

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
LOODUSRESSURSSIDE ÕPPETOOL

Laur Tammeorg

**PÜÜGIVAHEMIKE RAKENDAMINE KALAASURKONDADE
MAJANDAMISEL**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: PhD Lauri Saks

Tartu 2020

Infoleht

Püügivahemike rakendamine kalaasurkondade majandamisel

Püügivahemik on kalakaitsemeede, mille puhul on kombineeritud alam- ja ülemmõõt. Kuna erinevates kalakooslustes on märgatud, et alammõõdu põhiste püügipiirangutega võib kaasneda kalade kääbustumine, siis on otstarbekas selle mõju leevendada püügivahemike rakendamisega. Käesoleva töö eesmärk on uurida, kuidas püügivahemikud mõjutavad eri kalakooslusi ning kas haugi (*Esox lucius*) ja koha (*Sander lucioperca*) puhul on võimalik püügivahemikke rakendada ka Eesti oludes. Lähtuvalt püstitatud uurimisküsimustest leiti, et (1) püügivahemikud on asjakohased haugi ja koha asurkondade majandamisel. Sellele viitavad seniste uuringute tulemused, kus püügivahemike rakendamine oli seotud nende liikide arvukuse tõusuga. Niisamuti tõusis populatsioonisiselt ülikudejate osakaal; (2) püügivahemike rakendamisel on, parimate tulemuste saavutamiseks, vajalik arvestada ka konkreetsetele veekogudele omaste spetsiifiliste tunnustega (nt valitsevate toiduvõrgustike struktuur); (3) üllatuslikult ilmnis, et senised teadmised püügivahemike rakendamise tõttu tekkivate potentsiaalsete muutuste kohta kalakooslustes on puudulikud või sisuliselt olematud. On tõenäoline, et ülikudejate osakaalu suurenedes satuvad saakkalad tugevama ökoloogilise surve alla, kuid hetkel vastavad sellekohased väited puuduvad. Seetõttu on vajalik antud küsimust põhjalikult edasi uurida.

Märksõnad: püügivahemik, haug, koha, kalakooslus, kalavarud, looduskaitse

CERCS teadusala: hüdrobioloogia, veeökoloogia, ihtüloogia

Harvest slots as a management tool for fisheries

Harvest-slot-length-limit is a fish protection measure, where minimum and maximum length limits are combined. It has been noticed that minimum length limit regulations can cause biotic communities dwarfism. Because of that aspect harvest-slot-limits should be imposed. This research aim is to find out, how harvest-slot-length-limits can affect fish colonies and how these regulations could affect model species pike (*Esox lucius*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in Estonia. The main results of these thesis are: (1) harvest-slot-length-limits are suitable to manage pike and pikeperch populations, based on researches where harvest slot regulations caused increase in the abundance of these species. In addition, percentage of mega-spawners also increased in these populations; (2) to get the best result established harvest-slot-length-limit regulations, specific water bodies characteristics (e.g. main diet

structures) should be taken into action; (3) surprisingly, there was a lack of data about changes that could concur in the fish community level when harvest slot length limits are applied. Presumably when number of mega-spawners increases then the population of fish on the lowest trophic level will be under strengthened ecological pressure. However, such cases have virtually not been documented so far and, thus this aspect in fisheries management should be researched more thoroughly.

Keywords: harvest slot length limit, pike, pikeperch, fish resources, conservation of wildlife

CERCS fields of research: hydrobiology, water ecology, ichthyology

SISUKORD

1. Sissejuhatus	5
2. Kalapüügi regulatsioon Eestis	7
2.1. Alammõõt (Min-LL)	7
2.2. Ülemmõõt (Max-LL)	8
2.3. Püügivahemik (HS)	9
2.4. Kalade ellujäämus püügijärgsel vabastamisel	9
3. Püügivahemike rakendamise mõju kalakooslustele	12
4. Potentsiaalsete püügivahemike rakendamise näited eri liikide puhul	14
4.1. Haug	14
4.1.1. Haugi liigikirjeldus ja roll vee-ökosüsteemides	14
4.1.2. Keskkonnategurite mõju haugipopulatsioonidele	15
4.1.3. Haugi sigimisparameetrid	15
4.1.4. Haugi püügivahemik	16
4.2. Koha	19
4.2.1. Koha liigikirjeldus ja roll vee-ökosüsteemides	19
4.2.2. Keskkonnategurite mõju kohapopulatsioonidele	20
4.2.3. Emaste kohade sigimisparameetrid	22
4.2.4. Koha püügivahemik	23
5. Püügivahemikud haugi ja koha puhul Eestis	26
6. Järeldused	27
Kokkuvõte	29
Summary	30
Tänuavaldus	32
Kasutatud kirjandus	33
Lisa 1. Uuringutes kasutatud Petersoni meetod	38
Lisa 2. Alammõõdud teistel Eesti kaladel	38

1. Sissejuhatus

Harrastuskalastajad ja kutselised kalurid on põhilised kalaasurkondade seisundi mõjutajad kõikjal maailmas (Allen *et al.* 2013). Selleks, et tagada jätkusuutlikud kalakooslused ning ennetada sotsiaalseid ja ökoloogilisi probleeme, on kehtestatud erinevad kalapüügipiirangud. Selle peamine eesmärk on maksimaalselt jätkusuutliku saagi (*MSY*) tagamine, seejuures pakkuda ka võimalikult häid püügitingimusi erinevatele huvirühmadele (Larkin 1977). Lisaks sellele on kalade kaitsmise eesmärk ka looduslike populatsioonide geneetilise mitmekesisuse säilitamine, mis soosib tugevaid järglasi ning sellel tuginevat ökosüsteemi toimimist (Johnston *et al.* 2013; Gwinn *et al.* 2015)

Seni on üks peamisi regulatsioonimeetodeid kalapüügipiirangute sätestamisel olnud laialdaselt liikide pikkuspõhine väljapüügipiirang, mille eesmärk on tagada olukord, kus igale kalale on antud võimalus vähemalt üks kord elu jooksul kueda (Ahrens *et al.* 2019). Paraku on seniste regulatsioonide tulemusena jõutud olukorda, kus inimtegevus põhjustab tugevat evolutsioonilist survet – isendite keskmised suurused populatsioonides nihkuvad järjest väiksemaks (Gwinn *et al.* 2015; Barnett *et al.* 2017). Sellel on mitmeid põhjuseid, kuid kõige ilmsem on alammõõdu rakendamise märkimisväärne suunav evolutsiooniline mõju kalapopulatsioonidele (Allen *et al.* 2013). Alammõõdu rakendamise järel saavad evolutsioonilise eelise väiksemate kehamõõtmete juures suguküpsuse saavutanud kalad, kuna suuremate ja vanemate kalade väljapüük on soositud (Gwinn *et al.* 2015). See tähendab, et keskmisest väiksemate mõõtmete juures suguküpsed kalad suudavad kueda vähemalt korra või enam, olukorras, kus keskmisest suuremate mõõtmete juures suguküpsuks saavad kalad ei pruugi, tugeva püügisurve tõttu, kudemiseni jõudagi (Johnston *et al.* 2013; Gwinn *et al.* 2015). Üks võimalus, kuidas olukorda leevendada, on rakendada lisaks alammõõdule ka ülemmõõtu, et kaitsta suuri, ent kaua kasvavaid kalu (Ahrens *et al.* 2019). Käesoleva töö eesmärk on anda ülevaade ülemmõõdu võimalikust mõjust kalaasurkondadele ning leida, kas püügivahemikud on rakendatavad ka Eestis.

Siinses töös kasutatakse püügivahemiku rakendamise näidetena haugi (*Esox lucius*) ja koha (*Sander lucioperca*). Need kalaliigid on Eestis ja Euroopas laialt levinud (Froese *et al.* 2020), kuid kannatavad piirkonniti tugeva ülepüügi all ning neil on täheldatud ka kalapüügist tulenevat suunavat mõju kehasuurusele (Lappalainen *et al.* 2016; Tiainen *et al.* 2017). Eestis reguleeritakse hetkel haugi ja koha püüki alammõõtude ning teiste regulatsioonidega (Internet 2 & internet 3). Kalade alammõõtu mõõdetakse kahel viisil: I – pikkus tähistab isendi pikkust suletud suust kuni sabakiirte alguseni, L – pikkus tähistab isendi pikkust suletud suust sabakiirte lõpuni (Internet 3). Haugi alammõõtu on Eesti kõikides veekogudes I – 400 mm ja L – 450 mm. Koha alammõõtu on Võrtsjärves I – 450 mm ja L – 510 mm, teistes veekogudes (k.a meres) I – 400 mm ja L – 460 mm (Internet 2 & internet 3).

Viimaste aastate Eesti kutseliste kalurite püügiaruannete kohaselt on saagikus ja kala keskmine suurus olnud üsna kõikuv, mis on samuti indikatiivne suure püügikoormuse kohta (Internet 1). Lisaks sellele leidub eelmainitud liikide kohta uurimusi eri riikidest, milles on katseliselt analüüsitud püügivahemike rakendamist ning selle mõju haugi ja koha asurkondadele. Need uuringud käsitlevad teemat liigipõhiselt ning on välja selgitanud optimaalse ülemmõõdu vajalikkuse lisaks alammõõdule (Allen *et al.* 2013).

Uurimistööga otsitakse vastuseid järgmistele küsimustele:

- (1) kas püügivahemike kehtestamine on asjakohane ning tõhus majandamisemeede, tagamaks kalavarude soodsa seisundi ning vähendamaks kalapüügist tulenevat evolutsioonilist survet kalaasruskondade pikkuselisele ja vanuselisele struktuurile?;
- (2) kas ja millistel tingimustel oleks võimalik püügivahemike rakendamine koha ja haugi asurkondadele Eestis?;
- (3) millised mõjutused võivad kaasneda kalakooslustes, kui valitud liikide majandamisel rakendada püügivahemikupõhist püügipiirangut?

2. Kalapüügi regulatsioon Eestis

Eestis Vabariigis on kalapüük reguleeritud peamiselt Kalapüügiseaduse (Internet 2) ja Kalapüügieeskirjaga (Internet 3) (sh piirkondlikud ja ajalised, kaitsealuste liikide, kalapüügivahendite kasutamise piirangud jms). Kalaliikide asurkondade kudekarjade kaitsmise üks peamiseid reguleerimise meetmeid on kalaasurkondadele kehtestatud alammõõdud, millest väiksemate kalade väljapüük ei ole lubatud (Internet 3). Selle töö kontekstis käsitletakse hetkel kehtivatest piirangutest kõige põhjalikumalt alammõõtu, sest see on püügivahemike kehtestamise aluseks.

2.1. Alammõõt (*Min-LL*)

Kaladele kehtestatud alammõõt kirjeldab pikkust, millest lühemad kalad tuleb tabamisel vabastada (Internet 3). See on liigiti ja sageli ka asurkonniti erinev, kuna arvesse võetakse erinevaid tegureid. Põhiliselt on need kalade geneetilised iseärasused, keskkonnatingimused, inimõju asurkondadele jpm. Alammõõdu kehtestamisel seisneb kalaasurkonda kaitsev mõju selles, et igal kalal peab olema võimalus vähemalt üks kord kueda (Johnston *et al.* 2014). Tavaliselt määratakse alammõõt nendele liikidele, kelle turuväärtus ja atraktiivsus püügiobjektina on suurim ehk teisisõnu – piirangu kehtestamise aluseks võetakse püügisurve (Gwinn *et al.* 2015). Alammõõtude määramise esmane prioriteet on hoiduda üleüügist ning seeläbi vee-ökosüsteemi dünaamikat võimalikult vähe mõjutada. Üldiselt defineeritakse seda läbi maksimaalse võimaliku saagikuse – kalakoosluste majandamisel tuleb toimida nii, et pikaajaliselt oleks kalade suremus piisavalt madal, et garanteerida maksimaalselt jätkusuutlik saagikus (*maximum sustainable yield*) (Larkin 1977). Üks võimalus tagada jätkusuutlik populatsioon, rakendades alammõõtu, on jälgida emaste isendite suguküpsuse saavutamise dünaamikat – selline meetod on üldiselt piisavalt efektiivne, et vältida üleüüki (Johnston *et al.* 2013).

Suure püügisurve all, kus suuremate isendite osakaal populatsioonis langeb, väheneb ka koetud marjaterade hulk, mis võib põhjustada olulisi nihkeid kalakooslustes saakkala-rööv kala vektoril (Larkin 1977; Allen *et al.* 2013; Johnston *et al.* 2014). Lisaks sellele on leitud, et hea geneetilise materjaliga kalade osakaalu vähenedes on maimude konditsioon halvem ning ellujäämus langeb. Sellise seose ilmumise põhjusteks peetakse suurte kalade poolt koetavate marjaterade kõrgemat kvaliteeti. Suuremate isendite koetud marjaterad on suuremad ja sisaldavad seetõttu enam varuaineid ning selliste marjaterade seas on ka geneetiline varieeruvus suurem. Seetõttu suudavad suuremate kalade koetud marjateradest koorunud noorjargud ka paremini muutlikes keskkonnatingimustes ellu jääda (Beldade *et al.* 2012; Carlson 2016).

Üheks võimalikuks mooduseks, et varem kirjendatud olukorda vältida, on muuta hetkel kehtivaid alammõõtusid. Paraku on hinnatud, et suurima jätkusuutliku saagi tagamiseks peaksid olema uued alammõõdud ligikaudu 2/3 suuremad, kui praegu kasutuses olevad mõõdud (töös käsitletud näidisliikide puhul) (Froese 2004; Tiainen *et al.* 2017; Vainikka *et al.* 2017). Seejuures ei saa jätta tähelepanuta ka ülikudejate (*mega-spawners*) fenomeni, mis seisneb suurte ja kvaliteetsete sugukalade võimes kueda keskmisest suuremaid, raskemaid ja elujõulisemaid marjateri (Beldade *et al.* 2012). Kui seesugused kalad alammõõtude tõttu asurkondadest välja selekteerida, saavad eelise varem, väiksemate kehamõõtmete juures kudeküpsuse saavutanud kalad (Gwinn *et al.* 2015). Nüüdseks on välja kujunenud kaks domineerivat olukorda. Esiteks looduslik olukord, kus isendil on võimalik kauem kasvada ning hiljem suguküpseks saada, mille tulemusena omab ta eelist väiksemate ja varem kudema suundunud liigikaaslaste ees. Teiseks on ülepüügi olukord, kus suured kalad on välja püütud. Sedasi saavutavad noorjärgud palju varem suguküpse, olles ikkagi suhteliselt edukad, sest konkurents liigi sees on väike (Froese 2004; Uusi-Heikkilä *et al.* 2015). Viimane olukord viib aga vastava kudekarja kääbustumiseni (Allen *et al.* 2013; Barneche *et al.* 2018).

2.2. Ülemmõõt (*Max-LL*)

Ülemmõõt on määratud pikkus, millest pikemad kalad tuleb vabastada. See on kehtestatud enamasti liigiti, ehkki leidub ka veekogu iseloomust sõltuvaid (Gwinn *et al.* 2015). Eestis ei ole veel ühelegi kalaliigile ülemmõõtu määratud, kuid mitmetes teistes riikides on see olnud aastaid kasutuses (Vainikka *et al.* 2017).

Kuna suured (vanemad) kalad on produktiivsemad kudejad, siis maksimaalse jätkusuutliku saagikuse seisukohast on oluline kaitsta ka suuremaid kalu. Sellest tulenevalt on mõistlik kehtestada ka ülemmõõt (*Max-LL*) (Gwinn *et al.* 2015; Tiainen *et al.* 2017; Vainikka *et al.* 2017). Ülemmõõtude määramise suhtes on ühiskonnas vastumeelsed hoiakud, sest see on seotud „trofeekalade“ vabastamisega ning seetõttu tuleb tähelepanu pöörata lisaks bioloogilisele komponendile ka sotsiaalsetele küsimustele (Johnston *et al.* 2013). Sellepärast tuleb siin arvestada ka optimaalse sotsiaalse saagi määraga (*optimum social yield*), et erinevatel huvigruppidel tekiks ja säiliks ülemmõõdu vajalikkusest samasugune arusaam (Johnston *et al.* 2014). Lisapõhjuseks ülemõõduliste kalade vabastamisele võiks olla ka n-ö „keskmise suurusega kalade“ (kes jäävad püügivahemikku) lihtsam väärindamine (Reddy *et al.* 2013; Gwinn *et al.* 2015). Seda saab järelda mitmetest turuuringutest, mis viitavad sellele, et inimesed eelistavad osta sellises suuruses kalu, millest saab

valmistada leibkonnale, Eestis keskmiselt 2,3 liiget (Internet 4), ühe söögikorra ehk 2-3,5 kg kala (Fluvià *et al.* 2012; Ewald *et al.* 2017).

2.3. Püügivahemik (HS)

Püügivahemik (*harvest slot*) on kombineeritud kalakaitse meetod. Seal on ühendatud alammõõt ja ülemmõõt, pidades silmas, et kalakooslustes ei toimuks olulisi vanuselisi ja suuruselisi muutuseid. Selle rakendamine on seni tähelepanu pälvinud eelkõige röövkalade püügi puhul, sest neile lasuv püügisurve on suur ning vajab seetõttu reguleerimist püügivahemike näol (Gwinn *et al.* 2015). Selle tagajärjel võib aga muutuda ka veekogu toiduahelate struktuur (Johnston *et al.* 2013; Gwinn *et al.* 2015). Et kalade väljapüük ei mõjutaks sihtliigi asurkonna suuruselist struktuuri – säilitatakse asurkonnas vanemaid ja suurte kehamõõtmetega kalu, kes sageli täidavad ülikudejate rolli (Barneche *et al.* 2018). Selline asurkonna struktuur on väga oluline just muutlike keskkonnatingimuste kontekstis. Erineva suurusega kalad koevad eri suuruse ja kvaliteediga marjateri (Kokkonen *et al.* 2015). Kui keskmistes või väga sobivates tingimustes on suhteliselt edukad kõik kudejad, siis suurte marjaterade eelis tuleb välja kehvemate, pigem muutlike keskkonnatingimuste juures (Beldade *et al.* 2012; Ahrens *et al.* 2019). Marjaterasse paigutatud suuremad ressursid võimaldavad kalade noorjärgudel paremini üle elada ebasoodsad perioodid. Sedasi suudavad ülikudejad tagada asurkonnale minimaalse vajaliku järelkasvu ka ebasoodsate keskkonnatingimuste korral (Barneche *et al.* 2018; Ahrens *et al.* 2019). Gwinn'i (2015) ja Arlinghauseni (2010) koostatud *HS vs Min-LL* katseliselt korduvalt tõestatud mudelite kohaselt on näha, et püügivahemike eelistamine ainult alammõõdu kasutamisele on selgelt õigustatud, sest näitab keskmise suurusega saakkala arvukuse tõusu ja samaaegselt ka suurte kalade tabamise suurenemist harrastuslikul ja kutselisel püügil.

2.4. Kalade ellujäämus püügijärgsel vabastamisel

Selektiivse väljapüügiga kaasneb paratamatult kala käitlemine ning enamasti ka väljaviimine tema loomulikust keskkonnast, isegi olukorras, kus kala peale püüdmist vabastatakse. Selline järsk muutus võib kala füsioloogilist seisundit olulisel määral mõjutada (Järvalt 2013). Ka oludes, kus lubatud mõõtudest erinevad kalad püügi järgselt vabastatakse, võib see siiski kaladele kaasa tuua vigastusi ning stressi, mis halvemal juhul võib viia isendite hukkumiseni. Vältimaks seisut, kus üleüldiselt vähendamiseks mõeldud meetmete tagajärjel vabastatud kalad hukuvad, on oluline välja selgitada kalade ellujäämus püügijärgsel vabastamisel (Johnston *et al.* 2014). Kui suremus osutub suureks,

tuleks korrigeerida kaaspüügil tabatud alamõõduliste kalade käitlemist (Pollock & Pine 2007; Järvalt 2013).

Püügijärgselt vabastatud kalade puhul tuleb silmas pidada, et sõltuvalt kala käitlemise tingimustest võib isend surra vahetult peale vabastamist (kohene suremus), 24-72 tundi peale vabastamist (lühiajaline suremus) või >72 tundi peale vabastamist (pikaajaline suremus) (Pollock & Pine 2007). Kohese suremuse puhul on kala veest välja võttes juba surnud või sureb püügivahendist vabastamise käigus. Lühiajalise suremuse saab omakorda jagada kaheks komponendiks: üks on kala väsitamise ja püügivahendist vabastamisel tekkinud vigastus, mille tõttu kala hiljem sureb,- ning teine on kala elujõulisuse vähenemine, mille tulemusena on suurem tõenäosus sattuda teiste röövkalade ja kiskjate ohvriks (Pollock & Pine 2007). Pikaajalist suremust on raske hinnata ning tihti on selle tõenäosust on peetud väga madalaks (Davis & Ottmar 2006; Johnston *et al.* 2014). Siiski võib kala püügijärgse käitlemise mõju olla pikaajalisele suremusele alahinnatud. Sageli on surma otseseks põhjuseks vabastamisel tekkinud kahjustuste tagajärjel akumulunud tegurid – vigastuste kaudu tekkinud haigused ja muud füsioloogilised kõrvalekalded (Pollock & Pine 2007; Johnston *et al.* 2014).

Kalade püügi- ja vabastamisjärgne ellujäämus on liigiti varieeruv. Selle talumist erinevate kalaliikide puhul on sageli väga raske võrrelda, sest see sõltub kala konditsioonist, suuruselt ja positsioonist toiduahelas (Froese 2004; Johnston *et al.* 2014). Näiteks ei ole alati võrreldavad anadroomsed ja paikset ühes veekogus elavad kalad. Kudejärgselt on anadroomsed liigid üldiselt väga halvas konditsioonis ning suremus on kõrge, kuid ühes veekogus elavad liigid suudavad kiiremini taastuda ning seetõttu on ka suremus madalam (Gislason *et al.* 2010; Johnston *et al.* 2014). Gislason jt (2010) on tõestanud, et suured röövkalad, kellel on kalakooslustes tippkiskja roll, on suutelised paremini saadud vigastustest taastuma ning ei ole nii tundlikud füüsilistele vigastustele. Seda seostatakse sellega, et tippkiskjad ei kaota peale vigastust nii suurt osa oma suhteliselt laiemast toidubaasist kui madalamal troofilisel tasemel asuvad kalad ning sellepärast taastuvad kiiremini (Davis & Ottmar 2006).

Kutselise kalapüügi puhul on suremus oluliselt suurem kui harrastuskalapüügil ning see on tingitud eelkõige püügivahendite iseloomust ja kaaspüüki sattunud kalade vabastamise eelse käitlemise eripäradest (Davis 2002). Kutselise püügi puhul saab kalade suremise liigitada kaheks: otsene suremine püügivahendisse sattudes ning vigastatud tagasiheidetud kala ja püügivahendist pääsenud kala suremus (Davis & Ottmar 2006). Kuna tagasiheidetud kala suremus sõltub suuresti saadud vigastustest ning liigi tundlikkusest, siis on keeruline hinnata täpset tagasiheidetud kalade suremise osakaalu (Davis *et al.* 2001). Pärast püüki vabastatud kalade suremust mõjutavad ka

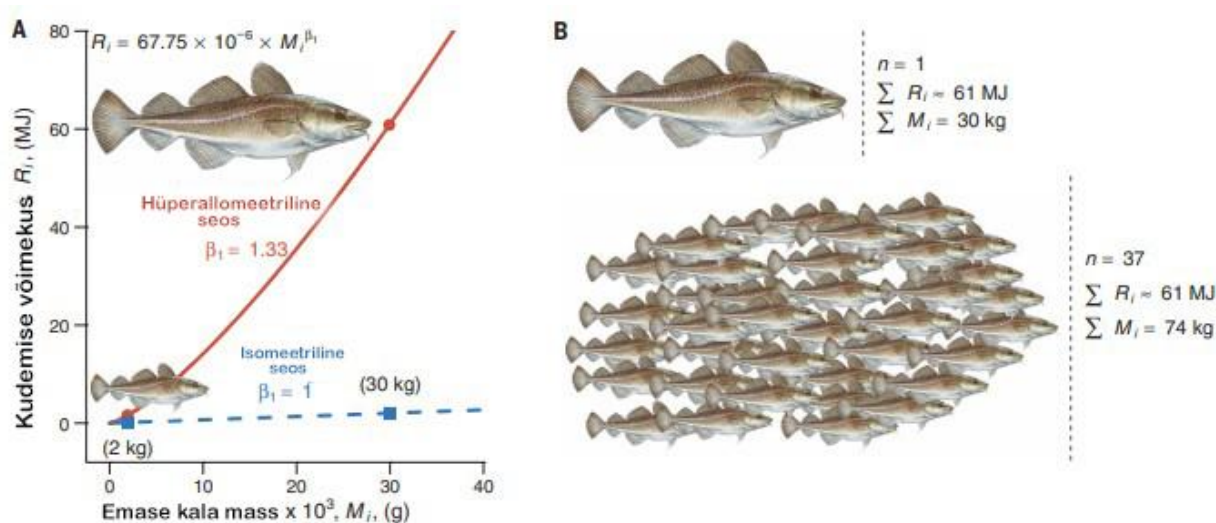
keskkonnatingimused. Peamised tegurid on veetemperatuur ja hapnikusisaldus vees, kuna anaeroobses seisundis vabastatud kalad ei suuda soojas ja hapnikuvaeses vees piisavalt kiiresti taastuda (vt joonis 1) (Davis 2002).



Joonis 1. Kalade suremust mõjutavad tegurid (kohandatud Davis 2002)

3. Püügivahemike rakendamise mõju kalakooslustele

Kala suuruse, vanuse ja viljakuse vahel on hüperallomeetriline seos (vt joonis 2), mis avaldub sigimisedukuses ning järglaste ellujäämuses (Gwinn *et al.* 2015; Barneche *et al.* 2018). Barneche'i jt (2018) uuringu kohaselt tuleks püügipiirangute ja püügivahemike kehtestamise puhul lähtuda eelkõige „suurte emaste“ kaitsmisest. Sellise kalakaitse strateegia rakendamisel tuleb kehtestada püügivahemik, sest ainult alammõõdu puhul satuksid produktiivsed kudejad suure püügisurve alla (Allen *et al.* 2013).



Joonis 2. Seosed kala suuruse ja viljakuse vahel (kohandatud Barneche *et al.* 2018)

Püügivahemike rakendamise puhul satuvad kõige suurema püügisurve alla „keskmise suurusega“ kalad (Ahrens *et al.* 2019). Ahrens (2019) ning Gwinn jt (2015) leidsid, et püügisurve suurtele ülikudejatele ei pruugi püügivahemike rakendamisega väheneda, kuigi kala tabajal on kohustus ülemõõduline isend vabastada. Selliste kalade püük on harrastuskalastajate seas ka püügivahemike rakendamise korral atraktiivne, sest psühholoogiliselt on ahvatlus püüda isiklik rekordkala suurem kui järgida õiguslikku ettekirjutust. Selle tulemusena võivad ülemõõdulised kalad püügi käigus viga saada ning püügivahemike rakendamine ei oma suurt mõju. Samas ei ole ka ülikudejate liiga suur arvukuse tõus veeökosüsteemidele kasulik, sest kalakooslused ja bioloogiline mitmekesisus on suuresti seotud kalade vanuselise struktuuri muutustega. Selliste biomassi nihete puhul võib kasvada näiteks saakkalade osakaal ja muutuda nendest sõltuvad üksused, mis võib viia abnormsete koosluste tekkeni (Barneche *et al.* 2018).

Seni läbiviidud püügivahemike rakendamise uuringutes ei ole eriti tähelepanu pööratud lepiskala ja zooplanktoni osakaalu muutustele, mis võivad alam- ja ülemmõõdu rakendamisega kaasned. Üldiselt on teada, et veekogude selgrootute osakaalu muutudes, võivad noorkalad areneda aeglasemalt või

toidupuuduse tõttu hukkuda (Reid *et al.* 2000; Ginter *et al.* 2011). Niisamuti on teada, et lepiskalade vähenemine võib samuti mõjuda kalakooslustele negatiivselt, sest suureneb konkurents röövkalade seas, mistõttu kannatavad osad isendid toidupuudust (Olin *et al.* 2002). Kui röövkalade püük toimub püügivahemike alusel, seatakse nad ökoloogiliselt paremasse positsiooni ning muutuda võib kogu kalakoosluse struktuur (Ahrens *et al.* 2019). Lisaks sellele ei rakendata lepiskaladele püügivahemikke (kuna nende arvukus on madalama püügisurve tõttu enamjaolt regulatsioonideta stabiilne), mis suunab veelgi röövkalade sigimisedukust ja arvukust tõusma, sest toidubaas ei vähene. Sedasi võib ebastabiilsete tingimustega veekogudes toimuda märkimisväärseid kõikumisi röövkala-saakkala vektoril (Arlinghaus *et al.* 2010; Gwinn *et al.* 2015). Kuna ei ole veel kindlaid andmeid, kas ja kui olulisel määral püügivahemikud veekogude üldist zooplanktoni ja lepiskalade osakaalu mõjutavad, tuleks neid küsimusi järgnevates uuringutes põhjalikult uurida.

4. Potentsiaalsete püügivahemike rakendamise näited eri liikide puhul

Selles töös on näidisliikideks valitud haug ja koha. Need liigid on valitud sellepärast, et nad on harrastuslikul- ja kutselisel kalapüügil olulised saakobjektid ning seetõttu tugeva püügisurve all (Internet 1). Lisaks sellele on mõlemad liigid esindatud nii Eesti siseveekogudes kui rannikumeres. Kuna Eestis ei ole veel ühtegi ülemmõõtu käsitlevat uuringut tehtud, siis lähtutakse Eestile geograafiliselt ja looduslikult kõige sarnasematele, Soomes tehtud uurimustele.

4.1. Haug

4.1.1. Haugi liigikirjeldus ja roll vee-ökosüsteemides

Haug on hauglaste sugukonda kuuluv liik, mis on Eestis levinud valdavalt mageveelistes veekogudes ja nõrga soolsusega riimvees (Ojaveer *et al.* 2003). Võrreldes teiste kalaliikidega saavutavad haugid suguküpsuse pigem varem ja kaaluvad ka rohkem – emaskalad 3-5-aastaselt, kaaludes 280-1200 g ja isaskalad 2-4-aastaselt, kaaludes 150-600 g. Üldreeglina on kalade suguküpseks saamisel nende suurus olulisem kui vanus, sest kiirekasvulised liigid saavad aeglasekasvulistest varem suguküpseks (Pihu 2006). Haug on Eesti vetes elavatest kaladest üks pikema elueaga kalasid, kelle maksimaalne vanus on tavaliselt 25-40 aastat (Hunt 2012). See on antud töö kontekstis oluline, sest pikema elueaga kaladel on suurem tõenäosus saada ülikudejateks (Carlson 2016). Tüsedusindeks FTI (L suhtes) on väiksemal (L < 45cm) 0,50-0,60, suuremal 0,62-0,75 (Pihu 2006).

Haug on kõikides veekogudes tippkiskja rollis, toitudes pea kõikidest kaladest, kes veekogus elutsevad, kaasa arvatud ka enda liigikaaslastest (Pihu 2006). Samas on ta ka Eesti üks tähtsamaid spordikalul, sest on laialt levinud ning ülikudejate osakaal saagis on valdavalt suur. Aastas püütakse harrastajate poolt kuni 170 t, kutseliste kalurite poolt Peipsi järvest ligikaudu 200-400 t (sellest Eesti poolel umbes 1/3), Võrtsjärvest 20-40 t, rannikumerest (eelkõige Väinamerest) 30-60 t ning Eesti teistest siseveekogudest 2-6 t haugi (Pihu & Turovski 2001).

4.1.2. Keskkonnategurite mõju haugipopulatsioonidele

Haug on saakkalade suhtes plastiline liik. Seetõttu ei pruugi mõne saakkala osakaalu vähenemine haugi toitumiskäitumist oluliselt mõjutada, kuna ta on võimeline kiiresti ümber spetsialiseeruma teistest liikidest toitumisele (Engström-Öst & Lehtiniemi 2004). Haugi mõjutavatest abiootilistest teguritest on kõige olulisemad inimtegevusest põhjustatud püügisurve (Carlson 2016) ja kliimaatilised tegurid (Winfield *et al.* 2008). Kuna haug on kiire kasvuga liik, siis on alammõõdust põhjustatud evolutsiooniline surve selgesti tajutav (Ahrens *et al.* 2019). Kliimaatilised muutused, eelkõige kliimasoojenemine ja sellega kaasnevad protsessid, mõjutavad haugi kudemisedukust ning kudemise ajastamise varieeruvust (Craig 2008; Winfield *et al.* 2008). Kudemisedukus on selgelt seotud suurveeperioodiga, kuna haug on kohastunud kudema üleujutatud aladel või nende vahetus läheduses (Ojaveer *et al.* 2003; Winfield *et al.* 2008). Lisaks sellele on leitud ka veekogude veetaseme reguleerimisega kaasnevaid probleeme, mis kajastuvad eelkõige haugi kudemise valeajastamises ning madalas kudemisedukuses (Craig 2008).

4.1.3. Haugi sigimisparameetrid

Haugi sigimisparameetrid sõltuvad mitmetest teguritest, eelkõige aga veekogu tüübist ja kudeala seisundist. S.t haugiasurkonna seisundi ja kudemisedukuse määramisel on peamine roll just koelmuualade ning noorkalade võimalike elupaikade ja toidubaasi (arvukus ning mitmekesisus – mida liigirikkam on veekogu, seda suuremad võimalused on olla edukas) seisundil (Arlinghaus *et al.* 2010; Carlson 2016). Haugi populatsiooni dünaamiliseks analüüsimiseks kasutatakse valdavalt Leslie-matriksi populatsiooni mudelit, mis eristab kalad vanuse järgi ning näitab nende edukust eri ajahetkedel (Caswell 2006). Selles mudelis on muutuvad tegurid: kalade kasvukiirus, kudemisedukus (maimude koorumise arv koetud marjateradest), koetud marjaterade arv ja suremus (Lester *et al.* 2004). Kuna selle töö raames on kõige olulisemad aspektid koetud marjaterade arv, sellest tulenev kudemisedukus ja kalade suurus, siis järgnevalt lähtutakse haugi populatsiooni edukuse kirjeldamisel eelkõige nendest teguritest.

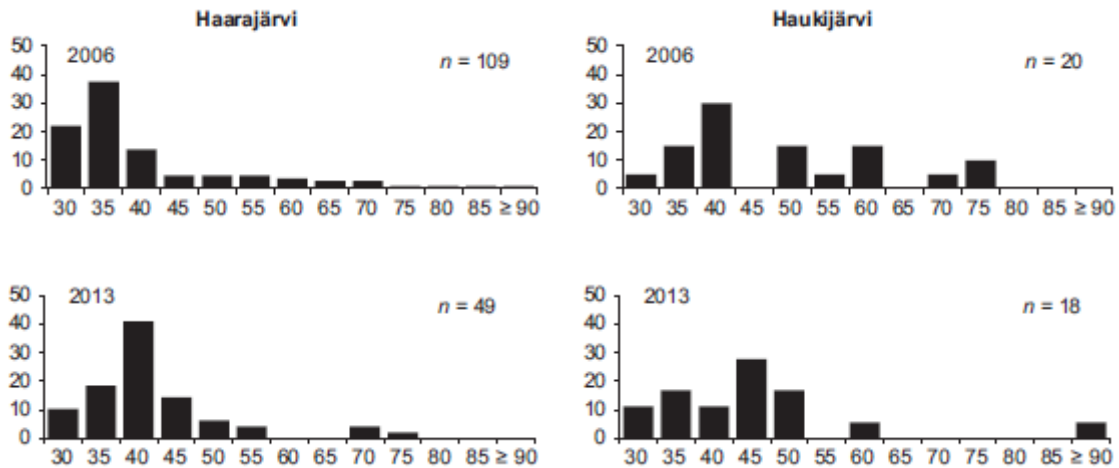
4.1.4. Haugi püügivahemik

Haugi alam- ja ülemmõõduga kombineeritud püügivahemikud on kasutusel mitmes riigis ning selle mõju liigi edukusele on olnud valdavalt positiivne (Arlinghaus *et al.* 2010). Olgugi, et see on olnud laiemalt kasutuses alates 21. sajandi algusest, puuduvad põhjalikud uuringud looduslikes tingimustes tehtud uuringute näol (Tiainen *et al.* 2017). Selles valdkonnas tõuseb esile 2016. aastal Helsinki Ülikooli teadlaste poolt (Tiainen *et al.* 2017) läbi viidud uuring, kus Soome metsajärvedel uuriti haugi püügivahemikke. Selle töö tulemused on sobivad ekstrapolatsiooniks ka Eesti kontekstis, sest uuringu mudelsüsteemi keskkonnatingimused on väga sarnased Eestis valitsevate oludega. Seetõttu käsitletakse käesolevas töös edaspidi haugi püügivahemikku puudutavas analüüsis Tiaineni ja kolleegide (2017) läbi viidud uuringut peamise alusallikana. Lisaks katsejärvedes valitsevatele sarnastele oludele Eesti järvedega, on analoogne ka sealne kalastuskultuur ja püügivahendid, seetõttu saab uuringu tulemusi kõrvutada ka Eestis toimuvate ökoloogiliste protsessidega.

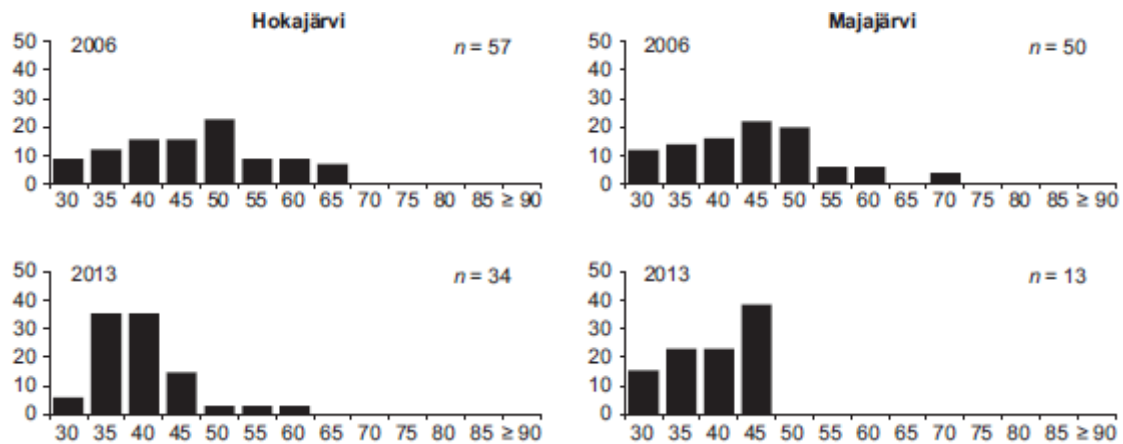
Tiaineni jt (2017) Soome järvedes läbi viidud haugi püügivahemike uuringus (2008-2012) vaadeldi nelja järve, milles rakendati menetlusi 2+2 põhimõtte järgi ehk samad katsetingimused seati kahele järvele korraga. Hokajärves ja Majajärves kehtestati alammõõduks 40 cm, mis oli välja arvatud nendel järvedel varasemalt tehtud uurimuste põhjal, mis näitasid keskmise emase haugi suguküpsiks saamise mõõtmeid. Haarajärves ja Haukijärves kehtestati püügivahemikuks 40-64,9 cm, sest populatsioonistruktuuri mudelite kohaselt on üle 65 cm pikkuseid haugisid nendes järvedes $\geq 5\%$ kogupopulatsioonist. Kuna neid järvi on aastakümneid põhjalikult uuritud, siis sobis haugi populatsiooni suuruse hindamiseks ka varem kasutatud leidnud Petersoni meetod (vt lisa 1) (Tiainen *et al.* 2017).

Enne uuringu algust oli haugide asustustihedus *HSL*-järvedes Haarajärves 14,8 isendit ha^{-1} ja Haukijärves 16,5 isendit ha^{-1} , *MLL*-järvedes seevastu 11,4 isendit ha^{-1} Hokajärves ja 16,5 isendit ha^{-1} Majajärves. Keskmise biomass oli 9,3 kg ha^{-1} Haarajärves, 11,3 kg ha^{-1} Haukijärves, 8,1 kg ha^{-1} Hokajärves ja 13,3 kg ha^{-1} Majajärves. Haugide pikkused (2006 - 2008 aastate keskmine) olid 42,7, 53,0, 46,7 ja 45,3, keskmised vanused 7,0, 9,2, 7,4 ja 6,7 aastat ning emaste kalade osakaal 40,7%, 45,0%, 46,8 % ja 39,4% vastavalt Haarajärves, Haukijärves, Hokajärves ja Majajärves (Tiainen *et al.* 2017).

Uuringu ajal (2008-2012) (vt joonis 3 ja joonis 4) tabati *HSL*-järvedes 309 kala, mis kaalusid kokku 150 kg (2,0-2,5 kg ha^{-1} aastas). *MLL*-järvedes tabati 204 kala, kogukaaluga 123 kg (2,0-3,8 kg ha^{-1} aastas). Sellest tulenevalt tabati protsentuaalselt kogu biomassi suhtes rohkem kala *MLL*-järvedest (30%).

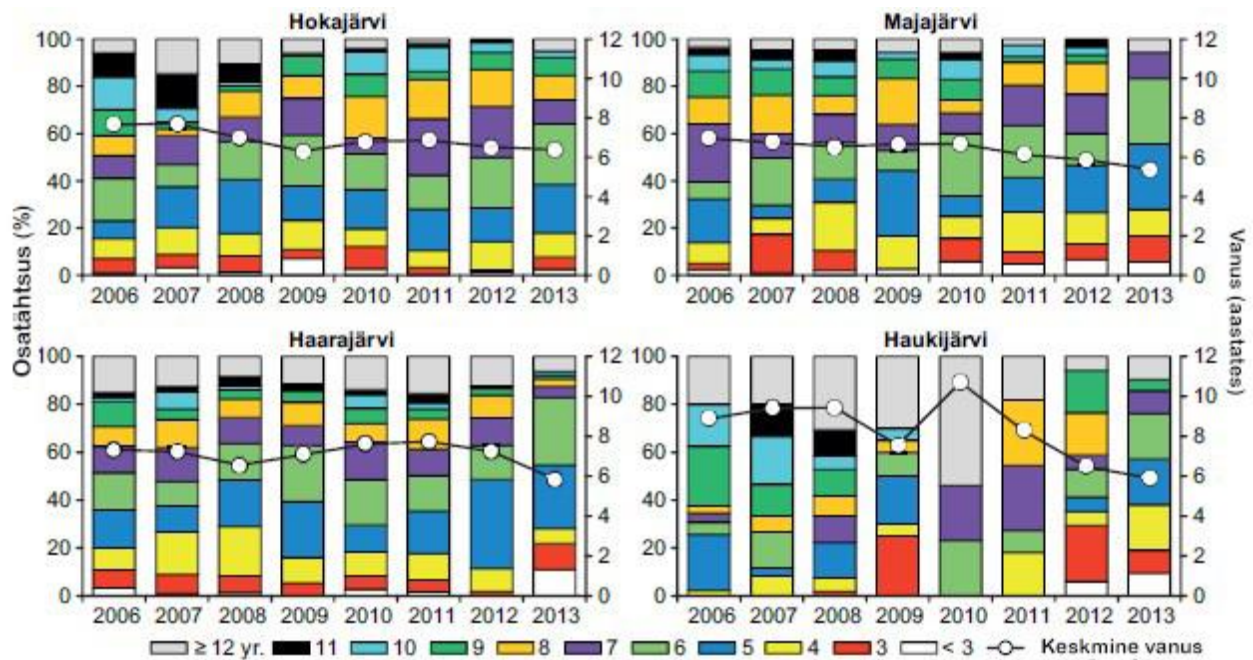


Joonis 3. Haugi keskmiste pikkuste muutos *HSL*-järvedes uuringu alguses ja lõpus (Tiainen *et al.* 2017)



Joonis 4. Haugi keskmiste pikkuste muutos *MLL*-järvedes uuringu alguses ja lõpus (Tiainen *et al.* 2017)

Tulemustest (Tiainen *et al.* 2017) saab järeldada, et järvedes, kus oli kasutusel alammõõt olid tulemused ootuspärased – alammõõdul on tugev suunav mõju kalade pikkuskasvule ning kalad olid neis järvedes keskmiselt väiksemad. Järvedes, kus oli püügivahemik, jaotus püügisurve ühtlasemalt erineva suurusega kalade vahel ning seetõttu on ülikudejate osakaal märkimisväärselt suurem (vt joonis 5) (Tiainen *et al.* 2017).



Joonis 5. Haugide vanuseline jaotumine ja keskmine vanus enne ja pärast katset (Tiainen *et al.* 2017)

Sellest tulenevalt võib väita, et haugidele kehtestatud püügivahemik on ratsionaalsem majandamisviis, kui ainult alammõõduga püügisurve jaotamine. *HSL*-järvede puhul on näha, et haugipopulatsioon on stabiilsem ning seejuures on ülikudejate osakaal suur (Tiainen *et al.* 2017). Seejuures on näha, et isegi väga lühikese aja jooksul on *MLL*-järvedes kalade jaotus ebäühtlustunud, suguküpsete kalade arv märgatavalt madalam ning ülikudejaid on kriitiliselt vähe (Carlson 2016; Tiainen *et al.* 2017).

Samale tulemusele jõuti ka Arlinghausi jt (2010) uuringus, kus leiti ka seos, et mida suurem on püügisurve, seda suurem tuleb erinevus *MLL*- ja *HSL*-järvede vahel. See on tähelepanuväärne ka seetõttu, et selles uuringus (Arlinghaus *et al.* 2010) kasutati Petersoni meetodi asemel Leslie-matriksi populatsioonimudelit ehk sarnased tulemused saadi erinevaid meetodikaid kasutades (Caswell 2006).

4.2. Koha

4.2.1. Koha liigikirjeldus ja roll vee-ökosüsteemides

Koha on ahvenlaste sugukonda kuuluv liik, mis on levinud Euroopas, Venemaal ja Põhja-Ameerikas. Eestis on tegemist looduslikult arvuka liigiga, kuid siinne koha on pigem leviku põhjapiiril (Ojaveer *et al.* 2003). Koha vajab kiiresti soojenevaid, vähese veeläbipaistvusega (suvisel ajal 0,7-2 m), vähese taimestikuga ja hapnikurikkaid veekogusid (Ojaveer *et al.* 2003; Froese *et al.* 2020). Siseveekogudest elab liik Peipsi järves, Narva veehoidlas, Võrtsjärves, Suures-Emajões, Väikses-Emajões ja 36 väiksemas järves. Lisaks sellele on koha levinud ka Eesti rannikumeres – Pärnu lahes, Väinameres ja Narva lahes (Erm 1981). Eluea ja suuruse jaotumise järgi on koha keskmise vanusega kala, kes võib kasvada suureks või väga suureks (>10000 g). Emaskalad saavad suguküpseks 4-5-aastaselt, kaaludes 600-1200 g ja isaskalad 2-4 aastasel, kaaludes 450-1000 g. Tüsedusindeks FTI (L suhtes) on väiksemal (L < 40 cm) 0,80-1,05, suuremal 1,10-1,35 (Erm 1981).

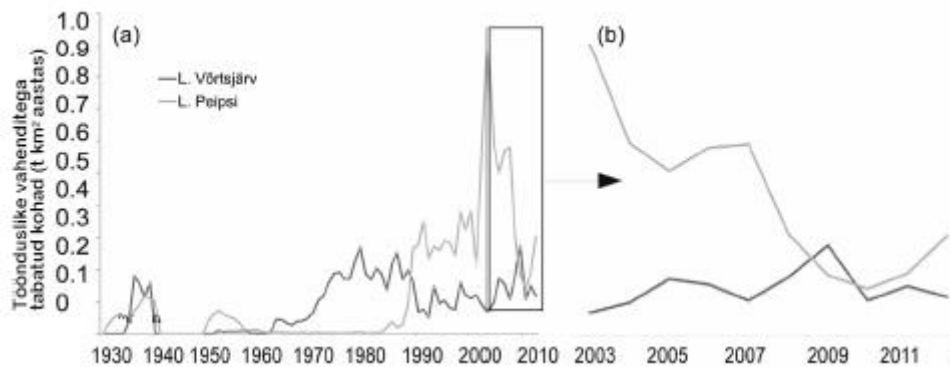
Koha on röövkala, kelle puhul on oluline, et samas veekogus elaks rohkelt ka erinevaid selgrootuid, sest noorjärgud vajavad enne teistest kaladest toitumise faasi neid toidubaasina (Erm 1981). Näiteks on Võrtsjärve ja Peipsi 0+ aastaste kohamaimude toidubaasis olulisel kohal vesikirbulised *Bosmina spp.*, *C. Sphaericus* ning erinevad aerjalalised (Ginter *et al.* 2011). Kohamaimud arenevad kalatoiduliseks eri veekogudes erineva kiirusega, kuid mitte varem kui 20-26 päeva pärast koorumist (Ojaveer *et al.* 2003). Enamasti lähevad kohad kalatoidule üle 5-6 cm pikkuselt (Ginter *et al.* 2012), kuid katsepüükide käigus on Pihkva ja Võrtsjärvest tabatud ka alla 4 cm pikkuseid kalatoidulisi kohasid (Erm 1981; Ojaveer *et al.* 2003). Koha toitub ahvenast (*Perca fluviatilis*), kiisast (*Gymnocephalus cernuus*), tindist (*Osmerus eperlanus morfa spirinchus*), räabisest (*Coregonus albula*), särjest (*Rutilus rutilus*), räimest (*Clupea harengus membras*), meritindist (*Osmerus eperlanus*) ja kohati ka latikamaimudest (*Abramis brama*) (Hunt 2012). Suguküpsete kohade toidubaas võib olla eri veekogudes varieeruv. Näiteks Peipsi järves peetakse koha kiire kasvu põhjuseks lisaks külluslikule toidubaasile tindimaimusid, millest tuleneb koha noorjärgude kiire arenemine (Ojaveer *et al.* 2003).

Sarnaselt haugile on ka koha veekogudes tippkiskja rollis, kes reguleerib tugevalt lepiskalade arvukust (Ojaveer *et al.* 2003). Koha on väga oluline töõndus- ja spordikala. Eesti rannikumeres (valdavalt Pärnu lahest) püütakse töõnduslikult aastas 65-71 t, Peipsist 900-1300 t (sellest Eesti poolel 600-700 t), Võrtsjärvest 67-72 t, teistest järvedest 600-900 kg (Pihu & Turovski 2001).

4.2.2. Keskkonnategurite mõju kohapopulatsioonidele

Kutselise kalapüügi suurimad saagid püütakse Eestis Peipsi järvest ja Võrtsjärvest, kuid viimastel aastatel on saagikuses olnud märkimisväärsed langused (Internet 1). Selle põhjuseks peetakse alammõõdust tingitud püügisurvet suuremate isendite suhtes ja kohale oluliste saakkalade (kelle püügisurve on samuti kõrge) - räabise (*Coregonus albula*) ja Peipsi tindi (*Osmerus eperlanus morpha spirinchus*), arvukuse langust (Kangur *et al.* 2007). Lisaks sellele mängivad rolli kliimaatilised muutused, mis põhjustavad eelkõige järvedes vee kiiret soojenemist ning sellega kaasnevaid protsesse (Pihu & Turovski 2001; Kangur *et al.* 2007).

Ginteri jt (2015) Peipsi ja Võrtsjärve kohapopulatsioonide dünaamika alammõõdu ja kliima soojenemise mõju uuringus kasutati statistilist analüüsi, mis võttis arvesse kutseliste kalurite püügiandmeid, harrastuskalastajate saagikust ning ilmastikuandmetest koostatud kliimaatilisi mudeleid. Lisaks sellele kasutati teaduslike traalpüükide aruandeid. Võrtsjärve analüüsiti alates 1960. aastast ja Peipsi järve alates 1980. aastast. Tulemustest selgus, et kliimasoojenemine ja selektiivne püügisurve alammõõdu näol mõjutasid nii Võrtsjärve, kui ka Peipsi järve kohapopulatsioone (Ginter *et al.* 2015). Kuna vaatlusperioodi (1960-2012; 1980-2012) lõpuaastatel olid keskmised temperatuurid aastaringselt ja suviti kõrgeenenud, esines mõlemas katsejärves perioodilist hapnikupuudust, mille tõttu hukkusid saakkalad ning koha noorjärgud (Kangur *et al.* 2007; Ginter *et al.* 2015). Selle tulemusena on näha järgnevate aastate (2009-2011) püügiandmetes ulatuslikke kõikumisi (Internet 1; Internet 4). Veel selgus uuringu tulemustest, et kalade alammõõd ei pruugi olla erinevatel aastatel võrdselt optimaalne. Aastatel, mil kohapopulatsioon oli suurema surve all, oli märgata koha isendite keskmise suuruse ulatuslikku kõikumist väiksema suunas (Ginter *et al.* 2015). Võrtsjärves kohale kehtestatud alamõõd 450 mm ja Peipsi järves kehtiv 400 mm ei mõjutanud kalade keskmise suuruse erinevusi nende järvede omavahelises võrdluses – Peipsist tabatud kohad olid keskmiselt suuremad kui Võrtsjärvest tabatud sama vanad kohad. See tulemus on tõenäoliselt seotud soodsama toidubaasiga ning sellest tuleneva koha kiirema kasvuga Peipsi järves (Arlinghaus *et al.* 2010; Gwinn *et al.* 2015; Ginter *et al.* 2015).



Joonis 6. Vörtsjärve ja Peipsi kohasaakide langus (Ginter *et al.* 2015)

Vetemaa jt (2014) Eesti rannikumeres läbi viidud uuringu põhjal saab väita, et lisaks siseveekogudes elutsevatele kohapopulatsioonidele on üsna suure osatähtsusega ka meres elavad asurkonnad. Alates 1960. aastatest on töenduslike vahenditega uuritud peaaesjalikult Pärnu lahe kohapopulatsioone. Saadud tulemuste põhjal on märgatud, et sealsed isendid on olnud alati keskmiselt väiksemad, kuid viimaste aastakümnete jooksul on asurkonnad kääbustunud. Seda seostatakse tugeva püügisurve ja alammõõdu suunava evolutsioonilise mõjuga (Lappalainen *et al.* 2016; Vetemaa *et al.* 2014). Lisaks sellele märgati ka töenduspüügi mõjul kudekarjade biomassi suuri langusi – 1960. aastatel oli need maksimaalselt 550 tonni, kuid 1998. aastal langesid keskmiselt 93 tonnini. Olukorra parandamiseks on loodud Pärnu lahte kunstkoelmuid, rakendati karmimad püügipiirangud ja pikendatud keeluaegasid ning alammõõt tõsteti 2018. aastal 440 mm pealt 460 mm-le (Vetemaa *et al.* 2014).

Selles uuringus on viidatud ka püügivahemike rakendamisele, millel, teoreetiliste andmete põhjal, oleks kohaasurkondadele positiivne mõju, kuna parandab populatsiooni vanuselist struktuuri. Selle abil suureneks ka ülikudejate osakaal, mis aitaks muuta sealsed kohaasurkonnad stabiilsemaks. Uuringus viidati ka sellega kaasnevale huvigruppide konfliktile, mis seisneb kutseliste kalurite vastasseisus, kuna nad kaotaksid püügivahemike rakendamisel algusaastatel märkimisväärse osa oma tulust (Vetemaa *et al.* 2014). Kuigi harrastuskalastajate koha kogusaak on marginaalne, ligikaudu 4 tonni aastas, siis võib püügivahemike rakendamine ka nende huve riivata, kuna keskmise püügipäeva peale õnnestub saada vaid mõned mõõdu kohad. Kui rakendada lisaks veel ka püügivahemikud, siis tähendab see, et tõenäoliselt jääks nende saak veelgi väiksemaks (Vetemaa *et al.* 2014).

4.2.3. Emaste kohade sigimisparameetrid

Kalavarude seisundi, suuruse ja taastootmisvõimekuse hindamiseks ei saa alati, eriti pikemaajaliste liikide puhul, lähtuda ainult kudevate kalade (kudekarja) biomassist. Väga olulised tunnused, mis mõjutavad kohade kudemisedukust, on kala vanus ja kehasuurus (Uusi-Heikkilä *et al.* 2015). Kuna vanemad ja paremas konditsioonis isendid (emaskalad) koevad rohkem marjaterasid ning nende maimud on pärast koorumist keskmiselt suuremad, omavad nad teiste liigikaaslaste ees ökoloogilist eelist (Kamler 2005; Vainikka *et al.* 2017).

Olin jt (2018) viisid kuuel Ida-Soomes paikneval järvel läbi uuringu, mille kohaselt emaste kohade sigimisedukus sõltub otseselt nende suurusest, konditsioonist ja vanusest. Uuringus olnud järvedest kolm (Pääjärvi, Höytiäinen ja Pielinen) olid oligotroofsed, ülejäänud järved (Pyhäjärvi, Vanajavesi ja Vesijärvi) olid meso-eutroofsed. Kõikides järvedes oli suur püügikoormus, püügivahenditena kasutati nakkevõrkusid, vedelit jt sportlikke püügivahendeid, seega ülikudejad olid tugeva püügisurve all (Olin *et al.* 2018).

Järv	Katsete toimumise aastad	Emaste kalade arvukus, n	Suguküpsed, %	Noorjärkude pikkused, mm	Suguküpsete pikkused, mm	Noorjärkude vanused, a	Suguküpsete vanused, a
Höytiäinen	2013	90	68,9	344 (228-449)	409 (358-585)	5,2 (3-8)	7,5 (6-11)
Pielinen	2013, 2014	170	41,8	341 (179-446)	431 (343-611)	5,2 (3-8)	7,7 (6-11)
Pääjärvi	2004, 2009-2012, 2014	163	33,7	241 (64-485)	453 (348-635)	3,5 (1-9)	7,0 (4-11)
Vanajavesi	2012, 2015	98	70,4	445 (365-543)	492 (406-825)	5,0 (4-7)	6,5 (4-12)
Vesijärvi	2004-2013, 2015, 2016	1472	41,6	314 (110-505)	484 (300-842)	3,2 (1-6)	5,2 (3-11)

Tabel 1. Koha erinevate asurkondade sigimisparameetrite uurimiseks kasutatud katsejärvede valimit kirjeldavad andmed (Olin *et al.* 2018)

Kohade viljakuse, vanuse, kaalu ja konditsiooni vaheliste seoste mõistmiseks kasutati *Fraser-Lee* meetodit, milles kõrvutati katsepüükidel saadud tulemused varem teadaolevatega ning modelleeriti modifitseeritud *Fraser-Lee* kõverad (Olin *et al.* 2018). Katsepüügid viidi läbi jaanuarist maini – perioodil, mil kohad kasvavad kõige aeglasemalt (enne aktiivse toitumistsükli algust). Mõned katsepüügid langesid ajavahemikku oktoobrist detsembrini, siis liideti isendite vanusele +1 aastat, võttes arvesse toitumistsükli järgset paremat konditsiooni (Olin *et al.* 2018).

Uuringu tulemused kinnitasid, et emaste kohade suguküpsus saabus vaadeldud järvedes erineval ajal (Olin *et al.* 2018). Kõige kiirem kohade kasv ja suguküpsuseks saamine oli Vesijärves, kus 3-, 6- ja 9-aastaste kalade pikkused olid vastavalt 289, 503 ja 719 mm. Höytiäineni järves oli kohade kasv kõige

aeglasem, samades vanusegruppides vastavalt 214, 352 ja 423 mm. Sellised erinevused on otseselt seotud kalade viljakusega, mis tuleneb eelkõige konditsioonist. Võimalike erinevuste ilmestamiseks – 420 mm pikkune (Soomes ka koha alammõõt) koha Vesijärvis kudes keskmiselt 168 marjatera/g, seevastu Pielineni järves 93 marjatera/g. Siinkohal on oluline märkida, et mida raskem on marjatera, seda suurem ökoloogiline eelis sellel teiste ees on (Uusi-Heikkilä *et al.* 2015; Olin *et al.* 2018).

Erinevused tulemustes on seotud mitmete teguritega (Olin *et al.* 2018). Kõige suuremat rolli mängivad toidubaas ja inimõju. Mida suurem on püügisurve järves, seda suurema suunava mõju alla sealne kohapopulatsioon satub. Seetõttu võivad alammõõdu piiril olevad kalad olla väheviljakad ning halvas konditsioonis. Toidubaas on tegur, mida selles uuringus otseselt ei arvestatud, kuid saab järeldada, et sellel on kalade konditsioonis oluline roll, sest erinevate järvede kohapopulatsioonides olid sama pikad isendid märkimisväärselt erineva vanusega (Berkeley *et al.* 2004; Olin *et al.* 2018). Nende järelduste põhjal saab väita, et alammõõdu määramine ei ole piisav ega otstarbekas kalapüüki reguleeriv meede, sest seab surve alla paremas konditsioonis ja produktiivsemad kohad. Parem regulatsioon oleks püügivahemike rakendamine, kuid selle jõustumisel peaks arvestama, et määratletud vahemik on igas järves erinev, sest on seotud järve iseärasuste ja toidubaasiga (Uusi-Heikkilä *et al.* 2015; Olin *et al.* 2018).

4.2.4. Koha püügivahemik

Kohal on elupaiga sobivuse suhtes mitmeid olulisi kriteeriumeid ning see liik on ka suhteliselt tundlik erinevatele biotilistele ja abiootilistele teguritele (Ojaveer *et al.* 2003). Järvalt jt (2013) Võrtsjärves tehtud koha suremust selgitavas uuringus selgus, et erinevate tegurite mõjul sureb aastas keskmiselt kõige rohkem 4-10-aastaseid kohasid ($F \approx 0,63$; $Z(\text{total}) \approx 1,2$). Sellises vanuses kalad on suguküpsed, kuid nendes esineb kohade vanuselise ja pikkuse suur varieeruvus (Lappalainen *et al.* 2016) ning seetõttu peavad püügiregulatsioonide kehtestamisel olema põhjalikult argumenteeritud otsused. Seni on Eestis koha uuritud väikejärvede, Peipsi, Lämmi ja Võrtsjärve ning rannikumeres (eelkõige Pärnu lahes ja Väinameres) tehtud uuringutega (Ojaveer *et al.* 2003). Üks lisavõimalus koha kaitsta on püügivahemike rakendamine. Selle olulisuse ja dünaamika selgitamiseks kasutatakse kahte Soomes Helsinki Ülikooli eestvedamisel tehtud koha uuringut. Need on valitud lähtematerjalina sellepärast, et koha püügivahemike uurimisel on Soome teadlased maailmas ühed eesrindlikumad, Soome on geograafiliselt Eestile lähedal ning uuringutes kasutatud järved on sarnased nende veekogudega, kus Eestis kohapopulatsioonid elutsevad (Pihu & Turovski 2001; Vainikka *et al.* 2017).

Koha on Eesti mageveekaladest turuväärtuslikult üks kallimaid ning ihaldatud püügiobjekt sportlike vahenditega püüdvatele kalameestele (Internet 1). Samasuguse surve all on koha ka teistes riikides,

eriti Skandinaavias (Kokkonen *et al.* 2015). Selles töös koha püügivahemikku käsitlevas peatükis lähtutakse Soomes tehtud uurimustele, sest uurimismeetodid on sarnased, mida kasutati ka haugi püügivahemike peatüki puhul ülalpool (v.t ptk 4.1.). Lisaks sellele on lähteandmete järved ja seal kehtinud riiklikud regulatsioonid väga sarnased Eesti oludega. Soomes on kohapopulatsioone põhjalikult uuritud viimase 70 aasta jooksul ning kujunenud on mahukad andmestikud katsepüükidelt (Vainikka *et al.* 2017). Varasemad tulemused ei ole enam praeguste keskkonnatingimustega võrreldavad, seetõttu analüüsitakse 1993-2017 aasta tulemusi. Lisaks sellele on Soomes kohustuslik osta paljudele järvele eraldi luba ning püügi lõpetades esitada tabatud saagi aruanne. Selline andmestik võimaldab pikaajalisi ja täpseid andmeid kohasaakide pikkuselise, soolise ja vanuselise jaotuse kohta. Neid andmeid arvesse võttes saab teada, millise suurusega kaladele on püügisurve kõige suurem ning kui suured on vastavas järves ülikudejad. Selle alusel saab kehtestada igale veekogule sobiva püügivahemiku (Kokkonen *et al.* 2015; Vainikka *et al.* 2017). Tagasiarvutustes kasutati *Fraser-Lee* meetodikat ja Petersoni meetodi modifikatsiooni, mille löid Vainikka ja Hyvärinen (Vainikka *et al.* 2017).

Vainikka jt (2017) koha püügivahemikke uurivas töös oli kuus Soomes oleva riikliku tähtsusega kohapopulatsiooni katsejärve: Höytiäinen, Oulujärvi, Pääjärvi, Pielinen, Vanajavesi ja Vesijärvi (mõned järved kattuvad eelmises alapeatükis emaste kohade reproduktsiooni karakteristikuid käsitlevate järvedega). Höytiäineni järv on seejuures teada, kui kõige suuremate tabatud kohadega järv Soomes, Oulujärvi ja Pielinen on ühed Soome suurimad järved ning Oulujärvis püütakse sportlike vahenditega aastas kõige rohkem koha (Vainikka & Hyvärinen 2012; Vainikka *et al.* 2017).

Järv	Pindala (km ²)	Aastane väljapüük, t	Aastane väljapüük ha kohta, kg	Koha alammõõt, mm	Kohade pikkus 6-aastaselt, mm	Kalade suremuse määr F, a
Höytiäinen	282,6	100	3,54	450	350,4	1,5
Oulujärvi	887	100	1,13	450	452,1	0,7
Pääjärvi	13,5	1,8	1,36	450	408,6	0,6
Pielinen	894,2	70	0,78	420	371,1	0,7
Vanajavesi	102,6	22	2,13	370	496,1	1,6
Vesijärvi	107,4	27	2,54	420	538,6	1

Tabel 2. Koha erinevate majandamisvõtete uurimiseks kasutatud katsejärvi ja sealseid koha asurkondasid kirjeldavad andmed (Vainikka *et al.*, 2017)

Analüüsi lähteandmed saadi varasemate harrastus- ja kutseliste kalurite esitatud aruannete ning katsepüükide tulemuste ühendamisel. Soomes on koha alammõõt 420 mm, seda otsustati

manipuleerida 50 mm-se astmega, kehtestades katsejärvedes 370 mm, 420 mm ja 470 mm pikkused alammõõdud. Ülemmõõdu väärtus määrati vastavalt kalurite tagasisidele, kui suured kalad on keskmiselt kõige suuremad, mida neil õnnestub tabada. Selle väärtus jäi kõige sagedamini 700 mm suuruseks, seega määrati ülemmõõduks 700 mm (Vainikka *et al.* 2017).

Uuringu tulemustest selgus, et sellise analüüsi kohaselt ei ole õigustatud kohale püügivahemike rakendamine. Ülemmõõdu kehtestamine aeglustaks vaid alammõõdust tingitud evolutsioonilisi populatsiooninihkeid – kääbustumine jätkuks sellegipoolest (Vainikka *et al.* 2017). Uuringu puudusena ei arvestatud aga ülikudejate suuremat reproduktiivsusevõimet ning neile lasuvat suurt püügisurvet (Froese 2004; Gwinn *et al.* 2015).

Teistest koha ülemmõõtu käsitlevatest uuringutest selgus, et kui võtta rangelt arvesse ka eelmainitud tegurid, siis on võimalik kohapopulatsioonide kaitsta ka püügivahemikega (Vainikka & Hyvärinen 2012; Kokkonen *et al.* 2015). Lisaks sellele ilmnes, et erinevates järvedes olid kohade kasvukiirused ja suguküpsuse saavutamine väga erinev. Siit ilmneb, et koha alam- ja ülemmõõdu väärtusi tuleks korrigeerida vastavalt järve biotilistele ja abiootilistele teguritele. Seega Soomes läbi viidud uuringute põhjal (Vainikka & Hyvärinen 2012; Vainikka *et al.* 2017) saab väita, et koha püügivahemike rakendamisel võib kaasneda positiivne mõju asurkondade seisundile.

5. Püügivahemikud haugi ja koha puhul Eestis

Haugile on rakendatud püügivahemik Eesti naaberriikidest Rootsis. Seal on kõikides riiklikes järvedes ja rannikumeres haugi alammõõduks L – 400 mm ja ülemmõõduks 750 mm (Internet 5) ehk ülemmõõt on alammõõdust 87,5% suurem. Koha puhul ei ole teadaolevalt veel püügivahemikke rakendatud. Seni rakendatud püügivahemikke analüüsid on näha varem välja toodud seost, kus ülemmõõt peaks alammõõdust olema ligikaudu $2/3$ suurem (Froese 2004; Tiainen *et al.* 2017; Vainikka *et al.* 2017), seda on järgitud ka püügivahemikke rakendades Rootsis.

Eesti puhul tuleks ülemmõõtude kehtestamisel lähtuda samuti hetkel kehtivatest alammõõtudest. Kuna valdavalt on ülemmõõt ligikaudu 60% alammõõdust suurem, siis haugi puhul võiks püügivahemik jääda vahemikku 450 mm (L) – 720 mm . Koha puhul võiksid püügivahemikud olla Võrtsjärves 510 mm (L) – 820 mm, teistes veekogudes 460 mm (L) – 740 mm. Need arvutused näitavad, millised võiksid olla Eesti püügivahemikud, võttes arvesse üldiseid trende, arvestamata teisi spetsiifilisi tegureid. Kindlasti ei saa lähtuda üksnes $2/3$ seosest, vaid eelistatult tuleks arvesse võtta veekogude eripärasid ning sealseid dünaamikaid. Sellest tulenevalt peab püügivahemike kehtestamisel vaatlema igat kohaasurkonda kui eraldiseisvat üksust (Ahrens *et al.* 2019; Froese *et al.* 2020). Eestis on üsna põhjalikult uuritud suuremaid siseveekogusid, osasid väikejärvi, rannikumerd ja Pärnu lahte – siinsete püügivahemike rakendamisel on see oluline, kuna pikaajalistele uuringutele toetudes on võimalik teha kaalutletud otsused (Internet 1 ja internet 4).

6. Järeldused

Viimase aastakümne jooksul on ilmnenu, et kalapüügist ja selle reguleerimiseks rakendatud piirmõõtud on kalade pikkuskasvule väga tugev evolutsiooniline suunav mõju (Johnston *et al.* 2013; Gwinn *et al.* 2015). Eelkõige on selle tulemust näha kalakooslustes toimunud muutustega – kalakarjades olevate isendite keskmised pikkused vähenevad ning väljapüügi aruannete kohaselt on ka saagikus üsna kõikuv (Johnston *et al.* 2014). Selleks, et leevendada alammõõdust tulenevat kalade käebustumist, on mõistlik rakendada püügivahemikke ehk alammõõdule lisaks rakendada ka ülemmõõtu (Paukert *et al.* 2001; Tiainen *et al.* 2017; Ahrens *et al.* 2019). Ülemmõõdu fenomen seisneb kalakooslustes suurte ülikudejate kaitsmises, kes on keskmiselt edukamad kudejad kui väiksemad kalad. Mitmekesisema suurusstruktuuriga asurkonnas säilib ka mitmekesisem genofond, marjaterad on parema kvaliteediga ning sageli on suured kalad ka sugulise valiku protsessides eeliseisus. Eriti oluline on suurte emaskalade arvukus populatsioonis, kuna just need kalad koevad kõige kvaliteetsemaid marjateri (Gwinn *et al.* 2015; Ahrens *et al.* 2019).

Üldiselt on leitud, et kalade vabastamine pärast tabamist on kalakaitselistelt efektiivne meetod. Sportlike vahenditega püüdes on täheldatud kalade püügijärgsel vabastamisel suuremat ellujäämist kui kutseliste vahenditega püüdes (Johnston *et al.* 2013). Mõningatel juhtudel võivad kalad olla vabastamise järgselt vähem elujõulised, kuna vabastamiseks tuleb nad oma loomulikust keskkonnast eemaldada. Kuna sellises olukorras omavad suurt tähtsust lisaks biootilistele teguritele ka abiootilised tegurid, siis on paratamatu, et osad kalad vabastamisjärgselt hukuvad (Davis & Ottmar 2006; Pollock & Pine 2007).

Haug on Eestis väga tugeva püügisurve all olev liik – sellest tulenevalt on märgata ka alammõõdu mõju isendite keskmise suuruse muutumisele (Ojaveer *et al.* 2003). Selles töös kasutatud uuringute põhjal saab väita, et haugile kehtestatud püügivahemikud on õigustatud ning kasutuses mitmetes riikides. Kuna haug on enamus veekogudes tippkiskja rollis, siis ei mõjuta seda liiki suurel määral, mis liigist on saakobjektid, kuna ta on võimeline üsna plastiliselt muutma oma suunitlust saakkaladele (Tiainen *et al.* 2017). Sellest tulenevalt saab järeldada, et püügivahemikest tingitud potentsiaalsed muutused lepiskalade ja zooplanktoni osakaalus ei oma liigi edukuse seisukohalt suurt mõju. Katsejärvedel leitud ülemmõõdu väärtused osutusid optimaalseteks - sealsetes järvedes võeti kehtestamise aluseks, et $\geq 5\%$ kogupopulatsioonist oleks sellise suurusjaotusega. See tähendab, et haugidele kehtestatud ülemmõõtu oli keskmiselt 40% suurem varasemalt kehtinud alammõõdust (Carlson 2016; Tiainen *et al.* 2017). Ka Eestis oleks otstarbekas haugile rakendada püügivahemikud. Ülemmõõdu rakendamise aluseks võetakse tavaliselt varasemalt kehtinud alammõõtu ning väga olulisel

kohal on ka veekogude spetsiifilised dünaamikad röövkala-saakkala jt toiduahelalistel vektoritel. Varasemalt on ülemmõõdnud olnud ligikaudu 2/3 alammõõdnudest suuremad, sellest tulenevalt võiksid Eesti haugi püügivahemikud jääda 450 mm (L) – 720 mm ligilähedale (Carlson 2016; Tiainen *et al.* 2017).

Koha on samuti Eestis tugeva püügisurve all olev liik ning märgata on ka kohaasurkondade kääbustumist (Ojaveer *et al.* 2003; internet 1). Töö tulemustest selgus, et kohale ülemmõõdu kehtestamine vajab põhjalikku eeltööd, kuna seda liiki mõjutab populatsiooni seisund, toidubaas, veekogu tüüp jms üsna suurel määral (Vainikka *et al.* 2017; Olin *et al.* 2018). Selles töös kasutatud uuringute põhjal saab väita, et kohale püügivahemike määramisel peab lähenema eri populatsioonidele spetsiifiliselt ning kui järgida pikaegseid trende antud veekogudes, siis on võimalik püügivahemikega edukalt koha kaitsta. Uuringus olnud ülemmõõdnud olid ligikaudu 40% varem kehtinud alammõõdnudest kõrgemad, kuid leiti, et 60% alammõõdu tõus võiks mõjuda veelgi efektiivsemalt (Kokkonen *et al.* 2015; Vainikka *et al.* 2017; Olin *et al.* 2018). Eelnevaid järeldusi silmas pidades võiksid Eestis kehtivad püügivahemikud olla Võrtsjärves 510 mm (L) – 820 mm, teistes veekogudes 460 mm (L) – 740 mm, kuid taaskord peab toonitama, et koha puhul peab arvesse võtma eriti rangelt eelnevaid teadmisi veekogudes toimuvaid ökoloogilisi protsesse ning võimalusel kehtestada uuritavatele veekogudele spetsiifilised püügivahemikud (Vainikka *et al.* 2017; Olin *et al.* 2018).

Kokkuvõte

Kalanduse intensiivistumine on maailmas laialt levinud ning kõige rohkem mõjutavad kalavarusid harrastuskalastajad ja kutselised kalurid. Kalavarude seis võib tugeva püügisurve all muutuda ebastabiilseks ning seeläbi mõjutada nii kohalikke kooslusi kui ka ökosüsteemi laiemalt. Selleks, et hoiduda kahjude tekkimisest, on kehtestatud kalapüüki reguleerivad piirangud. Käesolevas töös käsitletakse põhjalikumalt alam- ja ülemmõõtu ning nende kombineeritud vormi - püügivahemikke. Töö põhiline eesmärk on leida vastus, kas Eestis oleks võimalik püügivahemike rakendamine.

Püügivahemike eesmärk on tagada maksimaalselt jätkusuutlik populatsioon ning seeläbi tagada piisav kalarikkus, mis tagaks kõigi huvigruppide rahulolu. Lisaks sellele on püügivahemikud vajalikud, sest alammõõtud on tugev evolutsiooniline suunav mõju kalakoosluste käebustumise suunas. Veel on oluline, et kalakooslustes oleks suurte kalade ehk edukamate kudejate osakaal suur, sest ülikudejad koevad kvaliteetsemaid ja geneetiliselt mitmekesisemaid marjateri, millest kooruvad elujõulisemad noorjärgud.

Selles töös käsitleti nädisliikidena haugi (*Esox lucius*) ja koha (*Sander lucioperca*). Need liigid on valitud sellepärast, et neile lasub tugev püügisurve nii harrastuskalastajate seas, kes kalastavad sportlike vahenditega, kui ka kutseliste kalurite näol, kes tabavad neid töenduslike vahenditega. Nende liikide puhul järelitati püügivahemike rakendamise järgset positiivset mõju. Seega tuleks seda teemat põhjalikult edasi uurida ning uuringutesse kaasata ka teisi liike.

Vastused uurimisküsimustele.

Esiteks, püügivahemikud on asjakohased töös käsitletud nädisliikide puhul, sest nendel liikidel täheldati isendite arvukuse tõusu kalakooslustes. Uuringute kohaselt tõusis ka populatsioonisiselt ülikudejate osakaal.

Teiseks leiti, et püügivahemike rakendamisel tuleb põhjalikult uurida veekogudes olevaid dünaamikaid ning teada, kuidas sealsed kalakooslused võivad muutuda – kui need eelteadmised on olemas, siis on reaalne ka Eesti veekogudel kasutusse võtta püügivahemikud.

Kolmandaks, konkreetset vastust küsimusele, millised mõjutused võivad kaasneda kalakooslustes, kui püügivahemik rakendada valitud liikidel, ei leitud, kuna seda ei ole varasemalt uuritud. Võib eeldada, et ülikudejate osakaalu suurenedes satuvad saakkalad tugevama ökoloogilise surve alla, kuid hetkel vastavad sellekohased väited puuduvad. Seetõttu on vajalik seda küsimust põhjalikult edasi uurida.

Summary

The intensification of fisheries industries is a prevalent global problem that is accompanied by changes in fish resources which are mostly affected by anglers and professional fishermen. The state of fish resources may become unstable as a result of massive fishing intensification and thus have an effect on local population as well as ecosystem in general. Therefore, to prevent further damage to fish stocks, regulative restriction have been established. This study focuses on minimum- and maximum-length-limits and the combination of previous two – harvest-slot-limits. The aim of this research was to find out whether the implementation of these harvest slot limits would be applicable in Estonia as well.

The purpose of harvest-slot-limits are to ensure the most sustainable population preservation and species diversity which on top of that would also suit best for counterparties. In addition, harvest slot limits are necessary due to minimum-length-limits having a major evolutionary impact on size and age structure of fish populations, resulting in development of dwarfism. Maintaining adequate level of successful spawners is also important because of their ability to produce genetically diverse and high-quality roe which in turn ensures more viable offsprings in variable environmental conditions.

In this research, pike (*Esox lucius*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) were used as model species. These species were chosen because of major fishing intensification being applied to them as a result of anglers using fishing gear and professional fishermen catching them with industrial appliances. The positive effect of implementation of harvest slot limits was observed while monitoring the conditions of these species mentioned above. Thus, further research should be conducted including other species as well.

Answers to proposed questions:

Firstly, harvest slot limits are appropriate considering the species studied in this research because an increase in abundance of individuals was noticed in several fish populations. A rise in abundance of mega-spawners within a population was also noticed.

Secondly, it was found that knowledge on the environmental conditions and specific fish populations and communities are also needed when applying harvest-slot-limits in particular water-bodies and fisheries. If these factors are acknowledged then implementing harvest-slot-limits in Estonia might be a fine solution for pike and pikeperch.

Thirdly, the question about what kind of effects may occur in the structure of local fish communities and in food webs in general, when applying harvest-slot-limits on certain species has previously received negligible scientific attention. It could be presumed that the increase of the proportion of mega-

spawners may affect the populations of fish on the lower trophic levels even more, but this claim lacks evidence. Therefore this aspect in fisheries management and ecology should be researched more thoroughly in the future studies.

Tänuavaldus

Soovin tänada oma juhendajat, kes mind igakülselt nõustas ning suuniseid jagas! Äärmiselt tänulik olen ka Marie Laanistole, Markus Laanistole ja Anni Britta Pajomale, kes olid töö viimistlemisel hindamatuks abiks! Veel tänan oma perekonda, kes võimaldasid selle töö tegemist!

Kasutatud kirjandus

(Kasutatud ajakirja Fisheries kirjanduse loetelu stiili.)

- Ahrens, R. N. M., M. S. Allen, C. Walters & R. Arlinghaus. 2019. Saving large fish through harvest slots outperforms the classical minimum-length limit when the aim is to achieve multiple harvest and catch-related fisheries objectives.
- Allen, M. S., R. N. M. Ahrens, M. J. Hansen & R. Arlinghaus. 2013. Dynamic angling effort influences the value of minimum-length limits to prevent recruitment overfishing. *Fisheries Management and Ecology* 20(2–3):247–257.
- Arlinghaus, R., S. Matsumura & U. Dieckmann. 2010. The conservation and fishery benefits of protecting large pike (*Esox lucius* L.) by harvest regulations in recreational fishing. *Biological Conservation* 143(6):1444–1459.
- Barneche, D. R., D. R. Robertson, C. R. White & D. J. Marshall. 2018. Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science* 360(6389):642–645.
- Barnett, L. A. K., T. A. Branch, R. A. Ranasinghe & T. E. Essington. 2017. Old-Growth Fishes Become Scarce under Fishing. *Current Biology* 27(18):2843–2848.
- Beldade, R., S. J. Holbrook, R. J. Schmitt, S. Planes, D. Malone & G. Bernardi. 2012. Larger female fish contribute disproportionately more to self-replenishment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279(1736):2116–2121. Royal Society.
- Berkeley, S. A., M. A. Hixon, R. J. Larson & M. S. Love. 2004. Fisheries Sustainability via Protection of Age Structure and Spatial Distribution of Fish Populations. *Fisheries* 29(8):23–32. Taylor & Francis.
- Carlson, A. K. 2016. Trophy Northern Pike: The Value of Experimentation and Public Engagement. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 24(2):153–159.
- Caswell, H. 2006. Matrix Population Models. Page Encyclopedia of Environmetrics. American Cancer Society.
- Craig, J. F. 2008. A short review of pike ecology. *Hydrobiologia* 601(1):5–16.
- Davis, M. W. 2002. Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59(11):1834–1843.
- Davis, M. W., B. L. Olla & C. B. Schreck. 2001. Stress induced by hooking, net towing, elevated sea water temperature and air in sablefish: lack of concordance between mortality and physiological measures of stress. *Journal of Fish Biology* 58(1):1–15.

- Davis, M. W. & M. L. Ottmar. 2006. Wounding and reflex impairment may be predictors for mortality in discarded or escaped fish. *Fisheries Research* 82(1):1–6.
- Engström-Öst, J. & M. Lehtiniemi. 2004. Threat-sensitive predator avoidance by pike larvae. *Journal of Fish Biology* 65(1):251–261.
- Pihu, E. 2006. Meie kalad olelusvõitluses. *Kalastaja*. 32-46.
- Pihu, E & Turovski, A. 2001. Eesti mageveekalad. *Kalastaja*. 41-53.
- Ojaveer, E., Pihu, E. & Saat, T. 2003. *FISHES OF ESTONIA*. Estonian Academy Publishers. 152-158, 296-306.
- Ewald, C.-O., R. Ouyang, & T. K. Siu. 2017. On the Market-consistent Valuation of Fish Farms: Using the Real Option Approach and Salmon Futures. *American Journal of Agricultural Economics* 99(1):207–224. Oxford Academic.
- Fluvià, M., A. Garriga, R. Rigall-I-Torrent, E. Rodríguez-Carámbula, & A. Saló. 2012. Buyer and seller behavior in fish markets organized as Dutch auctions: Evidence from a wholesale fish market in Southern Europe. *Fisheries Research* 127–128:18–25.
- Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries* 5(1):86–91.
- Froese, R., H. Winker, G. Coro, N. Demirel, A. C. Tsikliras, D. Dimarchopoulou, G. Scarcella, M. L. D. Palomares, M. Dureuil & D. Pauly. 2020. Estimating stock status from relative abundance and resilience. *ICES Journal of Marine Science* 77(2):527–538. Oxford Academic.
- Ginter, K., A. Kangur, P. Kangur & K. Kangur. 2015. Consequences of size-selective harvesting and changing climate on the pikeperch *Sander lucioperca* in two large shallow north temperate lakes. *Fisheries Research* 165:63–70.
- Ginter, K., K. Kangur, A. Kangur, P. Kangur & M. Haldna. 2011. Diet patterns and ontogenetic diet shift of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fry in lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia). *Hydrobiologia* 660(1):79–91.
- Ginter, K., K. Kangur, A. Kangur, P. Kangur & M. Haldna. 2012. Diet niche relationships among predator and prey fish species in their early life stages in Lake Võrtsjärv (Estonia). *Journal of Applied Ichthyology* 28(5):713–720.
- Gislason, H., N. Daan, J. C. Rice & J. G. Pope. 2010. Size, growth, temperature and the natural mortality of marine fish. *Fish and Fisheries* 11(2):149–158.
- Gwinn, D. C., M. S. Allen, F. D. Johnston, P. Brown, C. R. Todd & R. Arlinghaus. 2015. Rethinking length-based fisheries regulations: the value of protecting old and large fish with harvest slots. *Fish and Fisheries* 16(2):259–281.

- Järvalt, A. 2013. Estimation of Fishing Mortality and Abundance of Pikeperch *Stizostedion lucioperca* (L.) in Lake Võrtsjärv, Estonia, by Virtual Population Analysis:6.
- Johnston, F. D., R. Arlinghaus & U. Dieckmann. 2013. Fish life history, angler behaviour and optimal management of recreational fisheries. *Fish and Fisheries* 14(4):554–579.
- Johnston, F. D., B. Beardmore & R. Arlinghaus. 2014. Optimal management of recreational fisheries in the presence of hooking mortality and noncompliance — predictions from a bioeconomic model incorporating a mechanistic model of angler behavior. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72(1):37–53.
- Kamler, E. 2005. Parent–egg–progeny Relationships in Teleost Fishes: An Energetics Perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15(4):399.
- Kangur, A., P. Kangur, K. Kangur & T. Möls. 2007. The role of temperature in the population dynamics of smelt *Osmerus eperlanus eperlanus m. spirinchus* Pallas in Lake Peipsi (Estonia/Russia). Pages 433–441 in R. D. Gulati, E. Lammens, N. De Pauw & E. Van Donk, editors. *Shallow Lakes in a Changing World*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Kokkonen, E., A. Vainikka & O. Heikinheimo. 2015. Probabilistic maturation reaction norm trends reveal decreased size and age at maturation in an intensively harvested stock of pikeperch *Sander lucioperca*. *Fisheries Research* 167:1–12.
- Lappalainen, A., L. Saks, M. Šuštar, O. Heikinheimo, K. Jürgens, E. Kokkonen, M. Kurkilahti, A. Verliin & M. Vetemaa. 2016. Length at maturity as a potential indicator of fishing pressure effects on coastal pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks in the northern Baltic Sea. *Fisheries Research* 174:47–57.
- Larkin, P. A. 1977. An Epitaph for the Concept of Maximum Sustained Yield. *Transactions of the American Fisheries Society* 106(1):1–11.
- Lester, N. P., B. J. Shuter & P. A. Abrams. 2004. Interpreting the von Bertalanffy model of somatic growth in fishes: the cost of reproduction. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 271(1548):1625–1631.
- Olin, M., M. Rask, J. Ruuhijärvi, M. Kurkilahti, P. Ala-Opas & O. Ylönen. 2002. Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *Journal of Fish Biology* 60(3):593–612.
- Olin, M., A. Vainikka, T. Roikonen, J. Ruuhijärvi, H. Huuskonen, M. Kotakorpi, S. Vesala, P. Ala-Opas, J. Tiainen, L. Nurminen & H. Lehtonen. 2018. Trait-related variation in the reproductive characteristics of female pikeperch (*Sander lucioperca*). *Fisheries Management and Ecology* 25(3):220–232.

- Paukert, C. P., J. A. Klammer, R. B. Pierce & T. D. Simonson. 2001. An Overview of Northern Pike Regulations in North America. *Fisheries* 26(6):6–13.
- Pollock, K. H. & W. E. Pine. 2007. The design and analysis of field studies to estimate catch-and-release mortality. *Fisheries Management and Ecology* 14(2):123–130.
- Reddy, S. M. W., A. Wentz, O. Aburto-Oropeza, M. Maxey, S. Nagavarapu & H. M. Leslie. 2013. Evidence of market-driven size-selective fishing and the mediating effects of biological and institutional factors. *Ecological Applications* 23(4):726–741.
- Reid, P. C., E. J. V. Battle, S. D. Batten & K. M. Brander. 2000. Impacts of fisheries on plankton community structure. *ICES Journal of Marine Science* 57(3):495–502. Oxford Academic.
- Tiainen, J., M. Olin, H. Lehtonen, K. Nyberg & J. Ruuhijärvi. 2017. The capability of harvestable slot-length limit regulation in conserving large and old northern pike (*Esox lucius*) 22:18.
- Hunt, T. 2012. Eesti kalad. Varrak. 17-42.
- Uusi-Heikkilä, S., A. R. Whiteley, A. Kuparinen, S. Matsumura, P. A. Venturelli, C. Wolter, J. Slate, C. R. Primmer, T. Meinelt, S. S. Killen, D. Bierbach, G. Polverino, A. Ludwig & R. Arlinghaus. 2015. The evolutionary legacy of size-selective harvesting extends from genes to populations. *Evolutionary Applications* 8(6):597–620.
- Erm, V. 1981. Koha. Pääsuke. 8-26.
- Vainikka, A. & P. Hyvärinen. 2012. Ecologically and evolutionarily sustainable fishing of the pikeperch *Sander lucioperca*: Lake Oulujärvi as an example. *Fisheries Research* 113(1):8–20.
- Vainikka, A., M. Olin, J. Ruuhijärvi, H. Huuskonen, R. Eronen & P. Hyvärinen. 2017. Model-based evaluation of the management of pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks using minimum and maximum size limits.
- Winfield, I. J., J. B. James & J. M. Fletcher. 2008. Northern pike (*Esox lucius*) in a warming lake: changes in population size and individual condition in relation to prey abundance. *Hydrobiologia* 601(1):29–40.
- Vetemaa, M., Albert, A., Eschbaum, R., Hommik, K., Hubel, K., Matetski, L., Rohtla, M., Špilev, H., Talvik, Ü. 2014. Koha Eesti Rannikumeres: arvukuse dünaamika, ränded ja optimaalne varu kasutuse strateegia. Eesti Mereinstituut.

Internetiallikad

Internet 1: Kalanduse aastaraamat 2018. Kalanduse teabekeskus. Kasutatud 11.03.2020, https://www.kalateave.ee/images/pdf/Eesti_kalamajandus_2018_veeb.pdf.

Internet 2: Kalapüügiseadus 2019. RT I, 06.07.2018, 13. Riigi teataja. Kasutatud 02.02. 2020, <https://www.riigiteataja.ee/akt/106072018013>.

Internet 3: Kalapüügieeskiri 2020. RT I, 03.12.2018, 8. Riigi teataja. Kasutatud 02.02.2020, <https://www.riigiteataja.ee/akt/103122019008>.

Internet 4: Eesti leibkondade muutused viimase sajandi jooksul. 08.10.2011, Statistikaamet. Kasutatud 04.03.2020, <https://blog.stat.ee/tag/leibkonna-suurus/>

Internet 5: Rootsi kalapüügieeskiri 2018. 01.01.2016, Svenska fiskareglar. Kasutatud 06.04.2020, <http://www.svenskafiskeregler.se/sv/pages/default.aspx>.

Lisa 1. Uuringutes kasutatud Petersoni meetod

Petersoni meetod

$$N_t = \frac{\left\{ \left[\left(\sum_{t_0}^{t_n} T_{\geq 35\text{cm}} S \right) + 1 \right] (n+1) \right\}}{(m+1) - 1}$$

Peteroni meetodis olevad muutujad on: t_0 ja t_n on esimene ja viimane mõõtmisaasta, $T_{\geq 35\text{cm}}$ on haugide arv, mis on mõõdetud $\geq 35\text{cm}$, S on aastane ellujäämuse määr, n on proovide arv, m on mõõdetud kalade arv uuringus.

Lisa 2. Alammõõdud teistel Eesti kaladel

Liik	l, mm	L, mm	Lisatingimmused
Ahven (<i>Perca fluviatilis</i>)	16	19	kehtib ainult meres
Angerjas (<i>Anguilla anguilla</i>)		35	kehtib ainult meres
		55	Võrtjärves, Peipsi, Lämmi ja Pihkva järves
		50	teistes siseveekogudes
Jõeforell (<i>Salmo trutta fario</i>)	32	36	
Jõevähk (<i>Astacus astacus</i>)		11	osaorgi tipust laka lõpuni
Latikas (<i>Abramis brama</i>)	30	35	Peipsi, Pihkva ja Lämmijärves, Emajões ja Väikeses-Emajões
Lest (<i>Platichthys flesus</i>)		21	28. alapiirkonnas
		18	29. ja 32. alapiirkonnas
Linask (<i>Tinca tinca</i>)	25	30	
Luts (<i>Lota lota</i>)		40	
Lõhe (<i>Salmo salar</i>)	55	60	
Meriforell (<i>Salmo trutta</i>)		50	
Rääbis (<i>Coregonus albula</i>)	10	12	
Siig (<i>Coregonus lavaretus</i>)	35	40	Peipsi, Pihkva ja Lämmijärves ning teistes siseveekogudes
	30	35	meres ja sinna suubuvates jõgedes
Säinas (<i>Leuciscus idus</i>)	32	38	meres ja sinna suubuvates jõgedes
Tursk (<i>Gadus morhua</i>)		35	
Vimb (<i>Vimba vimba</i>)	26	30	

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemisel

Mina, Laur Tammeorg,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Püügivahemike rakendamine kalaasurkondade majandamisel“, mille juhendaja on Lauri Saks, reprodutseerimise eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digiarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Laur Tammeorg

25.05.2020