kasutusel väga laialdaselt kogu rannikumeres ja paljudes siseveekogudes ning kutseliste kalurite kõrval kasutavad neid kalastuskaardi alusel ka harrastuspüüdjad. Enamik Eesti sisevetes ja rannikumeres toimuvast võrgupüügist on tüüpiline segapüük (ingl. k. *mixed fishery*), kus lisaks mitmetele sihtliikidele saadakse kaaspüügina sageli ka teisi vähem- ja rohkemhinnatud kalaliike.

Kalapüügieeskirjas on sätestatud lubatud võrgusilma suurus eri aegadel ja kohtades eesmärgiga vähendada alamõduliste, kudevate või ohustatud kalade tabamist. Samas ei ole eriti segapüügi puhul enamasti võimalik vältida kõikide liikide alamõduliste isendite sattumist püünisesse ja kuna seadus keelab eluvõime kaotanud kala vette tagasi heitmise (Kalapüügiseadus, 2015, §10.4.2), siis on kalapüügieeskirjas sätestatud alamõduliste kalade lubatud kaaspüügi normid. Nakkepüünistega püügil on need suuremad kui kurn- ja lõkspüüniste puhul. Samas on jäetud kaluri otsustada milline kala on elujõuline ning juhiseid selle hindamiseks Eestis pole. On välja töötatud vabastatava kala elujõulisuse mõõdikuid (Benoît *et al.*, 2010; Morfin *et al.*, 2019), kuid need on püügiviisiti ja liigiti küllaltki erinevad, vajades Eesti oludele kohandamist.

Võrgupüügil saavad kalad tüüpiliselt kahjustada nii püünisesse takerdumisel kui ka võrgu nõudmisel ja kala välja harutamisel. Võrku takerdumisel saadud vigastuste iseloom ja letaalsus sõltuvad mitmetest teguritest, nt: 1) võrgusilma mõõdu ja kala suuruse seosest – kui kala mõõt ja kehakuju ühtib võrgusilma suurusega selliselt, et kala takerdub võrku peadpidi, võib ta kergelt lämbuda (Veneranta *et al.*, 2018; Vetemaa, 2020); 2) veetemperatuurist – sooja veega hukuvad kalad reeglina kiiremini (Bettoli & Scholten, 2006; Bell & Lyle, 2016); 3) võrkude püügil oleku kestusest (Buchanan & Farrell, 2002; Bettoli & Scholten, 2006; He & Pol, 2010; Bell & Lyle 2016); 4) võrgulina materjalist – seda teemat on küll väga vähe uuritud, ent näiteks Ameerika Ühendriikides luitstuuraga (*Polyodon spathula*) tehtud uuringus selgus, et tänapäeval rohkem levinud monokiudmaterjalidest võrgud on destruktiivsemad varasemalt levinud multikiudmaterjalidest (Bettoli & Scholten, 2006). Võrgu nõudmisel võib kala saada vigastada, puutudes vastu paadi parrast ja muid esemeid (Veneranta *et al.*, 2018) ning kokkupuude õhuga suurendab hüpoksia riski. Autori isiklikel tähelepanekutel nõuavad kalurid võrke erinevalt – mõned kalurid tarivad võrgu selist pidi kätte, teised jällegi otse paadis olevasse anumasse. Esimesel juhul on enamik kalu nõudmise ajal vees, teisel juhul mitte, ja seega viibivad kalad pikemalt õhu käes. Mõnikord aga harutatakse kalu võrgust välja ilma võrke kokku tarimata ja kuna on näidatud, et mida lühem on kalade kokkupuude välisõhuga, seda kõrgem on nende vabastamisjärgne ellujäämus (Uhlmann & Broadhurst, 2015), siis võib järeldada, et selline lähenemine kahjustab kalu kõige vähem. Kala võrgust harutamisel saavad kalad paratamatult

lisavigastusi, seega mida ettevaatlikumalt kalu võrgust harutatakse, seda suurem on nende ellujäämistõenäosus. Samas esineb omamoodi lõivsuhe kala – mida kiiremini kala võrgust välja harutada, seda vähem puutub ta kokku õhuga ja seda väiksem on hüpoksiaarisk. Samas mõjutab hüpoksiaariski ka õhutemperatuur ja pilvisus (sooja päikesepaistelise ilmaga hukuvad kalad õhu käes palju kiiremini kui jaheda ja pilvise ilmaga). Mitmetes töödes on välja toodud, et kalurite käitumine kala võrgust välja harutamisel mõjutab tugevalt vabastatavate kalade ellujäämist (He & Pol, 2010; Veneranta *et al.*, 2018; Vetemaa, 2020).

### 3.3. Lõkspüünised

Lõkspüüniste põhimõte seisneb kala suunamises ja eksitamisega püünisesse või selle osasse, millest väljumine on raskendatud (Kalapüügieeskiri, 2016, § 7.1). Kuigi Eestis kasutusel olevaid lõkspüüniseid on rohkem, kasutavad kutselised kalurid peamiselt seisevnotasid ehk kastmõrdu ja erinevaid kinnise kerega mõrdu. Lisaks kasutatakse vooluveekogudes jõesilmu püügil silmutorbikuid ja -mõrdu, ent neid ei ole vähese uurituse tõttu sellesse töösse kaasatud.

#### *Kastmõrd*

Suurim osa Eesti rannapüügi saakidest saadakse kastmõrdadega ning valdava osa kastmõrdade saagist moodustab räim (Põllumajandus- ja Toiduamet). Lisaks räimele püütakse ka tuulehaugi peamiselt kastmõrraga. Kaaspüügina saadakse ka mitmeid teisi liike (näiteks lesta (*Platichthys flesus*), ahvenat (*Perca fluviatilis*), tinti, ümarmudilat, emakala), ent kõrvutades ametlikku statistikat (Põllumajandus- ja Toiduamet) Liivi lahes läbi viidud kastmõrra selektiivsusalase uuringuga (TÜ Eesti Mereinstituut, 2015), võib järeldada, et ametlik püügistatistika alahindab teiste liikide saake kastmõrdades. Sellel on mitmeid põhjuseid, kuid ilmselt on peamiseks põhjusteks kastmõrra suur räimesaak ning kohustus teavitada saagi kogus enne sadamasse jõudmist. Väga keeruline on hinnata mõnekümne kilo suurust kaaspüüki mitme tonni räime hulga. Seaduse järgi on kastmõrraga püügil lubatud alamõõdulise ahvena ja koha (*Sander lucioperca*) kaaspüüki kaaluliselt kuni 1 % kogusaagist (Kalapüügieeskiri 2016, § 23.3). Kaluritelt pärineva info põhjal ja autori isiklikel tähelepanekutel vabastatakse tõesti võimalikult palju alamõõdulisi kalu, eelkõige ahvenat, lesta ning lõhilasi. Lisaks neile vabastatakse ka vähemlevinud kalu, kelle püük pole seadusega reguleeritud, kuid keda ei peeta väärtuslikuks (näiteks merivarblane (*Cyclopterus lumpus*), merihärg). Lisaks heidetakse sageli üle parda riknenud (näiteks hüljeste poolt rikutud ja püünises surnud) saak. Kui palju kastmõrda

kaaspüügina teistest liikidest kalu satub, sõltub eelkõige mõrra asukohast (TÜ Eesti Mereinstituut, 2015) ja püügiajast (Põllumajandus- ja Toiduamet).

Vabastatavad kalad kogutakse sageli saagi sorteerimise käigus värske veega anumasse, kus nad saavad toibuda, ja nad vabastatakse püünisest kaugemal, et merelinnud neid kohe ära ei sööks (kaluritel pärinev suuline info ja autori isiklikud tähelepanekud). Kastmõrrad asuvad enamasti lahesoppidest väljas, sügavamas vees ja põhiliselt püütakse nendega kevadisel perioodil, mil veetemperatuurid on veel madalad. Kuna kõrgeid veetemperatuure on mitmetes uuringutes seostatud kalade suurema suremusega (Colotelo & Cooke *et al.*, 2013; Colotelo & Raby *et al.*, 2013; Gale, Hinch & Donaldson, 2013), võib järeldada, et kastmõrdadest vabastatud kalade ellujäämus on kõrgem kui rannikulähedastest mõrdadest vabastatud kalade puhul. Samas suuremate saagi koguste korral on esiteks sorteerimisele kuluv aeg pikem, mistõttu viibivad kalad kauem õhu käes ja hüpoksiarisk on seega suurem (Cook *et al.*, 2019), ja teiseks, kui kalu on püünisest palju, on kerge tekkima hapnikuvaegus (He & Inoue, 2010; Raby *et al.*, 2014; Cook *et al.*, 2018), seega on vabastatavate kalade suremus seda suurem, mida suuremad on saagid. Samuti võivad nad saada vigastusi kastmõrra nõudmisel ja saagi sorteerimisel. Lisaks rannikumerele on kastmõrrad kasutusel ka Peipsi järves. Seal kasutatakse neid rääbise (*Coregonus albula*) püügil, kuid neisse satub ka küllaltki palju ahvenat ning vähesel määral ka teisi liike (Põllumajandus- ja Toiduamet). Peipsis on lubatud vähesel määral alamõõduliste kalade kaaspüük, kuid ahvenal siseveekogudes alammõõtu kehtestatud pole ning ka keeluaega ei eksisteeri, seega on ahvena kaaspüük lubatud piiramatult. Samas vabastatakse siiski väiksemaid kalu valdavalt turu nõudluse puudumise tõttu (Vetemaa, 2020). Rääbise püük on Peipsi järves lubatud 20. juunist 21. augustini, mil veetemperatuurid on kõrged. Kuigi Peipsis läbi viidud vabastatud kalade suremust puudutavasse uuringusse kastmõrdu ei kaasatud (Vetemaa, 2020), kehtib ilmselt seal välja toodud suur veetemperatuuri mõju ahvena ja koha suremusele ka kastmõrrapüügil. Kastmõrra ja teiste lõkspüünistega on lubatud alamõõdulise rääbise osakaal kogu rääbisesaagist 1 %. (Kalapüügieeskiri 2016, § 34.1.4). Uuringus, mille eesmärgiks oli välja selgitada selektiivsuskende kasutamise mõju kastmõrdadel, vältimaks alamõõduliste rääbiste sattumist püünisesse, oli keskmine alamõõduliste rääbiste osakaal 20 % (TÜ Eesti Mereinstituut, 2015). Seega tuleb kaluritel enamik alamõõdulisest rääbisest vabastada. Vabastatud rääbiste suremust pole Peipsis küll uuritud, ent Soomes läbi viidud uuringus, kus analüüsiti traalipärast põgenenud alamõõduliste rääbiste suremust, kasutati kontrollgrupina seinnoodaga püütud kalu (Suuronen, 1995). Kontrollgrupi ellujäämus oli selles uuringus keskmiselt 91 % ja arvestades stressorite sarnasust, võib järeldada, et kastmõrrapüügil

on see ligilähedane. Samas arvestades, et kastmõrrapüügil puutuvad kalad sorteerimise käigus kokku õhuhapnikuga ning on vabastamisjärgselt kergeks saagiks merelindudele ja röövkaladele, võib vabastatud rääbiste suurem kastmõrrapüügil olla ka tunduvalt kõrgem. Samast uuringust tuleb lisaks välja, et vabastatud rääbiste suurem mõjutab ka veetemperatuur ning kalade suurus – suurem suureneb veetemperatuuri kasvades ja kala mõõtmete vähenedes.

### *Mõrrad*

Eesti rannikumeres ja sisevetes on kasutusel erineva suuruse ja ehitusega mõrdasid, kuid püügipõhimõtte on neil kõigil sama – kala juhitakse juhtaia ja/või tiibade abil mõrrasuust pujus(t)ega varustatud kinnisesse mõrrakeresse, kust ta enam välja ei pääse. Mõrrapüük on nagu võrgupüükki tüüpiline segapüügi näide, kus mitmete sihtliikide kõrval tabatakse ka erinevaid kaaspüügiliike.

Kalapüügieeskirjas on sätestatud mõrdade minimaalsed lubatud silmasuurused mõrra eri osades vähendamaks alamõõduliste kalade sattumist püünisesse. Nagu ka kõigi teiste püüniselike puhul on mõrdadele kehtestatud püügikeelajad ja -kohad kaitsmaks kalasid kudemisajal. Mõrdadesse satub sõltuvalt püügiajast ja -kohast siiski palju alamõõdulisi kalu (Lundin, 2014; TÜ Eesti Mereinstituut, 2015; Vetemaa, 2020), kellest enamus tuleb vabastada (Kalapüügieeskiri, 2016, §23; §34; §48; §54). Lisaks vabastatakse ka kalu, kelle püüki seadus küll ei keela, ent kelle vastu puudub kaluril huvi nõudluse puudumise või madala hinna tõttu (Vetemaa, 2020). Samuti heidetakse vette tagasi tugevalt kahjustatud (püünise või kiskjate poolt) või püünises hukkunud kalu.

Kuigi tagasiheite suuremuse hinnangud erinevates seda teemat puudutavates uuringutes kõiguvad nii nakke- kui ka lõkspüüniste puhul väga suurtes piirides, tuleb 2015. aasta ülevaateartiklist välja, et lõkspüünistel on see näitaja keskmiselt siiski pisut madalam (vastavalt 48% ja 60 % tagasiheitest) (Uhlmann & Broadhurst, 2015). Peipsi järve tagasiheite suuremuse puudutavas töös on küll mõrrapüügi suuremuse võrgupüügi omast kõrgem, ent see tuleneb ilmselt asjaolust, et selles töös uuriti vaid talvise võrgupüügi tagasiheite suuremuse ja samas on välja toodud ühe põhilise suuremuse mõjutava tegurina veetemperatuur (Vetemaa, 2020). Seda on täheldatud ka teistes uuringutes – näiteks Kanadas läbi viidud uuringus suurenes haugi (*Esox lucius*) suuremuse üle nelja korra, kui veetemperatuur tõusis 14 C°-lt 17 C°-ni (vastavalt 14% ja 58%) (Colotelo & Raby *et al.*, 2013). Peale temperatuuri on olulise suuremuse mõjutava tegurina välja toodud mõrdade kontrollimissagedus (Colotelo & Cooke *et al.*, 2013). Kalapüügieeskirja järgi peab püüniste kontrollimissagedus vältima saagi hukkumist püünises (õngejada ja

nakkepüüniste puhul peab kontrollimissagedus vältima saagi rikkumist) (Kalapüügieeskiri 2016, § 19.1), mitte tagama kalade elujõulisust. Kalade vigastused on mõrrapüügil väiksemad kui võrgupüügil ja ka püünise nõudmisel saavad kalad vähem kahjustada kui võrkude puhul (Uhlmann & Broadhurst, 2015). Mõned kalad takerduvad siiski ka mõrralinasse ja hukuvad nagu võrkudeski (Cook *et al.*, 2019). Lisaks on kalad mõrrakeres välise kiskjate (näiteks kajakad, hülged) eest paremini kaitstud kui võrgus (Suuronen & Ericson, 2010). Mingil määral eksisteerib kisklust püünises olevate röövkalade poolt (Breen & Ruetz III, 2006). Vabastatavate kalade suremust mõjutab ka saagi sorteerimise kiirus (hüpoksiaarisk) ja vabastamise viis (kas stressis kalal lastakse enne taastuda või visatakse ta lihtsalt üle parda, kus ta on kiskjatele kergeks saagiks). Kuigi Eesti oludes toimub mõrrapüük küllaltki madalas vees, võib oletada, et osa liikide puhul esineb ka barotrauma riski (Vetemaa, 2020). Seda on täheldatud, kui püügisügavus on enam kui 10 meetrit ning eelkõige suletud ujupõiega liikide puhul (Uhlmann & Broadhurst, 2015). Eesti kaladest on suletud ujupõis näiteks ahvenal ja kohal. Üldiselt on mõrdadest vabastatud kalade suremust peetud madalaks, eeldusel et püügijärgselt ja vabastamisel pole tehtud vigu (He & Inoue, 2010; Uhlmann & Broadhurst, 2015).

#### 4. Võimalikud lahendused tagasiheite suremuse vähendamiseks

Leidmaks parimaid lahendusi tagasiheite suremuse vähendamiseks, on vaja esmalt kindlaks teha kui palju, mis liigist, millistest püünistest, mis ajal ja mis põhjustel kalu tagasi heidetakse. Seejärel tuleks tuvastada nende liikide ning püügiviiside põhilised suremust mõjutavad tegurid ning alles seejärel saab leida vajalikud meetmed tagasiheite suremuse vähendamiseks. Tagasiheite suremuse vähendamiseks on kaks võimalikku lähenemist – vähendada tagasiheidet või parandada tagasiheidetud kalade ellujäämist (Uhlmann & Broadhurst, 2015). Tagasiheidet on võimalik vähendada kas kaaspüüki vähendades või sellele kasutust leides. Tagasiheidetava kala ellujäämist saab suurendada aga valides kalasid vähemkahjustava püügiviisi ja vähendades püügijärgseid stressoreid.

Uuringutes, kus antakse soovitusi tagasiheite suremuse vähendamiseks, keskendutakse ennekõike püügivahendite selektiivsuse suurendamisele ja ka EL-i lossimiskohustuse eesmärk on suunata kalureid kasutusele võtma selektiivsemaid püügivahendeid ja meetodeid (European Commission, i.a.). Kuigi on välja toodud ka selektiivse püügiga seotud ohtusid (Zhou *et al.*, 2010; Garcia *et al.*, 2012; Svedäng & Hornborg, 2014; Sigurðardóttir *et al.*, 2015), peetakse enamasti kaaspüügi ja seeläbi tagasiheite vähendamist püüniste selektiivsuse suurendamise kaudu siiski parimaks viisiks üleliigse kalastussuremuse vähendamiseks (Broadhurst, Uhlmann, & Millar, 2008). Samas ei ole kaaspüügi täielik kaotamine enamasti saavutatav ning selektiivsemate püüniste kasutuselevõttuga kaasnevad kulutused ja sageli vähenevad ka saagid (Hall & Mainprize, 2005; Coggins *et al.*, 2007). Samuti peab arvestama, et selektiivsem püünis ei pruugi kalastussuremust vähendada, kui see suurendab püünisest põgenenud kalade suremust (Broadhurst, Suuronen & Hulme, 2006; Suuronen & Erickson, 2010; Lundin, Calaminus & Lunneryd, 2012; Sigurðardóttir *et al.*, 2015). Kaaspüügi laialdasem kasutuselevõtt on võimaldanud tunduvalt vähendada tagasiheidet (Kelleher, 2005) ning mõnedes Aasia riikides nagu Vietnam, Birma ja Tai kasutatakse kogu kaaspüük ära ja tagasiheidet peaaegu ei esine (Sultana *et al.*, 2014). Samas on sellega seotud suurem ülepüügi ning ohustatud liikide püügi risk (Sigurðardóttir *et al.*, 2015).

Et parandada vabastatavate kalade ellujäämist, tuleb vähendada stressoreid, mis kaladele püügil ja püügi järgselt mõjuvad. Püügi- ja käitlemisaja vähendamine ning hoolikam käitlemispraktika vähendab sõltumata kasutatavast püünisetüübist ja sellega kaasnevatest stressoritest vabastatavate kalade suremust (Cook *et al.*, 2019). See, kuidas kalurid kalu püünistest vabastavad, mõjutab tugevalt kalade hilisemat ellujäämist (Donaldson *et al.*, 2010;

Vetemaa, 2020; Östergren *et al.*, 2020) ja vajaks kindlasti rohkem tähelepanu ning selgitustööd. Benoît *et al.* (2010) toovad välja kolm kõige olulisemat tegurit, mille kaudu saaks suurendada vabastatavate kalade ellujäämist:

- 1) vähendada vabastatavate kalade pardaloleku aega – vähendada saake püünise mõõtmete või püügi kestvuse vähendamise kaudu ja sorteerida saak võimalikult kiiresti;
- 2) püüda eelistatavalt ajal, mil õhu- ja veetemperatuurid on madalamad;
- 3) valida vähemdestruktiivseid püüniseid.

Allpool on toodud mõningad soovitusel, kuidas vähendada kaaspüügi suremust Eesti kalanduses nakke- ja lõkspüüniste näitel. Kuigi traalpüügil vabastatud kalade suremust on palju rohkem uuritud ning on välja töötatud ja kasutusele võetud ka rohkem lahendusi selle vähendamiseks, ei ole siin töös neid soovitusel ossa kaasatud, kuna Eesti traalpüügil tagasiheidet peaaegu ei esine. Küll aga on kaaspüügi suremuse vähendamine väga oluline näiteks Läänemere tursa ja lesta traalpüügil.

#### **4.1. Nakkepüünised**

Nakkepüüniste puhul on mitmetes töödes välja pakutud püügiloleku kestuse vähendamist kui üht parimat vabastatud kalade ellujäämise suurendamise viisi (Buchanan & Farrell, 2002; Uhlmann & Broadhurst, 2015; Bell & Lyle, 2016; Savina *et al.*, 2016; Cook *et al.*, 2019). Hetkel peab Kalapüügieeskirja järgi nakkepüüniste kontrollimise sagedus vältima saagi riknemist, kusjuures merel peab nakkepüüniseid kontrollima vähemalt 48 h möödudes (Kalapüügieeskiri, 2016, § 19). See ei ole kindlasti piisav, tagamaks vabastatud kalade head seisundit ja ellujäämist. Vabastatud kalade suremuse kasvu seoses veetemperatuuri tõusuga on samuti paljudes töödes käsitletud (Bettoli & Scholten 2006; Broadhurst, Millar & Brand, 2009; Gale, Hinch & Donaldson, 2013; Bell & Lyle, 2016) ning on ka rakendatud nakkepüüniste kasutamise keelustamist kõrgete veetemperatuuride ajaks (Dempson, O'Connell & Cochrane, 2001; Broadhurst, Millar & Brand, 2009). Sellest tulenevalt võiks ka Eestis kõrgemate veetemperatuuride korral kaaluda nakkevõrkude kasutamise piiramist piirkondades, kus ei ole võimalik vältida alamõõduliste kalade (eelkõige just temperatuuritundlike liikide) tabamist. Kuna vabastatavate kalade vigastuste suurus sõltub suuresti ka kalurite käitumisest nakkevõrgupüügil, tuleks välja töötada soovitusel kaluritele vabastatavate kalade käitlemiseks, et maksimeerida tagasiheidetatavate kalade ellujäämist.

Nakkevõrkude suurusselektiivsus on võrreldes teiste püünisetüüpidega küllaltki hea, ent segapüügi puhul on võimatu leida sellist silmasuurust, mis väldiks kõikide liikide alamõõduliste

isendite tabamist, vähendamata seejuures kalasaake. Samas peab arvestama, et nakkepüünised mõjutavad negatiivselt ka neid kalu, kes võrku takerduvad, ent sinna pidama ei jää. Kalade nakkepüünistest põgenemist puudutavates uuringutes, mida on paraku küll väga vähe, on näidatud, et nakkepüünistest põgenenud kalade suremus võib olla väga kõrge ning nende kasv ja reproduktsioonivõime võib olla piiratud (Chopin & Arimoto, 1995; Baker & Schindler, 2009; Uhlmann & Broadhurst, 2015). Sellised püüniste selektiivsust suurendavad meetmed, mis suunavad ebasoovitavaid kalu püüniseid vältima, kahjustavad kalu kindlasti vähem. Kuna nakkepüünised töötavad just seda paremini, mida vähem kalu neid märkab, siis liigisiselt pole ilmselt võimalik osa kalu püünist vältima suunata. Küll aga on näidatud, et võrgulina värv mõjutab saakide liigilist koosseisu ja seda saaks ära kasutada kaaspüügiliikide vältimiseks, vähendamata seejuures sihtliigi saake (Jester, 1973, viidatud Hamley, 1975 kaudu; Balik & Çubuk, 2001). See teema vääraks ka Eesti kontekstis uurimist.

Et saavutada nakkepüüniste suuremat liigilist selektiivsust, saab ära kasutada eri kalaliikide paiknemist veekogu eri piirkondades ja sügavustel ning eri liikide aktiivsusperioodi varieerumist (Parrish, 1963; Vetemaa, 2020). Näiteks põhjaeluviiisiga liikide tabamiseks kasutatakse madalaid uppuva ülemise selisega võrke (He & Pol, 2010), samas nende liikide vältimiseks võrke, mille alumine selis ei ulatu veekogu põhja (Godøy, Furevik & Løkkeborg, 2003). Teave eri liikide paiknemisest eri aegadel veekogu eri osades on kalurile väga oluline ning selle teabe rakendamine püüniste püügile asetamisel igapäevane praktika.

#### **4.2. Lõkspüünised**

Veetemperatuur ja püünise kontrollimissagedus on ka mõrrapüügil kaks kõige olulisemat tegurit, mis määravad vabastatava kala seisundi (MacMillan & Roth, 2012; Colotelo & Cooke *et al.*, 2013; Vetemaa, 2020). Colotelo & Raby *et al.* (2013) on mõrdadest vabastatava haugi seisundit ja suremust puudutavas töös soovitanud siduda mõrdade kontrollimissageduse veetemperatuuriga, kuid uuringu autorid tõdevad samas, et see on eriti kontrollimise mõttes seaduslikult keerukas. Nad pakuvad seetõttu välja, et kuna ka jahedama veega on kalade seisund seda halvem, mida harvem püüniseid kontrollitakse, võiks sõltumata veetemperatuurist nõuda püüniste sagedasemat kontrollimist (see peaks jääma alla 48 tunni). Lähtuvalt Peipsi tagasiheite suremuse teemalise töö tulemustest (Vetemaa, 2020) võiks samas kaaluda ka ajutist püügi peatamist kõrgete veetemperatuuride korral, eriti piirkondades, kus alamõõduliste kalade kaaspüük on suur.

Nagu kõigi püüniste puhul, on oluliseks teguriks ka õhuga kokkupuute aeg ning sellest tulenevalt on oluline kiire saagi sorteerimine ja selliste tehniliste lahenduste kasutamine, mis ähendavad kalade kokkupuudet õhuga. Östergren *et al.* (2020) on lõhe suremust puudutavas töös käsitlenud mitmeid tehnilisi lahendusi mõrdadel, mis võimaldavad saaki sorteerida vees ja tunduvalt vähendada vabastatavate kalade kokkupuudet õhuga ning sellest tulenevat suremust.

Kuna vabastatavad kalad pole sageli vabastamisjärgselt suutelised koheselt sukelduma, on nad kergeks saagiks kiskjatele ja seetõttu vajavad nad taastumiseks kaitstud keskkonda (Raby *et al.*, 2014; Vetemaa, 2020). Selleks on peamiselt harrastuspüügil antud soovitusi ja võetud kasutusele erinevaid tehnilisi lahendusi, võimaldamaks kaladel enne vabastamist taastuda. Ka kutselisel püügil tasuks uurida vabastatud kaladele taastumisperioodi võimaldamist.

Kaaspüügi vähendamine selektiivsuse suurendamise kaudu on ka mõrdadel saavutatud peamiselt mõrra eri osade silmasuurust reguleerides (He & Inoue, 2010; Saat, 2014). Kuid peale silma suuruse mõjutab mõrdade suurusselektiivsust ka näiteks silma kuju ja rakenduskoefitsent (ingl k. *hanging ratio*) (Fujimori *et al.*, 2000). Peipsi järve tagasiheite suremuse alases töös on mainitud, et raammõrdade kasutuselevõtt on tunduvalt vähendanud alamõõduliste kalade kaaspüüki (Vetemaa, 2020). Mõrdade liigilist selektiivsust on lisaks hoolikale püügikoha valikule võimalik reguleerida ka näiteks mõrratiiva uputamise või erineva silmasuurusega lina kasutamisega mõrra tiiva alumises ja ülemises osas (He & Inoue, 2010).

Läänemeres on mõrrapüügil suureks probleemiks hüljeste püünise- ja saagikahjustused (Lehtonen & Suuronen, 2004; Hemmingsson, Fjälling & Lunneryd, 2008; Lundin, 2014) ning kuna sageli heidavad kalurid hülgekahjustustega kalad merre tagasi, aitab hülgekindlate püüniste väljatöötamine ja kasutuselevõtt vähendada ka tagasiheidet. Selleks on välja töötatud ja kasutusele võetud näiteks *push-up* ehk pontoonmõrrad (Hemmingsson, Fjälling & Lunneryd, 2008; Saat, 2014). Ka akustilistest hülgepeletitest (Fjälling, Wahlberg & Westerberg, 2006; TÜ Eesti Mereinstituut, 2013) ja sagedasemast mõrdade kontrollimisest on hülgekahjustuste vähendamisel abi (Hemmingsson, Fjälling & Lunneryd, 2008).

Kuna uute püüniste soetamine on kulukas ja saagid kaluri kohta on Eesti ranna- ja sisevete kalanduses pigem väikesed, ei ole paljud kalurid võimelised ainult oma vahenditest uusi selektiivsemaid püüniseid soetama. Püügivahendi parendamise toetus võimaldab küll rannakaluritel soetada hülgekindlamaid mõrdasid ja kastmõrdu varustada hülgepeletiga (Püügivahendi parendamise toetus, 2017), ent sellist toetusmeedet, mis võimaldaks püüniseid täiendada ja parandada kaaspüügi vähendamise eesmärgil, Eestis ei ole.

Selektiivsemate püüniste ja muude tagasiheidet vähendavate meetmete kasutuselevõttuga vähenevad esialgu ka saagid ja seega on oluline, et uuendused võetaks kasutusele kõigi kalurite poolt üheaegselt või vähendatakse kunstlikult nende kalurite konkurentsieelist, kes uuendusega kaasa pole läinud.

## Kokkuvõte

Käesolevas töös anti ülevaade kalade tagasiheite suremuse alastest teadustöödest ja analüüsiti nende tulemusi Eesti oludest lähtuvalt. Kalapüügil tekib peaaegu alati soovimatut kaaspüüki, mis sageli veekogusse tagasi heidetakse. Kuna suur osa tagasiheidetud kaladest hukub püügist tingitud stressorite mõjul, teeb see tegeliku kalastussuremuse hindamise keerukaks. Kuna paljud kalapopulatsioonid on ülepüügi tõttu niigi kriitilises seisus, on hakatud rohkem tähelepanu pöörama ka teistele kalastussuremuse komponentidele. Tagasiheidet ja selle suremust peetakse hetkel üheks kalanduse suurimaks probleemiks.

Peamised põhjused, miks osa saagist veekogusse tagasi heidetakse, on seadusest tulenev vabastamisnõue (näiteks alammõõt või muu püügikeeld); majanduslikud põhjused (näiteks turu nõudlus ja kala hind); kaluri isiklikud eelistused. Tagasiheite osakaal on varieeruv, sõltudes näiteks püügiviisist, -ajast, -kohast ja kalaliigist. Euroopa Liidus on mitmetele kalaliikidele kehtestatud tagasiheite keeld (lossimiskohustus), kuid samas on ette nähtud erandid liikidele, mille kõrge ellujäämise määr on teaduslikult tõestatud.

Tagasiheite suremust uuritakse kas isoleerimis- või märgistuskatsetega. Esimesel juhul jälgitakse kalu veekogus asuvas sumbas või muul viisil piiratud keskkonnas, teisel juhul märgistatakse kala elektroonilise või lihtmärgisega. Mõlemal meetodil on puudusi ja sageli kasutatakse neid omavahel kombineerides. Eesti tagasiheite suremust on hetkel uuritud vaid Peipsi järves, kuid käimas on projekt ka rannikumere ja teiste siseveekogude tagasiheite suremuse uurimiseks.

Stressorid, mis kaladele püügil mõjuvad ja nende hukkumist põhjustavad, on sageli liigi- ja püügiviisispetsiifilised. Hüpoksia, mis tekib kaladel näiteks õhu käes viibimise tulemusel, kuid ka siis, kui kala hingamine on takistatud (näiteks võrku takerdudes), on kalapüügil sageli vältimatu. Hüpoksiataluvus sõltub nii kala liigist, arengufaasist kui ka keskkonnatingimustest. Iga püügiviisiga kaasnevad iseloomulikud vigastused, mis võivad olla koheselt letaalsed või põhjustada hilisemat hukkumist. Barotrauma on väga iseloomulik näiteks traalpüügil, kus püük toimub sageli suuremal sügavusel ja saagi pinnaletoomisel tekivad kaladel rõhuvahest tingituna erinevad sisemised vigastused. Ka kurnatus, mis tekib püünise eest põgenedes, on traalpüügil tavapärane stressor. Eelpool nimetatud stressorite mõjul on vabastatud kalad ka kergeks saagiks kiskjatele.

Eesti traalpüügil on tagasiheide väike, osaliselt seetõttu, et peamistele sihtliikidele kilule ja räimele kehtib EL-i lossimiskohustus. Ranna- ja sisevete püügil on palju erinevaid sihtliike ning juba seaduslikest piirangutest tulenevalt esineb ka tagasiheidet. Lisaks satub püünistesse vähemhinnatud liikidest kalu, kelle kalurid veekogusse tagasi heidavad, ja lisaks vabastavad kalurid kalu loodushoiu kaalutlustel.

Nakkepüüniste puhul on olulised suremust mõjutavad tegurid veetemperatuur, võrkude püügiloleku kestus, võrgusilma suurus ja kalade võrgust vabastamise viis. Lisaks on kalad võrgus kergeks saagiks kiskjatele ning kiskjate kahjustatud kalad heidetakse samuti sageli vette tagasi. Veetemperatuur ja püüniste kontrollimise sagedus on ka mõrrapüügil olulisteks suremust mõjutavateks teguriteks. Mõrdadest vabastatud kalade ellujäämus on enamasti suurem, kuna kalade vigastused on sageli kergemad. Mõrrakeres on kalad ka kiskjate eest paremini kaitstud, siiski võivad näiteks hülgekahjud saakidele olla mõnedes piirkondades märkimisväärsed. Osal liikidel lisandub suuremate püügisügavuste korral ka barotrauma risk.

Tagasiheite suremuse vähendamiseks tuleb kas vähendada tagasiheidet või parandada selle ellujäämust. Tagasiheidet saab vähendada selektiivsemate püüniste kasutamisega või kaaspüügile kasutust leides. Tagasiheite ellujäämuse suurendamiseks tuleb vähendada kalapüügiga kaasnevate stressorite mõju vähemdestruktiivsete püüniste kasutamise, paremate püügi- ja vabastamispraktikate rakendamise ja keskkonnatingimustega arvestamise kaudu. Veetemperatuur, püüniste kontrollimissagedus, õhuga kokkupuute aeg ja kalade käitlemise viis on põhilised tegurid, mis määravad vabastatavate kalade seisundi. Nakke- ja lõkspüüniste (mis on Eesti ranna- ja sisevete kalapüügi põhilised püügivahendite tüübid) selektiivsus saavutatakse peamiselt hoolika silmasuuruse valimisega, kuid on ka teisi võimalusi, mis kasutavad ära erinevate kalaliikide aktiivsusperioodi varieerumist ja paiknemist erinevatel sügavustel. Nakkepüüniste tagasiheite suremuse vähendamiseks võiks Eesti kontekstis soovitada püügi kestvuse vähendamist, vabastatavate kalade käitlemise soovitude väljatöötamist ning teatud piirkondades nakkevõrkude kasutamise piiramist kõrgematel veetemperatuuridel. Ajutist püügi piiramist ning püüniste sagedasemat kontrollimist kõrgetel veetemperatuuridel võib soovitada ka lõkspüüniste puhul.

## Summary

This thesis provides an overview of studies on fish discard mortality and interprets their results in the context of Estonian fishery. Unwanted bycatch is mostly unavoidable in fisheries and such bycatch is often discarded. It is difficult to estimate overall fishing mortality, as a lot of the discarded fish die due to the impact of fishing related stressors. As many fish populations are in a critical state due to overfishing, also other components of fishing mortality have recently gained more attention. These days, discard and discard mortality are considered to be one of the most important problems of fishery.

The main reasons for discarding some of the catch are legal restrictions (minimum size or other catch restrictions); economic reasons (like market considerations and fish value); fishermen's personal preferences. The proportion of discards varies strongly, depending on fishing methods, spatiotemporal aspects of fishing and fish species. European Union has introduced a discard ban (landing obligation) on many fish species, but exemptions are made to species whose high survival rate after release has been scientifically proven.

Discard mortality can be studied either by using isolation or tagging experiments. In isolation experiments, fish are monitored in cages that are placed in a waterbody or in some other contained environment. In tagging experiments, electronic or external tags are being used. Both methods have their own drawbacks and they are often used in combination. In Estonia, studies on discard mortality have been conducted only in lake Peipsi, but there is a discard mortality project under way in other inland waterbodies and in the coastal sea.

Stressors affecting fish and causing their death during fishing are often specific to species and fishing method. Hypoxia, caused for example by air exposure or breathing restrictions (in gillnets for example), is often unavoidable in fishing. Hypoxia tolerance depends for example on the particular species, life history stage and environmental conditions. Gear type specific injuries can cause instant or delayed mortality. Barotrauma is characteristic to trawl fishery, when fish are often caught at depths and decompression on deck causes different internal injuries. Exhaustion, which is caused by the excess of physical activity when escaping from gears, is also common in trawl fishery. All of these stressors make discarded fish vulnerable to predators.

Discards of Estonian trawl fishery are relatively small, partly due to the fact that the main target species Baltic sprat and Baltic herring are subjected to EU landing obligation. There are many

target species in Estonian coastal and inland water fisheries and there is discard related to legal restrictions. In addition, fish that are of lesser value get caught in gears and are discarded back to water. Fishermen also release fish as a conservation measure.

The most important factors that influence mortality in gillnets are water temperature, soaktime, mesh size and the method of releasing fish from the net. In addition, fish are easily caught by predators from the net and fish that are damaged by predators are often discarded. Water temperature and net tending frequency are significant factors influencing mortality also by fyke net fishery. The survival rate of fish released from fyke nets is usually higher, as the injuries of fish are often not so severe. Fish are better protected from predators in the fyke net, but seal damages can be rather significant in some regions. Some species also face the risk of barotrauma when fishing in depths.

Discard mortality can be reduced by reducing discards or by improving the survival of discards. Discard reduction can be achieved by using more selective fishing gear or through the utilisation of bycatch. The mitigation of fishing related stressors by using less destructive gear, better catch- and handling practices and the selection of optimal environmental conditions are necessary in order to improve the survival of discarded fish. Water temperature, net tending frequency, air exposure duration and handling practices are the main factors that influence the condition of released fish. Selectivity of gillnets and fyke nets (main gear types used in Estonian coastal and inland waters) can be achieved by careful selection of mesh size, but there are also other possibilities, which take into account different activity periods of fish species and their vertical distribution in water column. In order to reduce the discard mortality of gillnets in Estonia, the reduction of soaktime, introduction of handling recommendations of fish to fishermen and restrictions to the use of gillnets in case of higher water temperatures may be recommended. Temporal restrictions on fishing and more frequent tending of gears by higher water temperature can be suggested also for fyke nets.

## Tänuavaldus

Täna oma töö juhendajaid Elor Seppa ja Lagle Matetskit suunamise, heade nõuannete ning kannatlikkuse eest. Täna ka tuttavaid kalamehi arvukatele küsimustele vastamise eest ja oma peret toetuse ja abi eest.

## Kasutatud kirjandus

Viitamisel on lähtunud ajakirja *Fish and Fisheries* viitamise nõuetest.

- Almeida-Val, V.M.F., Val, A.L., Duncan, W.P., Souza, F.C.A., Pula-Silva, M.N., & Land, S. (2000). Scaling effects of hypoxia tolerance in the Amazon fish *Astronotus ocellatus* (Perciformes: Cichlidae): contribution of tissue enzyme levels. *Comparative Biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & Molecular Biology*, 125, 219–226.
- Arends, R.J., Mancera, J.L., Munoz, S.E., Wendelaar Bonga, S., & Flik, G. (1999). The stress response of the Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) to air exposure and confinement. *Journal of Endocrinology*, 163, 149–157.
- Baker, M. R., & Schindler, D. E. (2009). Unaccounted mortality in salmon fisheries: Non-retention in gillnets and effects on estimates of spawners. *Journal of Applied Ecology*, 46(4), 752–761.
- Balık, I., & Çubuk, H. (2001). Effect of Net Colours on Efficiency of Monofilament Gillnets for Catching Some Fish Species in Lake Beyúehir. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1, 29–32.
- Barange, M., Alder, J., Barg, U., Funge-Smith, S., Mannini, P., Tarconet, M. & Plummer, J., (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome:FAO. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/I9540EN>
- Bell, J.D., & Lyle, J.M. (2016) Post-Capture Survival and Implications for By-Catch in a Multi-Species Coastal Gillnet Fishery. *PLoS ONE* 11(11): e0166632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166632>
- Bellido, J. M., Santos, M. B., Pennino, M. G., Valeiras, X., & Pierce, G. J. (2011). Fishery discards and bycatch: solutions for an ecosystem approach to fisheries management? *Hydrobiologia*, 670(1), 317–333.
- Benoît, H. P., Hurlbut, T., & Chassé, J. (2010). Assessing the factors influencing discard mortality of demersal fishes in four fisheries using a semi-quantitative indicator of survival potential. *Fisheries Research*, 106, 436–447.
- Benoît, H.P., Hurlbut, T., Chassé, J., & Jonsen, I.D. (2012). Estimating fishery-scale rates of discard mortality using conditional reasoning. *Fisheries Research*, 125, 318–330.

- Benoît, H.P., Morfin, M., & Capizzano, C.W. (2020). Improved estimation of discard mortality rates with in situ experiments involving electronic and traditional tagging. *Fisheries Research*, 221, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105398>
- Benoît, H.P., Plante, S., Kroiz, M., & Hurlbut, T.R. (2013). A comparative analysis of marine fish species susceptibilities to discard mortality: effects of environmental factors, individual traits, and phylogeny. *ICES Journal of Marine Science*, 70, 99–113.
- Bettoli, P. W., & Scholten, G. D. (2006). Bycatch rates and initial mortality of paddlefish in a commercial gillnet fishery. *Fisheries Research*, 77(3), 343–347.
- Breen, M. J., & Ruetz III, C.R. (2006). Gear bias in fyke netting: evaluating soak time, fish density, and predators. *North American Journal of Fisheries Management*, 26, 32–41.
- Broadhurst, M.K., Millar, R.B., & Brand, C.P. (2009). Mitigating discard mortality from dusky flathead *Platycephalus fuscus* gillnets. *Diseases of Aquatic Organisms*, 85, 157–166.
- Broadhurst, M.K., Suuronen, P., & Hulme, A. (2006). Estimating collateral mortality from towed fishing gear. *Fish & Fisheries*, 7, 180–218.
- Broadhurst, M. K., Uhlmann, S. S., & Millar, R. B. (2008). Reducing discard mortality in an estuarine trawl fishery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364, 54–61.
- Brownscombe, J.W., Thiem, J.D., Hatry, C., Cull, F., Haak, C.R., Danylchuk, A.J., & Cooke, S.J. (2013). Recovery bags reduce post-release impairments in locomotory activity and behavior of bonefish (*Albula* spp.) following exposure to angling-related stressors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 440, 207–215.
- Buchanan, S., & Farrell, A.P. 2002. Reducing Gill-Net Mortality of Incidentally Caught Coho Salmon. *North American Journal of Fisheries Management*, 22, 1270–1275.
- Campbell, M.J., McLennan, M.F., & Sumpton, W.D. (2014). Short-term survival of discarded pearl perch (*Glaucosoma scapulare* Ramsay, 1881) caught by hook-and-line in Queensland, Australia. *Fisheries Research*, 151, 206–212.
- Chopin, F. S., & Arimoto, T. (1995). The condition of fish escaping from fishing gears-a review. *Fisheries Research*, 21(3–4), 315–327.

- Cerezo, J., & García, B.G. (2004). The effects of oxygen levels on oxygen consumption, survival and ventilatory frequency of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo* Gmelin, 1789) at different conditions of temperature and fish weight. *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 488–492.
- Clucas, I. (1997). *A study of the options for utilization of bycatch and discards from marine capture fisheries*. FAO Fisheries CircularNo. 928. Rome: FAO.
- Coggins, L. G., Catalano, M. J., Allen, M. S., Pine, W. E., & Walters, C. J. (2007). Effects of cryptic mortality and the hidden costs of using length limits in fishery management. *Fish & Fisheries*, 8(3), 196–210.
- Colotelo, A.H., Cooke, S.J., Blouin-Demers, G., Murchie, K.J., Haxton, T., & Smokorowski, K.E. (2013). Influence of water temperature and net tending frequency on the condition of fish bycatch in a small-scale inland commercial fyke net fishery. *Journal for Nature Conservation*, 21(4), 217–224.
- Colotelo, A. H., Raby, G. D., Hasler, C. T., Haxton, T. J., Smokorowski, K. E., Blouin-Demers, G., & Cooke, S. J. (2013). Northern pike bycatch in an inland commercial hoop net fishery: Effects of water temperature and net tending frequency on injury, physiology, and survival. *Fisheries Research*, 137, 41–49.
- Cook, K.V., Hinch, S.G., Drenner, S., Halfyard, E.A., Raby, G.D., & Cooke, S.J. (2018). Population-specific mortality in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) released from a purse seine fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 75, 309–318.
- Cook, K.V., Reid, A.J., Patterson, D.A., Robinson, K.A., Chapman, J.M., Hinch, S.G., & Cooke, S.J. (2019). A synthesis to understand responses to capture stressors among fish discarded from commercial fisheries and options for mitigating their severity. *Fish and Fisheries*, 20, 25–43.
- Crean, K., & Symes, D. (1994). The discards problem: towards a European solution. *Marine Policy*, 18, 422–434.
- Dash, S., Das, S.K., Samal, J., & Thatoi, H.N. (2018). Epidermal mucus, a major determinant in fish health: a review. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 19, 72–81.
- Davis, M.W. (2002). Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1834–1843.

- Dempson, J. B., O'Connell, M. F., & Cochrane, N. M. (2001). Potential impact of climate warming on recreational fishing opportunities for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Newfoundland, Canada. *Fisheries Management & Ecology*, 8(1), 69–82.
- Donaldson, A., Gabriel, C., Harvey, B.J., & Carolsfeld, J. (2010). *Impacts of fishing gears other than bottom trawls, dredges, gillnets and longlines on aquatic biodiversity and vulnerable marine ecosystems*. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2010/011.
- Donaldson, M.R., Raby, G.D., Nguyen, V.N., *et al.* (2013). Evaluation of a simple technique for recovering fish from capture stress: integrating physiology, biotelemetry, and social science to solve a conservation problem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70, 90–100.
- Elshout, P.M., Pires, L.M., Leuven, R.S., Bonga, S.E., & Hendriks, A.J. (2013). Low oxygen tolerance of different life stages of temperate freshwater fish species. *Journal of Fish Biology*, 83, 190–206.
- European Commission (i.a.) *Discarding in fisheries*. Vaadatud 2.04.2021 [https://ec.europa.eu/oceans-and-fisheries/fisheries/rules/discarding-fisheries\\_en](https://ec.europa.eu/oceans-and-fisheries/fisheries/rules/discarding-fisheries_en)
- European Council (2020). *Baltic Sea fishing: Council agrees on 2021 catch limits*. Vaadatud 10.05.2021 <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2020/10/20/baltic-sea-fishing-council-agrees-on-2021-catch-limits/>
- European Parliament 2015=European Parliament, Directorate General for Internal Policies (2015). *The Landing Obligation and its Implications on the Control of Fisheries. Study*. European Union.
- Farrell, A.P., Gallagher, P.E., Fraser, J., Pike, D., Bowering, P., Hadwin, A.K.M., Parkhouse, W., & Routledge, R. (2001). Successful recovery of the physiological status of coho salmon on board a commercial gillnet vessel by means of a newly designed revival box. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 1932–1946.
- Feeckings, J., Lewy, P., & Madsen, N. (2013). The effect of regulation changes and influential factors on Atlantic cod discards in the Baltic Sea demersal trawl fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70, 534–542.
- Fjälling, A. (2005). The estimation of hidden seal-inflicted losses in the Baltic Sea set-trap salmon fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 62, 1630–1635.

- Fjälling, A., Wahlberg, M. and Westerberg, H. (2006). Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap, net fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 63, 1751–1758.
- Fujimori, Y., Abe, K., Shimizu, S., Miura, T. (2000). Analysis of the escape behavior of juvenile salmon *Oncorhynchus keta* from the bag-net for by-catch prevention in a set-net fishery. *Fisheries Science*, 66, 424–431.
- Gale, M. K., Hinch, S. G., & Donaldson, M. R. (2013). The role of temperature in the capture and release of fish. *Fish and Fisheries*, 14(1): 1–33.
- Garcia S. M., Kolding J., Rice J., Rochet M.-J., Zhou S., Arimoto T., Beyer J. E., Borges L., Bundy A., Dunn D., Fulton E. A., Hall M., Heino M., Law R., Makino M., Rijnsdorp A. D., Simard F., & Smith A. D. M. (2012). Reconsidering the Consequences of Selective Fisheries. *Science*, 335(6072), 1045–1047.
- Garthe, S., & Scherp, B. (2003). Utilization of discards and offal from commercial fisheries by seabirds in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 60(5), 980–989.
- Gingerich, A.J., Cooke, S.J., Hanson, K.C., Donaldson, M.R., Hasler, C.T, Suski C.D., & Arlinghaus, R. (2007). Evaluation of the interactive effects of air exposure duration and water temperature on the condition and survival of angled and released fish. *Fisheries Research*, 86, 169–178.
- Godøy, H., Furevik, D., & Løkkeborg, S. (2003). Reduced bycatch of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the gillnet fishery for cod (*Gadus morhua*) in northern Norway. *Fisheries Research*, 62(3), 377–384.
- Hall, S. J., & Mainprize, B. M. (2005). Managing by-catch and discards: how much progress are we making and how can we do better? *Fish and Fisheries*, 6(2), 134–155.
- Hamley, J.M. (1975). Review of gillnet selectivity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 1943–1969.
- Harnish, R.A., Colotelo, A.H., & Brown, R.S. (2010). A review of polymer-based water conditioners for reduction of handling-related injury. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21, 43–49.
- He, P., & Inoue, Y. (2010). Large-scale Fish Traps: Gear design, Fish Behavior and Conservation Challenges. P. He (ed.), *Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges* (pp. 159–182). Ames (IA): Willey-Blackwell.

- He, P., & Pol, M. (2010). Fish Behavior near Gillnets: Capture Processes and Influencing Factors. P. He (ed.), *Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges* (pp. 183–204). Ames (IA): Willey-Blackwell.
- HELCOM (2019). Species Information Sheet. *Gadus morhua*. Vaadatud 12.04.2021. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Gadus-morhua-1.pdf>
- Hemmingsson, M., Fjälling, A., & Lunneryd, S.-G. (2008). The pontoon trap: Description and function of a seal-safe trap-net. *Fisheries Research*, 3(3), 357–359.
- Humborstad, O., Ferter, K., Kryvi, H., & Fjellidal, P.G. (2017). Exophthalmia in wild-caught cod (*Gadus morhua* L.): development of a secondary barotrauma effect in captivity. *Journal of Fish Diseases*, 40, 41–49.
- ICES (2014). Report of the workshop on methods for estimating discard survival. *ICES HQ, Copenhagen, Denmark*. Vaadatud 10.05.2021 <https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2014/WKMEDS/01%20WKMEDS%20-%20Report%20of%20the%20Workshop%20on%20Methods%20for%20Estimating%20Discard%20Survival.pdf>
- ICES (2019). *ICES Ecosystem Overviews. Baltic Sea Ecoregion*. Vaadatud 12.05.2021 [https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2019/2019/EcosystemOverview\\_BalticSea\\_2019.pdf](https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2019/2019/EcosystemOverview_BalticSea_2019.pdf)
- Jarvis, E.T., & Lowe, C.G. (2008). The effects of barotrauma on the catch-and-release survival of southern California nearshore and shelf rockfish (*Scorpaenidae, Sebastes spp.*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, 1286–1296.
- Kalapüügieeskiri* (2003). Vastu võetud 09.05.2003 Riigi Teataja I. Vaadatud 5.04.2021 <https://www.riigiteataja.ee/akt/904618>
- Kalapüügieeskiri* (2016). Vastu võetud 16.06.2016. Riigi Teataja I. Vaadatud 5.04.2021 <https://www.riigiteataja.ee/akt/122122020033>
- Kalapüügiseadus* (2015). Vastu võetud 9.02.2015. Riigi Teataja I. Vaadatud 8.04.2021 <https://www.riigiteataja.ee/akt/KPS>

- Kelleher, K. (2005). *Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper. No. 470*. Rome: FAO.
- Kieffer, J.D. (2000). Limits to exhaustive exercise in fish. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 126, 161–179.
- Kojima, T., Ishii, M., Kobayashi, M., & Shimizu, M. (2004). Blood parameters and electrocardiogram in squeezed fish simulating the effect of net damage and recovery. *Fisheries Science*, 70, 860–866.
- Lebedeva, N.E. (1999). Skin and superficial mucus at fish - biochemical structure and functional role. In D.N. Saksena (ed.). *Ichthyology: recent research advances* (pp. 177–193). New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co.
- Lehtonen, E., & Suuronen, P. (2004). Mitigation of seal-damages in salmon and white-fish trap-net fishery by modification of the fish bag. *ICES Journal of Marine Science*, 61, 1195–1200.
- Lundin, M. (2014). *Size Selection of Fish in the Trap Fisheries of the Baltic and Bothnian Seas*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå.
- Lundin, M., Calamnius, L., & Lunneryd, S.-G. (2012). Survival of juvenile herring (*Clupea harengas membras*) after passing through a selection grid in a pontoon trap. *Fisheries Research*, 127/128, 83–87.
- Madsen, N., Ingólfsson, Ó. A., Nilsson, H., & Suuronen, P. (2021). Improving species and size selectivity in the Baltic cod trawl fishery with two simple codend designs. *Fisheries Research*, 236, doi: 10.1016/j.fishres.2020.105846
- MacMillan, E. A., & Roth, B.M. (2012). By-catch in the Saginaw Bay, Lake Huron commercial trap net fishery. *Journal of Great Lakes Research*, 38, 353–361
- Milligan, C.L. (1996). Metabolic recovery from exhaustive exercise in rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 113, 51–60.
- Morfin, M., Kopp, D., Benoît, H. P., & Méhault, S. (2019). Comparative assessment of two proxies of fish discard survival. *Ecological Indicators*, 98, 310–316.

- Murawski, S.A. (1996). Factors Influencing By-catch and Discard Rates: Analyses from Multispecies/Multifishery Sea Sampling. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 19, 31–39.
- Neilson, J. D., Busawon, S. D., Andrushchenko, I. V., Campana, S. E., Carruthers, E. H., Harris, L. E., & Stokesbury, M. (2012). *A review of approaches to assess survival of released catch from Canadian large pelagic longline fisheries*. DFO. Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2011/091.
- Nichol, D.G., & Chilton, E.A. (2006). Recuperation and behaviour of Pacific cod after barotrauma. *ICES Journal of Marine Science*, 63, 83–94.
- Nilsson, G.E., & Ostlund-Nilsson, S. (2008). Does size matter for hypoxia tolerance in fish? *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 83, 173–189.
- Nilsson, G.E., & Renshaw, G.M. (2004). Hypoxic survival strategies in two fishes: extreme anoxia tolerance in the North European crucian carp and natural hypoxic preconditioning in a coral-reef shark. *The Journal of Experimental Biology*, 207, 313–319.
- Nõukogu määrus (EÜ) nr 1224/2009* 20. november 2009. Vaadatud 2.05.2021 <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:343:0001:0050:ET:PDF>
- Nyberg, P., Degerman, E., & Sers, B. (1996). Survival after catch in trap-nets, movements and growth of the pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in Lake Hjälmaren, Central Sweden. *Annales Zoologici Fennici*, 33, 569–575.
- Olsen, R., Oppedal, F., Tenningen, M., & Vold, A.T. (2012). Physiological response and mortality caused by scale loss in Atlantic herring. *Fisheries Research*, 129, 21–27.
- Parrish, B. B. (1963). Some remarks on the selection processes in fishing operations. *International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries, Special Publication*, 5, 166–170.
- Pérez Roda, M.A. (ed.), Gilman, E., Huntington, T., Kennelly, S.J., Suuronen, P., Chaloupka, M., & Medley, P. (2019). *A third assessment of global marine fisheries discards*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 633. Rome: FAO.
- Peters, R.H. (1983). *The Ecological Implications of Body Size*. New York: Cambridge University.

- Pollock, K.H., & Pine, W.E. (2007). The design and analysis of field studies to estimate catch-and-release mortality. *Fisheries Management and Ecology*, *14*, 123–130.
- Pollock, K.H., Jiang, H., & Hightower, J.E. (2004). Combining Telemetry and Fisheries Tagging Models to Estimate Fishing and Natural Mortality Rates. *Transactions of the American Fisheries Society*, *133*, 639–648.
- Putten, I.V., Koopman, M., Fleming, A., Hobday, A.J., Knuckey, I.A., & Zhou, S. (2019). Fresh eyes on an old issue: demand-side barriers to a discard problem. *Fisheries Research*, *209*, 14–23.
- Põllumajandus- ja Toiduamet. *Püügistatistika*. Vaadatud 15.04.2021 <https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/kutseline-kalapuuk/puugistatistika>
- Püügivahendi parendamise toetus*. (2017). Vastu võetud 17.04.2017. Riigi Teataja I. Vaadatud 12.04.2021 <https://www.riigiteataja.ee/akt/130102018011>
- Raby, G.D., Packer, J.R., Danylchuk, A.J., & Cooke, S.J. (2014). The understudied and underappreciated role of predation in the mortality of fish released from fishing gears. *Fish and Fisheries*, *15*, 489–505.
- Rahikainen, M., Peltonen, H., & Ponni, J. (2004). Unaccounted mortality in northern Baltic Sea herring fishery-magnitude and effects on estimates of stock dynamics. *Fisheries Research*, *2*, 111–127.
- Rankin, P.S., Hannah, R.W., Blume, M.T., Miller-Morgan, T., & Heidel, J.R. (2017). Delayed effects of capture-induced barotrauma on physical condition and behavioral competency of recompressed yelloweye rockfish, *Sebastes ruberrimus*. *Fisheries Research*, *186*, 258–268.
- Regulation (EU) No 1380/2013*=Regulation (EU) No 1380/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy, amending Council Regulations (EC) No 1954/2003 and (EC) No 1224/2009 and repealing Council Regulations (EC) No 2371/2002 and (EC) No 639/2004 and Council Decision 2004/585/EC. Vaadatud 10.03.2021 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32013R1380>
- Rudershausen, P.J., Buckel, J.A., & Williams, E.H. (2007). Discard composition and release fate in the snapper and grouper commercial hook-and-line fishery in North Carolina, USA. *Fisheries Management and Ecology*, *14*, 103–113.
- Saat, T. (2014). *Püügivahendite parendamise võimalused kalapüügiga kaasneva negatiivse keskkonnamõju vähendamiseks*. Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut.

- Savina, E., Karlsen, J. D., Frandsen, R. P., Krag, L. A., Madsen, N., & Kristensen, K. (2016). Testing the effect of soak time Savina, E., Karlsen, J. D., Frandsen, R. P., Krag, L. A., Madsen, N., & Kristensen, K. (2016). Testing the effect of soak time on catch damage in a coastal gillnetter and the consequences on processed fish quality. *Food Control*, *70*, 310–317.
- Schwalme, K., & Mackay, W.C. (1991). Mechanisms that elevate the glucose concentration of muscle and liver in yellow perch (*Perca flavescens* Mitchill) after exercise–handling stress. *Canadian Journal of Zoology*, *69*, 456–461.
- Sigurðardóttir, S., Stefánsdóttir, E. K., Condie, H., Margeirsson, S., Catchpole, T. L., Bellido, J. M., Eliassen, S. Q., Goñi, R., Madsen, N., Palialexis, A., Uhlmann, S. S., Vassilopoulou, V., Feekings, J., & Rochet, M.-J. (2015). How can discards in European fisheries be mitigated? Strengths, weaknesses, opportunities and threats of potential mitigation methods. *Marine Policy*, *51*, 366–374.
- Stålhammar, M., Franstam, T., Lindstrøm, J.A., Höjesjö, J., Arlinghaus, R., & Nilsson, A. (2014). Effects of lure type, fish size and water temperature on hooking location and bleeding in northern pike (*Esox lucius*) angled in the Baltic Sea. *Fisheries Research*, *157*, 164–169.
- Sulikowski, J.A., Benoît, H.P., Capizzano, C.W., Knotek, R.J., Mandelman, J.W., Platz, T., & Rudders, D.B. (2018). Evaluating the condition and discard mortality of winter skate, *Leucoraja ocellata*, following capture and handling in the Atlantic monkfish (*Lophius americanus*) sink gillnet fishery. *Fisheries Research*, *198*, 159–164.
- Sultana, R., Jamil, K., Khan, S.I. (2014 ). Bycatch Utilization in Asia. In S-K, Kim (ed.). *Seafood Processing Byproducts: Trends and Applications* (pp. 243-284). New York: Springer.
- Suuronen, P. (2005). *Mortality of fish escaping trawl gears*. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 478. Rome: FAO.
- Suuronen, P., Lehtonen, E., & Jounela, P. (2005). Escape mortality of trawl caught Baltic cod ( *Gadus morhua*) — the effect of water temperature, fish size and codend catch. *Fisheries Research*, *71*(2), 151–163.
- Suuronen, P., & Erickson, D.L. (2010). Mortality of animals that escape fishing gears or are discarded after capture: approaches to reduce mortality. In P. He (ed.), *Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges* (pp. 265-293). Wiley-Blackwell.

- Suuronen, P., Orrensalo, A., & Erickson, D. L. (1996). Mortality of herring escaping from pelagic trawl codends. *Fisheries Research*, 25(3–4), 305–321.
- Svedäng, H., Hornborg, S. (2014). Selective fishing induces density-dependent growth. *Nature Communications*, 5, doi: 10.1038/ncomms5152
- Zeller, D., Cashion, T., Palomares, M.L., & Pauly, D. (2018). Global marine fisheries discards: A synthesis of reconstructed data. *Fish and Fisheries*, 19, 30–39.
- Zhou, S., Smith, A.D.M., Punt, A.E. et al. (2010). Ecosystem-based fisheries management requires a change to the selective fishing philosophy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 9485–9489.
- Zydlewski, J.D., Zydlewski, G.B., & Danner, G.R. (2010). Descaling Injury Impairs the Osmoregulatory Ability of Atlantic Salmon Smolts Entering Seawater. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139, 129–136.
- Thorstad, E.B., Rikardsen, A.H., Alp, A., & Økland, F. (2013). The Use of Electronic Tags in Fish Research - An Overview of Fish Telemetry Methods. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 881-896.
- TÜ Eesti Mereinstituut (2013). *Hülgekahjude vähendamise püügivahendite hülgekindlamaks ehitamise ja hülgepeletite kasutusele võtmise abil. Projekti lõpparuanne.*
- TÜ Eesti Mereinstituut (2015). *Kalapiüügi ja selleks kasutatavate passiivsete püüiniste selektiivsusalane uuring. Lõpparuanne.*
- Uhlmann, S. S., & Broadhurst, M. K. (2015). Mitigating unaccounted fishing mortality from gillnets and traps. *Fish and Fisheries*, 2, 183–229.
- Ulleweit, J., Stransky, C., & Panten, K. (2010). Discards and discarding practices in German fisheries in the North Sea and Northeast Atlantic during 2002–2008. *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 54–66.
- Valentinsson D., Ringdahl K., Storr-Paulsen M., & Madsen N. (2019). The Baltic Cod Trawl Fishery: The Perfect Fishery for a Successful Implementation of the Landing Obligation? In S. Uhlmann, C. Ulrich, S. Kennelly (eds.). *The European Landing Obligation: Reducing Discards in Complex, Multi-Species and Multi-Jurisdictional Fisheries* (pp. 197-218). Springer, Cham.

- Veiga, P., Pita, C., Rangel, M., Goncalves, J., Campos, A., Fernandes, P.G., Sala, A., Virgili, M.E., Lucchetti, A., Brčić, J., Villasante, S., Ballesteros, M.A., Chapela, R., Santiago, J.L., Agnarsson, S., Ögmundarson, Ó., & Erzini, K. (2016). The EU landing obligation and European small-scale fisheries: What are the odds for success? *Marine Policy*, 64, 64–71.
- Veitch, I., Booth, S., Harper, S., Rossing, P. & Zeller, D. (2010.) Catch reconstruction for Estonia in the Baltic Sea from 1950-2007. In P. Rossing, S. Booth & D. Zeller (eds.). Total marine fisheries extractions by country in the Baltic Sea: 1950-present. (pp. 63-84). Fisheries Centre, University of British Columbia.
- Veneranta, L., Pakarinen, T., Jokikokko, E., Kallio-Nyberg, I., & Harjunpää, H. (2018). Mortality of Baltic sea trout (*Salmo trutta*) after release from gillnets. *Journal of Applied Ichthyology*, 34, 49–57.
- Vetemaa, M. (2020). *Peipsi järve töönduspüügil esinev tagasiheide ja selle ellujäämus: erinevate püügimeetodite mõju hinnang. Lõpparuanne*. TÜ, Mereinstituut.
- Vollset, K.W., Lennox, R.J., Thorstad, E.B., Auer, S., Bär, K., Larsen, M.H. et al. (2020). Systematic review and meta-analysis of PIT tagging effects on mortality and growth of juvenile salmonids. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30, 553–568.
- Wang, Y.F., Heigenhauser, G.J., & Wood, C.M. (1994). Integrated responses to exhaustive exercise and recovery in rainbow trout white muscle: acid-base, phosphogen, carbohydrate, lipid, ammonia, fluid volume and electrolyte metabolism. *The Journal of Experimental Biology*, 195, 227–258.
- Östergren, J., Blomqvist, C., Dannewitz, J., Palm, S., & Fjälling, A. (2020). *Discard mortality of salmon caught in different gears*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Aquatic Resources (SLU Aqua), Institute of Freshwater Research, Drottningholm: Report.

*Kaudselt viidatud tööd*

- Beamish, F.W. (1978). Swimming capacity. In S. Hoar, & D.J. Randall (Eds.), *Fish Physiology, Vol 7* (pp. 101–187). New York: Academic Press.
- Jester, D. B. (1973). Variation in catchability of fishes with color of gillnets. *Transactions of the American Fisheries Society*, 102, 109–115.
- Suuronen, P. (1995). Conservation of young fish of management of trawl selectivity. *Finnish Fisheries Research*, 15, 97–116.

## **Lihtlitsents**

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jorma Ratas,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kutselisel kalapüügil tagasiheidetavate kalade suuremus, seda mõjutavad tegurid ja võimalikud lahendused“, mille juhendajateks on Elor Sepp ja Lagle Matetski,

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

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

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

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

Tartus, 25.05.2021