

TARTU ÜLIKOOL
Bioloogia-geograafiateaduskond
Ökoloogia ja Maateaduste instituut
Hüdrobioloogia õppetool

Anne-Marin Nisumaa

RÄIME (*CLUPEA HARENGUS MEMBRAS*)
VILJAKUS LÄÄNEMERE KIRDEOSAS

Magistritöö

Juhendajad: *PhD*
Prof.

Tiit Raid
Toomas Saat

Tartu 2008

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Räime üldiseloomustus	6
1.2. Räime populatsiooniline struktuur.....	7
1.3. Räime toitumine.....	8
1.4. Kudemine ja kudealad	10
1.5. Räime migratsioonid.....	11
1.6. Räime viljakus	13
2. MATERJAL JA MEETODID	16
2.1. Materjal.....	16
2.2. Viljakuse määramine	19
2.3. Andmeanalüüs	19
3. TULEMUSED	22
3.1. Räime viljakus aastatel 2005/2006 võrrelduna varasema perioodiga.....	22
3.1.1. Absoluutne viljakus	22
3.1.2. Suhteline viljakus.....	27
3.2. Kevad- ja sügiskuduräime viljakus Liivi lahes.....	30
3.2.1. Absoluutne viljakus	30
3.2.2. Suhteline viljakus.....	34
3.3. Kevadräime keskmine viljakus Eesti rannikumere erinevates piirkondades 2005/2006. a.....	34
3.4. Liivi lahe kevadräime populatsiooni viljakus.....	36
4. ARUTELU.....	38
4.1. Räime viljakuse võrreldavad hinnangud 1970. aa. ning 2005/2006.....	38

4.1.1. Absoluutne viljakus	38
4.1.2. Suhteline viljakus.....	39
4.2. Kevad- ja sügiskuduräime viljakus Liivi lahes.....	40
4.2.1. Absoluutne viljakus	40
4.2.2. Suhteline viljakus.....	41
4.3. Kevadräime viljakus Eesti rannikumere erinevates piirkondades	42
4.4. Liivi lahe kevadräime populatsiooni viljakus.....	43
KOKKUVÕTE	44
SUMMARY.....	46
LISAD.....	53

SISSEJUHATUS

Paljunemisstrateegiad ja viljakus on kalade bioloogia ja populatsiooni dünaamika uurimuste ühed peamised teemad (Hunter *et al.*, 1992). Sellekohased tööd on vajalikud kalade reproduktiivpotentsiaali hindamiseks (Murua *et al.*, 2003). Populatsiooni marja produktsioon on kõige jäigem täiendi indikaator (Marshall *et al.*, 1998).

Räim (*Clupea harengus membras* L.) on üks võtmeliike Läänemeres, seda nii ökosüsteemsest kui ka majanduslikust aspektist. Räime arvukus ja isendite keskmine kehamass on viimastel kümnenditel oluliselt vähenenud, samas on suurenenud toidukonkurents kiluga (Raid & Kaljuste, 2006). Viimastel kümnenditel on samuti muutunud Läänemere keskkonna parameetrid (soolsus on vähenenud, kuna ei ole olnud suuremaid sissevoole Põhjamerest; eutroofsus on suurenenud) (MacKenzie & Köster, 2004). Mainitud nähtused võivad olla seotud muutustega räime viljakuses, sest liigisiselt võib viljakus varieeruda adapteerumisel elupaiga tingimustega (Witthames *et al.*, 1995) ning viljakust võib mõjutada ka keskkonnareostus (Johnson *et al.*, 1998).

Kirjeldatud muutused Läänemeres viimastel kümnenditel olid käesoleva uurimuse ajendiks. Viimased avaldatud uurimused räime viljakuse kohta Eesti vetes pärinevad 1970. aa. (Оявееэр, 1983, 1988; Раннак, 1970). Kalade viljakus varieerub aastati, tehes samas läbi pikaajalisi muutusi (Horwood *et al.*, 1986; Kjesbu *et al.*, 1998; Rijnsdrop, 1991). Sama võib eeldada ka Eesti vete räime populatsioonide osas.

Eesti vetes on neli kevad- ja kolm sügiskuduräime populatsiooni, kellel on erinevad morfoloogilised tunnused, küpsemistsüklid, kudemisaeg ja –koht, täiendi dünaamika ja kasvukiirus (Ojaveer, 2003).

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida räime viljakust erinevates Läänemere kirdeosa populatsioonides, ning selgitada, kas ja kuidas on viljakus muutunud viimastel kümnenditel ning kas täheldatud muutused räime arvukuses omavad seoseid viljakuse dünaamikaga.

Magistritöö esimeses osas antakse ülevaade räime toitumisbioloogiast, kudemisest ja kudealadest, migratsioonidest, populatsioonisisestest struktuurist ning viljakusest. Töö teises osas kirjeldatakse, kuidas ja millistest piirkondadest viljakuse proovid koguti ning tutvustatakse andmete analüüsimeetodeid. Magistritöö kolmas osa sisaldab töö tulemusi,

mida võrreldakse varasemates analoogsetes uuringutes (Оявееэр, 1983) saadutega, samuti võrreldakse kevad- ja sügiskuduräime viljakust Liivi lahes, kevadkuduräime populatsioonide vahel ning antakse ülevaade Liivi lahe kevadkuduräime populatsiooni viljakusest.

Autor tänab oma juhendajaid prof. Toomas Saati ja PhD Tiit Raidi töö valmimisel osutatud abi ja nõuannete eest. Lisaks pälvivad kiitust ja tänu kõik materjali kogumisel, töö vormistamisel ja andmete töötlemisel aidanud sõbrad ja kolleegid: Eevald Ojaveer, Olavi Kaljuste, Mart Kangur, Jüri Kolk, Heli Šhpilev, Leili Järv ja erinevad kalurid.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Räime üldiseloostus

Räim (*Clupea harengus membras* L.; joonis 1) on Atlandi ookeani heeringa (*Clupea harengus*) Läänemere alamliik. Liik *Clupea harengus* on tegelikult kaksikliik, ta koosneb kevad- ja sügiskuduheeringast (Läänemeres vastavalt kevadkudu- ja sügiskuduräimest) (Ojaveer, 1988, 2003). Kevad- ja sügiskuduräimed erinevad üksteisest morfoloogiliste, bioloogiliste, käitumuslike, populatsiooni dünaamika ja teiste parameetrite poolest. Morfoloogiliselt peetakse tähtsaimaks erinevuseks selgroolülide arvu. Kevadkuduräimel on keskmiselt 55,21-55,30 ja sügiskuduräimel keskmiselt 55,44- 55,56 selgroolüli (Rannak, 1988; Ojaveer, 2003). Kevad- ja sügiskuduräimed ei ole enamasti väliselt eristatavad. Siiski erineb sügisräim kevadräimest oluliselt keha proportsioonide poolest. Kui (vähemalt Liivi lahe) kevadräime isendite põhimassil on keha kiiljas, siis sügisräime isendite enamikul on keha kuju lähedasem käävjale. Sügisräime pea on madalam ja lühem, silmad väiksemad kui kevadräimel. Keha eesmine osa on sügisräimel madalam kui kevadräimel, mistõttu sügisräime keha kuju ongi lähedasem käävjale, keha kõrgus kahaneb keha kõrgeimast kohast nii ette- kui tahapoole ühtlaselt; kevadräimel on aga keha eesosa kõrgem, sellest kiiljas kuju. Sügisräimel on antedorsaalne ala veidi pikem, anteanaalne aga oluliselt lühem kui kevadräimel. (Оявееэр, 1988)

Sügisräime ja kevadräime on võimalik eristada otoliitide tunnuste põhjal, eriti esimese kasvutsooni laiuse järgi ja teise ning esimese kasvutsooni laiuse suhte alusel. Kevadkuduräime otoliidid on märksa pikemad kui sügiskuduräime omad. Sügisräime otoliitidel on esimese kasvutsooni laius palju suurem kui kevadräimel (Ojaveer, 1962, 2003; lisa 1 ja 2).

Sügis- ja kevadkuduräim on reproduktiivselt isoleeritud (Ojaveer, 2003). Üks olulisemaid erinevusi kevad- ja sügiskuduräime vahel on nende loodete arenguks optimaalne temperatuur, mis on evolutsioonis üsna konservatiivne. Mainitud optimaalne temperatuur on Läänemere, Vaikse ookeani ja Atlandi ookeani kevadheeringa puhul ligikaudu 7 °C, sügiskuduheeringatel kõrgem (Ojaveer, 2003).

Räim on pelaagilise eluviisiga kala, kes hoidub parvedesse. Läänemeres levib räime praktiliselt kõikjal. Tema jaotumus mere erinevates osades ja mitmesugustes veekihtides on tihedasti seotud toitumise, sigimise ja talvitumisega, olenedes mitmesugustest välisteguritest, esmajoones temperatuurist ja valgusest. (Ojaveer, 2003)



Joonis 1. Kevadkuduräim (autori foto)

Vaenlasi on räimel rohkesti, peale marjasööjate põhjakalade röövkalad (tursk, kammeljas jt.), hülged, kajakad. Toidukonkurents esineb noortel räimedel (kuni 10 cm) peamiselt kiluga (Бокова, 1954). Sügiskuduräime vaenlastest tõstetakse eraldi esile siiga ja emakala kui koetud marja vaenlasi (Mikelsaar, 1984).

1.2. Räime populatsiooniline struktuur

Läänemere avaosa elustik ja abiootilised keskkonna tingimused erinevad Liivi lahe, Soome lahe ja Botnia lahe omadest. Läänemere avaosas on põhjareljeefi ja tsirkulatsiooni alusel eristatavad piirkonnad, mille vahel paiknevad märkimisväärsed okeanograafilised gradiendid (soolsus, temperatuur, hapnikusisaldus, hoovused) ja madala toiduorganismide produktiivsusega alad osutuvad looduslikeks piirideks populatsioonide vahel. Lisaks neile kaudsetele mõjutajatele on hoovusi, mis mõjutavad kalade liikumisi otseselt, põhjustades

pelaagiliste embrüote, larvide, maimude ja täiskasvanute passiivset migratsiooni eriti talve madala aktiivsusega perioodidel. Muutused keskkonnas või populatsiooni suuruses võivad põhjustada muutusi populatsiooni levila piirides. (Ojaveer, 1989)

Erinevate merealade vahel erinevad kevadkuduräimed omavahel märksa rohkem kui sügiskuduräimed. Läänemeres domineerib praegusel ajal kevadkuduräim. (Ojaveer, 1989)

Ojaveer (2003) eristab Eesti vetes nelja kevadräime populatsiooni: Soome lahe, Liivi lahe, Läänemere kirdeosa avamereräime (Hiiumaa-, Saaremaa piirkond) ja Läänemere idaosa avamereräime (Irbe väina, Saaremaa) populatsioon. Kaks viimast on omavahel tihedalt seotud. Põhilised populatsioonidevahelised erinevused (morfoloogilised tunnused, küpsemistsükkel, kudemisaeg ja –koht, täiendi dünaamika, kasvukiirus) on seotud erinevustega põhilistes keskkonnategurites nagu temperatuur, soolsus, ökosüsteemi struktuur. (Ojaveer, 2003)

Sügisräimel eristatakse meie vetes kolm populatsiooni: Liivi lahe, Soome lahe ja avamere populatsioon (Mikelsaar, 1984).

1.3. Räime toitumine

Räime ontogeneesis ei ole selgelt kombineeritud endo- ja eksogeense toitumise perioodi. Esimene räime eksogeenne toit koosneb aerjalaliste vastsetest ja planktiliste organismide munadest. Suured räimelarvid toituvad nii adultsetest aerjalalistest kui ka nende vähikvastsetest. (Ojaveer, 2003)

Maimustadiumi algperioodil (pärast metamorfoosi) toituvad räimed aerjalalistest. Sügisel, kui räimede pikkus saavutab 6 cm algab ränne suurematesse sügavustesse, hakatakse toituma müsiididest ja kirpvähilistest. Üheaastased räimed toituvad peamiselt aerjalalistest, müsiididest, kirpvähilistest ja teistest selgrootutest. Räime ökoloogiliste gruppide toidu kompositsioon erineb selgesti. Erinevused suurenevad vanusega. Osa laheräimedest toituvad kogu elu jooksul suhteliselt väikesest planktonist. (Ojaveer, 2003)

Räime toidu stabiilsemaks aga ka olulisemaks komponendiks on aerjalalised: *Pseudocalanus*, *Limnocalanus*, *Eruytemora*, *Temora*, *Centropages*, *Acartia* (Ojaveer, 2003). Suvel esinevad toidus ka vesikirbulised, *Evadne* ja *Podon* ning sügisel *Bosmina*

(Ojaveer, 2003). Kevadel ja suvel kõige intensiivsemal toitumisperioodil mängib toidus märgatavat rolli zooplankton- *Eurytemora*, *Acartia*, *Temora*, *Pseudocalanus*, *Limnocalanus*, *Mesocyclops* (Lankov, 2002). Sügisel, kui zooplanktoni biomass väheneb, toitumise intensiivsus langeb ning räime toidus domineerivad müsiidid ja kirpvähilised (Ojaveer, 2003).

Mais-juunis mõjutab kevadräime toitumist paljunemistsükkel. Toitumisintensiivsus väheneb gonaadide suurenedes ja sigimisperioodi ajal räim peaaegu ei toitu. (Lankov, 2002)

Peale kudemist domineerib dieedis zooplankton, põhiliselt aerjalalised *Eurytemora* ja *Acartia*, augustis-septembris vesikirbuliste *Bosmina*, *Pleopsis* ja *Evadne* osakaal toidus tõuseb (Lankov, 2002).

1990. aa. algul lisandus mõnes mereosas (näiteks Liivi lahes) pelaagilisse toiduahelasse rööv-vesikirbuline *Cercopagis pengoi*. Selle invasiooni tagajärjeks on ühelt poolt täiendus toiduahelale saakloomade vähesuse korral, kuid teiselt poolt võib see kladotseer kutsuda esile toidukonkurentsi enda ja kalade noorjarkude vahel väikeste vesikirbulise *Bosmina*, keriloomade *Synchaeta*, *Keratella* ja aerjalaliste vähikvastsete pärast. (Lankov, 2002)

Läänemere avaosas on hooajalised variatsioonid toitumise intensiivsuses palju väiksemad kui lahtedes. Aastaajaliste muutuste tõttu temperatuuris ja toidu koguses on laheräimede toitumise intensiivsus suvel kõrgem ning väiksem sügisel ja talvel. (Ojaveer, 2003)

Sügiskuderäime larvid on võimelised toituma madalal temperatuuril (0,5-4 °C) (Lisivenenko, 1961). Üldiselt on toidu tarbimine ja koostis sügisträimel kevadräimega sarnane (Ojaveer, 2003). Erinevused toiduspektris tulenevad peamiselt erinevast elupaigast: kui sügisträim elutseb peamiselt põhjalähedastes veekihtides, asustab kevadräim peamiselt vee ülemisi kihte (Сушкина, 1954).

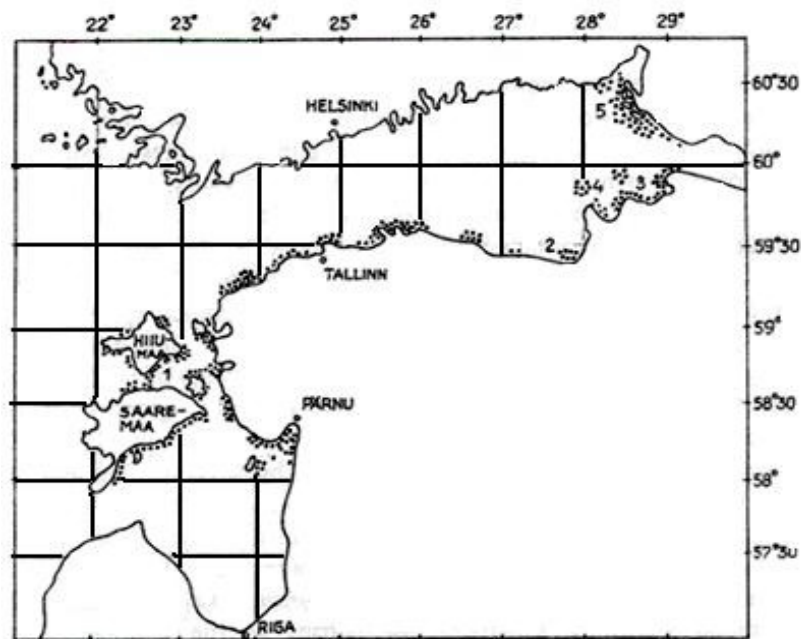
Temperatuuril alla 2 °C suguküps räim ei toitu, mistõttu näiteks Liivi lahes peab ta karmil talvel läbi tegema nälgimisperioodi (Николаев, 1956).

Läänemere räime ja kilu parimad toitumisalad on Bornholmi ja Gdanski süviku nõlvadel, Slupski nõos, Läänemere keskosas, Hoburgi pangal aga ka Gotlandi süviku idanõlval, Irbe väina lääneosas, Lääne-Eesti saarestikus, Soome lahe suudmes ning Gotska Sandöni ja Saaremaa vahelisel alal. (Ojaveer, 1981b)

1.4. Kudemine ja kudealad

Kevadkuduräim koeb ranniku lähedal olevatel aladel. Koelmud ja nende naabus on hiljem ka noorkalade kasvukohaks (Axenrot & Hansson, 2004). Mere kevadräim koeb kevadise kudemisperioodi alguses (aprilli lõpus-mais) ranna lähedal suhteliselt madalal temperatuuril 5-13 °C; lahe kevadräim koeb hiljem (mai lõpus-juunis) sügavamal ja soojemas vees (9-17 °C; Ojaveer, 1981a). Massiline kudemine algab veetemperatuuril 8-9 °C (Parmanne *et al.*, 1997). Kudemist ei ole Oulasvirta *et al.* (1985) andmetel täheldatud temperatuuril üle 15 °C.

Mere sügisräim koeb rannast eemal madalamatel aladel sügise kudemisperioodi alguses 16,5-8 °C juures, Riia lahe sügisräim koeb sügise kudemisperioodi teisel poolel veidi madalamatel temperatuuridel 12-7 °C (Ojaveer 1981a).



Joonis 2. Peamised räime kudealad Eesti vetes ja lähemates mereosades. 1- Kassari laht, 2- Narva laht, 3- Koporje laht, 4- Lavansaari, 5- Viiburi laht (Raid, 1998).

Soolsus kudealadel varieerub 3-7 ‰ (Ojaveer, 1981a). Koelmud paiknevad 4-15 (20) m sügavusega rannikualadel (Aneer, 1989; Rajasilta *et al.*, 1993; Rannak, 1988).

Mari on demersaalne, kleepudes põhjataimedele, peamiselt puna- ja pruunvetikatele (Mikelsaar, 1984). Kudealade suurust kontrollib eelkõige sobiva põhjataimestiku (*Pilayella*, *Sphacelaria*, *Ceramium*, *Furcellaria*) levik (Raid, 1985).

Oulasvirta *et al.* (1985) katsete andmetel kestis embrüonaalne areng 7,6 °C juures 12-15 päeva ning 12 °C juures 6-11 päeva. Koorunud vastsed on 5-6 mm pikkused (Järvekülg & Veldre, 1963). Umbes 30 mm pikkustena moonduvad nad maimudeks, kes hoiduvad põhjalähedastes kihtidesse, alguses 3-4 m sügavusse, hiljem järk-järgult sügavamale. Esimese eluaasta lõpuks kasvab kevadräim näiteks Liivi lahes 7-8 cm pikkuseks (Ojaveer, 1969), kuid kasvukiirus varieerub populatsiooniti oluliselt.

Peale kudemist migreeruvad kalad tagasi avamerre (Parmanne *et al.*, 1994).

1.5. Räime migratsioonid

Räime sesoonse vertikaalse jaotumuse ülevaatlisk skeem on kujutatud joonisel 3 (Ojaveer, 2003).

Läänemere avaosas ning Soome lahe lääneosas varieerub räime talvitumissügavus 60-120 meetrini. Levila sügavust limiteerib temperatuur (2-6 °C) ja hapnikusisaldus (vähemalt 1-1,5 ml l⁻¹). Sügavamas veekihis elavad peamiselt vanemad räimed. Nooremad räimed ja kilu domineerivad ülemistes veekihtides. Räime maimud ja üheaastased räimed kogunevad peamiselt rannaäärsetesse piirkondadesse, kus temperatuur on madalam aga hapnikusisaldus suurem. Liivi lahes ja Soome lahe idaosas talvitub räim peamiselt põhjalähedastes kihtides, sügavustes vähemalt 20 meetrit, temperatuuril 0-3 °C ja kohtades, kus vee hapnikusisaldus on kõrge. Talvitumisperiodil kogunevad räimed tihedatesse talvitumiskoondistesse. (Ojaveer, 2003)

Kevadel pinnakihtide temperatuuri tõusmisega 0,5-1 °C algab talvitumiskoonduste hajumine. Nooremad (põhiliselt mitte suguküpsed) räimed ja kilu tõusevad sojematesse ülemistesse kihtidesse või jäävad termokliini, kus saakloomade (sooja vee zooplankton) kontsentratsioon on kõige suurem. Suuremad räimed jäävad põhjakihtidesse, eelistatult halokliini segamistsooni. (Ojaveer, 2003)

Kudemisrännetes osalevad suguküpsed (tavaliselt 2-aastased ja vanemad) räimed. Räim siseneb kudemiseks rannatsooni tihedate parvedena, koos avamere sooja veega. Kui

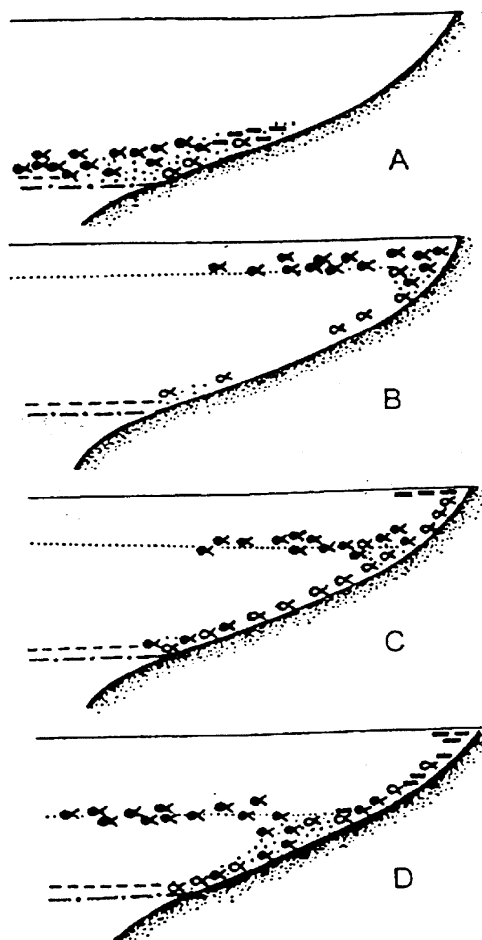
räim naaseb kudemisaladelt algab intensiivne toitumine sügavamates veekihtides. (Ojaveer, 2003)

Suvel on räim peamiselt kolmes veekihis: maimud on soojades pinnakihtides; noorjärgud elutsevad päeval termokliinis; põhjalähedastes kihtides on päevased toitumisparved, peale vanemate räimede kudealadelt naasmist, tihedamad kui kevadel. Üldiselt on räimed väga liikuvad ja toituvad suvel intensiivsemalt. (Ojaveer, 2003)

Sügisel räime aktiivsus väheneb. Peale termokliini kadumist pelaagilised koondised ja rannaäärsete kallakute parved hajuvad. (Ojaveer, 2003)

Toitumisperioodil võtab räim ette ka ööpäevaseid vertikaalseid rändeid. Parved elutsevad päevasel ajal põhjas või termokliini lähedal, kogunevad päikeseloojangul ja tõusevad ning veedavad öö pinnakihis. (Ojaveer, 2003)

Sügiskuduräim esineb juba alates larvistäadiumist sügavamates veekihtides kui kevadräim, levides peamiselt rannikulähedastel aladel. Suurem osa täiskasvanud ja noori sügisräimi hoidub kevadest sügiseni põhjalähedastesse veekihtidesse. Talvitumine toimub peamiselt rannikulähedastel nõlvadel. Sügisräime ööpäevane vertikaalne ränne ei ole nii intensiivne kui kevadräimel, vähenedes kevadest alates kuni selgelt väljenduvate vertikaalsete rännete puudumiseni sügisperioodil. (Ojaveer, 2003)



Joonis 3. Räime sesoonne jaotumine Läänemeres; A- talv, B- kevad, C-suvi, D-sügis. termokliin; ---- halokliin; -.-.- isoliin $1,5 \text{ ml l}^{-1} \text{O}_2$; segunemistsoon; o< vanemad räimed; ●< kilu ja nooremad räimed; — räime maimud. (Ojaveer, 2003)

1.6. Räime viljakus

Kala viljakus on küll liigipärane, kuid sama liigi isendeil siiski väga varieeruv. Eelkõige oleneb see kala suurusest, samuti kala elutingimustest, tema pärilikest omadustest ja teistest asjaoludest. Isegi suuruselt võrdsete liigikaaslaste viljakus võib ühes ja samas veekogus märgatavalt kõikuda. Kala toitumistingimuste paranedes tõuseb koos tema kasvu kiirenemisega ka viljakus. See loob eeldused kalaliigi arvukuse suurenemiseks veekogus. (Pihu, 1987)

Räime viljakuse varieeruvus on väga suur, sõltudes suuresti tema toitumisest gonaadide arengu ajal. Kirde-Läänemere räime individuaalse viljakuse suur varieeruvus on seostatav siinsete karmide talvitumisoludega, eriti Liivi ja Soome lahes. Põhjameres ja Läänemere lääneosas on heeringa (räime) absoluutse viljakuse individuaalne varieeruvus tunduvalt väiksem. Selle ilmseks põhjuseks on rikkam toidubaas ja pehmem kliimaga talved, mil heeringa toitumine ei katke. (Rannak, 1988)

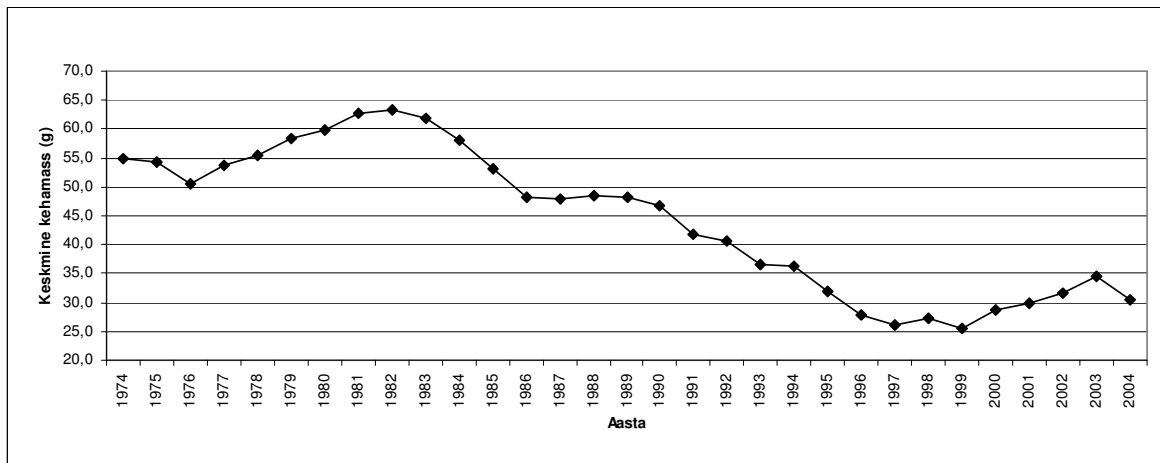
Vaatamata üksikute räimedele absoluutse viljakuse suurele varieeruvusele, sõltub viljakus nii kehamassist kui kehapiikkusest. Kala suurenedes suureneb ka viljakus. (Rannak, 1988)

Temperatuuril on otsene mõju kala metabolismi kiirusele, mis reguleerib kudemisprotsessi (Rajasilta *et al.*, 1996). Jääkatte kestvus mõjutab valgust ja toitumistingimusi meres (Rajasilta *et al.*, 1996). Madalam temperatuur (karm talv ja külm pikk kevad) võib nihutada kudemisperioodi algust hilisemaks ning takistada zooplanktoni arengut (Rannak, 1971). Temperatuuri kiire tõus kudemise ajal võib põhjustada suuremat loodete ja larvide suremust (Rannak, 1971). Kõige tähtsamad limiteerivad keskkonnatingimused, mis mõjutavad kevadkuduräime vanuserühma arvukust on temperatuur ja toidu kättesaadavus (Rannak, 1971).

Eesti rannikumere räime populatsioonide viljakust on varem põhjalikult uurinud E. Ojaveer (Ояевэр, 1983, 1988), L. Rannak (Раннак, 1970). Nende tööde tulemusi analüüsitakse põhjalikumalt arutelus.

Räime viljakuse uurimine on aktuaalne, kuna räime keskmine kehamass muutub Läänemeres.

Läänemere räimepopulatsioonides vanuserühmade keskmistes kehamassides võis 20-nda sajandi lõpul täheldada järgmisi trende. 1970. aastate lõpul – 1980-ndate aastate algul suurenes keskmine kehamass oluliselt. 1980. aastate teisest poolest hakkas keskmine kehamass kiiresti vähenema, moodustades 1990. aastate lõpul keskmiselt vaid ligikaudu 50% maksimumväärtusest. 1990. aastate keskpaigast räime keskmine kehamass stabiliseerus (joonis 4). Kirjeldatud muutused on aidanud kaasa kalastussuremuse tõusule viimasel kümnendil. (Raid, 1998)



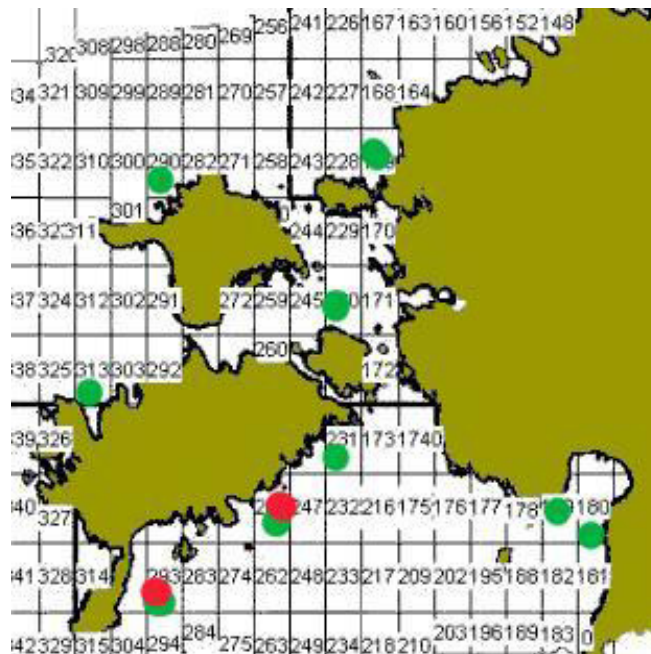
Joonis 4. Räime 2-6- aastaste isendite keskmise kehamassi dünaamika alampiirkondades 25-29 & 32 (piirkondade paiknemine lisas 3) 1974-2004 (ICES, 2005).

2. MATERJAL JA MEETODID

2.1. Materjal

Andmete kogumisel ja analüüsimisel peeti andmete võrreldavuse eesmärgil silmas varem tehtud uurimusi räime viljakusest Eesti vetes (Оявееэр, 1983; Раннак, 1970).

Sügiskuduräime proove koguti vaid Liivi lahe loodeosast (ICES'i [*International Council for the Exploration of the Sea*] tsoon 28-I; skeem lisas 9), kus koeb avameres elav sügiskuduräim (joonis 5). Kevadkuduräime viljakuse proove koguti Pärnu lahe suudmest, Liivi lahe loodeosast, Saaremaa loodeosast ja Hiiumaa loodeosast (tsoon 29-II), Väinamerest (tsoon 29-IV) ning Hara lahe suudmest (tsoon 32-I; joonis 5).



Joonis 5. Proovide kogumise kohad. Rohelised täpid tähistavad kevadräime viljakuse proovide kogumise kohti 2006. a. ning punased täpid sügiskuduräime viljakuse proovide kogumise kohti 2005. a.

Sügiskuduräime püüti Saaremaa piirkonnas võrkudega, mille silmasuurus oli 18-20mm (tabel 1). Kevadräime Saaremaa piirkonnas püüti seisevlooduga (silmasuurus 28mm),

Liivi lahe kirdeosast seisevnoodaga, mille silma suurus oli samuti 28mm, Väinamerest seisevnoodaga (silmasuurus 14 ja 28mm), Läänemere kirdeosast seisevnoodaga (silmasuurus 14 ja 28mm) ning Soome lahe lääneosast seisevnooda (silmasuurus 18mm) ja pelaagilise traaliga (silmasuurus 20mm) (tabel 1).

Tabel 1. Viljakuse proovide kogumise püügipäevad, -kohad, püünised ja veesügavus. (Lühendid tabelis: KV- kvadmaat, s/n- seisevnoot, Pel.tr.- pelaagiline traal.)

Sügisräim					
Saaremaa, 2005					
Püügipäev	7.09.	22.09.	23.09.		
Püügikoht	KV 261	KV 293	KV 261		
Püünis	Võrk (18-20 mm)	võrk (18 mm)	võrk (18-20 mm)		
Veesügavus	6-16 m	5-15 m	6-15 m		
Kevadräim					
Saaremaa, 2006					
Püügipäev	17.05.	25.05.			
Püügikoht	KV 293	KV 261			
Püünis	s/n (28 mm)	s/n			
Veesügavus	5 m	5 m			
Liivi laht, 2006					
Püügipäev	17.05.	30.05.	31.05.		
Püügikoht	KV 179	KV 180	KV 180		
Püünis	s/n (24 mm_)	s/n (24 mm)	s/n (24 mm)		
Veesügavus	8,5 m	3 m	5 m		
Läänemere kirdeosa, 2006					
Püügipäev	18.05.	27.05.	7.06.		
Püügikoht	KV 290	KV 290	KV 313		
Püünis	s/n (28 mm)	s/n (14 mm)	s/n (14 mm)		
Veesügavus	5-7 m	4-5 m	10 m		
Väinameri, 2006					
Püügipäev	16.05.	19.05.	25.05.	4.06.	8.06.
Püügikoht	KV 172	KV 230	KV 260	KV 230	KV 230
Püünis	s/n (24 mm)	s/n (28 mm)	s/n (14 mm)	s/n (28 mm)	s/n (28 mm)
Veesügavus	10-12 m	5-6 m	5 m	5-6 m	5 m
Soome lahe lääneosa, 2006					
Püügipäev	22.05.	23.05.	5.06.		
Püügikoht	KV 169	KV 169	KV 169		
Püünis	s/n (18 mm)	Pel.tr. (20 mm)	s/n (18 mm)		
Veesügavus	8 m	75 m	8 m		

Sügiskuduräime püüti 5-16m sügavuselt, kevadkuduräime Saaremaa piirkonnas 5m, Liivi lahe kirdeosast 3-8,5m, Väinamerest 5-12m, Läänemere kirdeosast 4-10m ning Soome lahe lääneosast seisevnoodaga 8m ja pelaagilise traaliga 75m sügavuselt (tabel 1).

Analüüsitud kalade arv piirkondade kaupa on tabelis 2.

Tabel 2. Viljakuse määramiseks kasutatud räimede arv.

Piirkond	Aasta, kuu	Isendite arv	Täispikkuse rühmad, cm
Liivi laht (sügisräim)	2005, september	43	14,5-21,5
Liivi laht (kevadräim)	2006, mai	48	11,5-20,5
Läänemere kirdeosa, 29-II	2006, mai, juuni	47	12,0-22,5
Väinameri	2006, mai, juuni	48	12,0-22,5
Soome lahe lääneosa	2006, mai, juuni	43	12,0-20,5

Suuremate pikkusrühmade puudumine analüüsis võib olla tingitud mitmetest asjaoludest: populatsiooni pikkuselisest koosseisust, erinevast püügiviisist erinevatel perioodidel ja püügiajast, kuna esmalt lähevad kudema suuremad/vanemad isendid ja seejärel järk-järgult väiksemad/nooremad (Rannak, 1971). Seega sõltub valimisse sattuvate kalade suurus (vanus) oluliselt kogumise ajastusest kudemisperioodi suhtes.

2006. a. mais ja juunis Liivi lahest kogutud proovid jagati peale nende kogumist ja vanuse määramist (määras töö autor) avamereräimeks ja laheräimeks, seetõttu ei ole Saaremaa ja Liivi lahe populatsioonide valimid esinduslikud. Saaremaa lõunarannikul esines proovides peamiselt avamere räim ja Pärnu lahe suudmes Liivi lahe laheräim (edaspidi nimetatakse Liivi lahe räimeks ja Saaremaa lõunarannikul kudevat räime Saaremaa piirkonna räimeks).

E. Ojaveer on kasutanud oma uurimustes andmeid 1959.-1976. a. (tabel 3). Põhjusel, et enamik vanemaid andmeid on kogutud 1970.-1976. a. siis joonistel väljendatakse Ojaveere andmeid 1970. aa.

Tabel 3. Viljakuse määramiseks kasutatud räimede arv Ojaveerel (Оявееэр, 1983)

Piirkond	Aasta	Isendite arv
Sügisräim		
Saaremaa	1959-1970	495
Kevadräim		
Saaremaa	1973, 1974, 1976	179
Hiiumaa	1973, 1974, 1976	221
Liivi laht	1973, 1974, 1976	257
Soome lahe lääneosa	1974	359

2.2. Viljakuse määramine

Viljakus määrati 2005. ja 2006. a. kokku 229 räimel. Kalad püüti veidi enne kudemisperioodi; viljakus määrati kaladel, kelle ootsüüdid olid ovuleerumata (gonaadid IV küpsusastmes).

Kalad valiti 0,5 cm sammuga pikkusrühmade kaupa. Sügisräimel olid valimis esindatud pikkusrühmast analüüsiti 14,5 kuni 21,5 cm ning kevadräimel 11,5 kuni 22,5 cm. Igast pikkusrühmast analüüsiti vähemalt 3 kala. Iga kala kaaluti (üld- ja sisusteta mass), mõõdeti üldpikkus, võeti otoliitidid vanuse määramiseks ning kaaluti gonaadid, millest võeti juhuslikust kohast kuni 2 grammine proov, mis fikseeriti 70 % etanoolis. Kaalumiseks kasutati laborikaalu Sartorius 600, täpsusega $\pm 0,1$ g. Hiljem laboris proov kuivatati kergelt kuivatuspaberil ning kaaluti uuesti, olemasolevast proovist eraldati (analüütilise kaaluga SPRLT TW2, $\pm 0,1$ milligrammi) 1-2 ~200 milligrammist proovi ning loendati manuaalselt marjaterad, viljakuseks loeti proovide keskmine väärtus. Seejärel arvutati ootsüütide hulk ühes grammis ja kogu gonaadis.

2.3. Andmeanalüüs

Analüüsis kasutati vaid neid pikkus-, kaalu- ja vanuserühmi, kus oli vähemalt kolm kala. Pikkusrühmad eristati 0,5 cm sammuga, kaalurühmad – 5 g sammuga. Kalade vanus määrati täisaastates

Räime suuruse ja viljakuse seose kirjeldamiseks vaadeldakse viljakust funktsioonina massist, pikkusest ja vanusest. Räime viljakuse andmeid analüüsiti MS Excel keskkonnas.

Absoluutne viljakus on defineeritud kui ootsüütide arv kala gonaadis (edaspidi F_1).

Absoluutse viljakuse ja kala suuruse seose väljendamiseks on paljud autorid (Baxter & Hall, 1960; Baxter, 1963; Hay & Brett, 1988; Hickling, 1940; Kändler ja Dutt, 1958; Polder & Zijlstra, 1959; Strzyzewska, 1960; Раһнак, 1970; Zijlstra, 1973; jt) kasutanud lineaarseid ja astmefunktsioone, mida kasutatakse ka käesolevas töös, et tulemused oleksid võrreldavad ajalooliste andmetega. Need arvutuslikud absoluutse viljakuse väärtused tähistatakse F_2 ;

$$F_{2W}=b*W-a \quad (1)$$

ja

$$F_{2L}=a*L^b, \quad (2)$$

kus W on kala üldmass ning L kala üldpikkus, a ja b on konstandid.

Suhtelist viljakust (F_3) on Раһнак (1970) ning Parmanne ja Kuittinen (1991) väljendanud funktsioonina kala massist ning pikkusest järgmiselt:

$$F_{3W}=F_1/W \quad (3)$$

ja

$$F_{3L}=F_1/L. \quad (4)$$

F_{3W} ja F_{3L} arvutati ka käesolevas töös.

Populatsiooni viljakus (F_P) arvutati Le Cren (1962) järgi.

$$F_P = N_{ke} * F_1, \quad (5)$$

kus N_{ke} on kudevate emaste arv piirkonnas.

Populatsiooni viljakuse arvutamisel eeldati, et emaste ja isaste suhe Liivi lahe kudekarjas on ligikaudu 1:1. Kuna Liivi lahe andmete hulk ei ole piisav, ei ole piirkondade vahelises võrdluses kasutatud vanemaid vanuserühmi (5 ja 7, 6- aastaseid ei esinenud), kuid neid kasutati populatsiooni viljakuse uurimisel, eeldades et nende räimed absoluutne viljakus esindab populatsiooni keskmisi vanuserühmade viljakust. 6- aastaste räimed viljakuseks võeti 5- ja 7- aastaste keskmine.

Keskväärtuste võrdlemiseks erineva dispersiooniga normaaljaotusega üldkogumite korral kasutati *Studenti t-testi* (Kiviste, 1999). Paarikaupa andmete keskmiste võrdlemiseks saab MS Exceli keskkonnas kasutada spetsiaalset protseduuri valides menüüst: *Tools, Data Analysis, t-Test: Paired Two Sample Assuming Unequal Variances*.

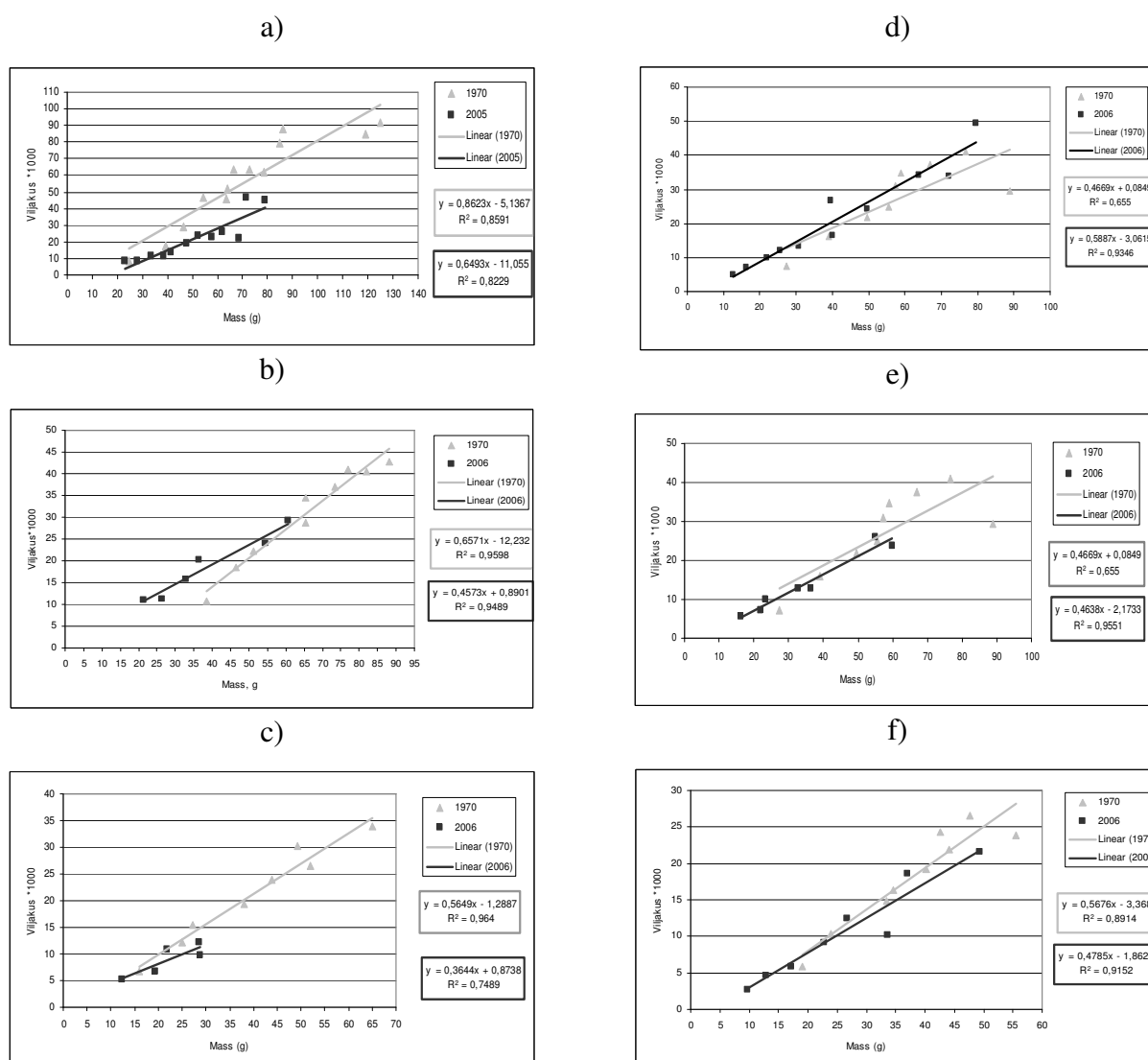
Lineaarse funktsiooni $F_{2w} = b * W$ -a konstandi b viga leiti: *Tools, Data Analysis, Regression* teel.

3. TULEMUSED

3.1. Räime viljakus aastatel 2005/2006 võrrelduna varasema perioodiga

3.1.1. Absoluutne viljakus

Räime viljakuse ja keskmise kehamassi seos



Joonis 6. Räime viljakuse ja keskmise kehamassi seos. ▲ - Оявеер (1983) ■- käesoleva töö andmed. Sügiskuduräimel a) Saaremaa piirkonnas; Kevadkuduräimel b) Saaremaa piirkonnas; c) Liivi lahes; d) Läänemere kirdeosas; e) Väinameres; f) Soome lahe lääneosas.

Viljakuse sõltuvust kehamassist iseloomustab Läänemere kirdeosas Оявеер (1983) ja Раннак (1970) järgi kõige paremini lineaarne funktsioon $F_{2W}=b*W-a$ (joonis 6).

Saaremaa piirkonna sügisräime viljakus kehamassi rühmades oli võrreldes E. Ojaveere (Оявеер, 1983) andmetega vähenenud kõigis kehamassi rühmades (joonis 6a). Kalad valimis olid kuni 50 grammi kergemad kui varem. Keskmine absoluutne viljakus oli 2005. a. sügisel 10 000 kuni 20 000 ootsüüdi võrra väiksem, kui ta oli sama massiga kaladel Ojaveere (Оявеер, 1983) andmete järgi. Saaremaa piirkonnas oli 2005. a. sügiskuduräimel konstant b väiksem ($b_{2005}=649$, $SE=95$), kui see oli varasemate uurimuste järgi ($b_{1970}=862$), mis tähendab, et varem oli viljakuse juurdekasv kala kasvades intensiivsem.

Saaremaa piirkonna kevadräime populatsiooni (joonis 6b) räimede keskmine kehamass oli käesolevate valimite põhjal langenud ~25 grammi võrra. Samas oli keskmine absoluutne viljakus suurenenud väiksemates massirühmades (20-50 g) kuni 10 000 ootsüüdi võrra ja oli püsinud E. Ojaveere andmetega samal tasemel keskmistes massirühmades (50-60 g). Suuremaid (>60 g) kalu käesoleva töö tarbeks püüda ei õnnestunud. Kevadräimel oli konstant b käesoleva töö andmetel väiksem ($b_{2006}=457$, $SE=53$), kui ta oli seda Ojaveere uurimuste järgi ($b_{1970}=657$).

Liivi lahe räimepopulatsioonist (joonis 6c) saadi absoluutse viljakuse määramiseks vaid väiksemaid isendeid ja olemasolevate andmete põhjal ei saa seetõttu teha põhjendatud oletusi viljakuse muutumise kohta.

Läänemere kirdeosas (joonis 6d) väiksemate massirühmade (10-30 grammi) absoluutne viljakus ei ole võrreldava varasema perioodiga muutunud, suuremates massirühmades (70-80 grammi) on see kuni 5000 ootsüüdi võrra suurem. Läänemere kirdeosas oli, erinevalt kõigist teistest uurimisaladest, konstant b väärtus suurenenud ($b_{2006}=589$, $SE=59$), seega Läänemere kirdeosas oli viljakuse juurdekasv intensiivsem, kui kolmkümmend aastat tagasi ($b_{1970}=467$).

Väinameres (joonis 6e) 2006. a. absoluutne viljakus ei ole oluliselt muutunud võrreldes Ojaveere (Оявеер, 1983) andmetega. Viljakuse juurdekasvu intensiivsus ei ole oluliselt muutunud ($b_{1970}=467$, $b_{2006}=464$, $SE=78$).

Soome lahe lääneosas (joonis 6f) oli absoluutne viljakus 2006. a. üsna sarnane varasematele andmetele. Suuremate kalade viljakus oli vähenenud maksimaalselt kuni 3000

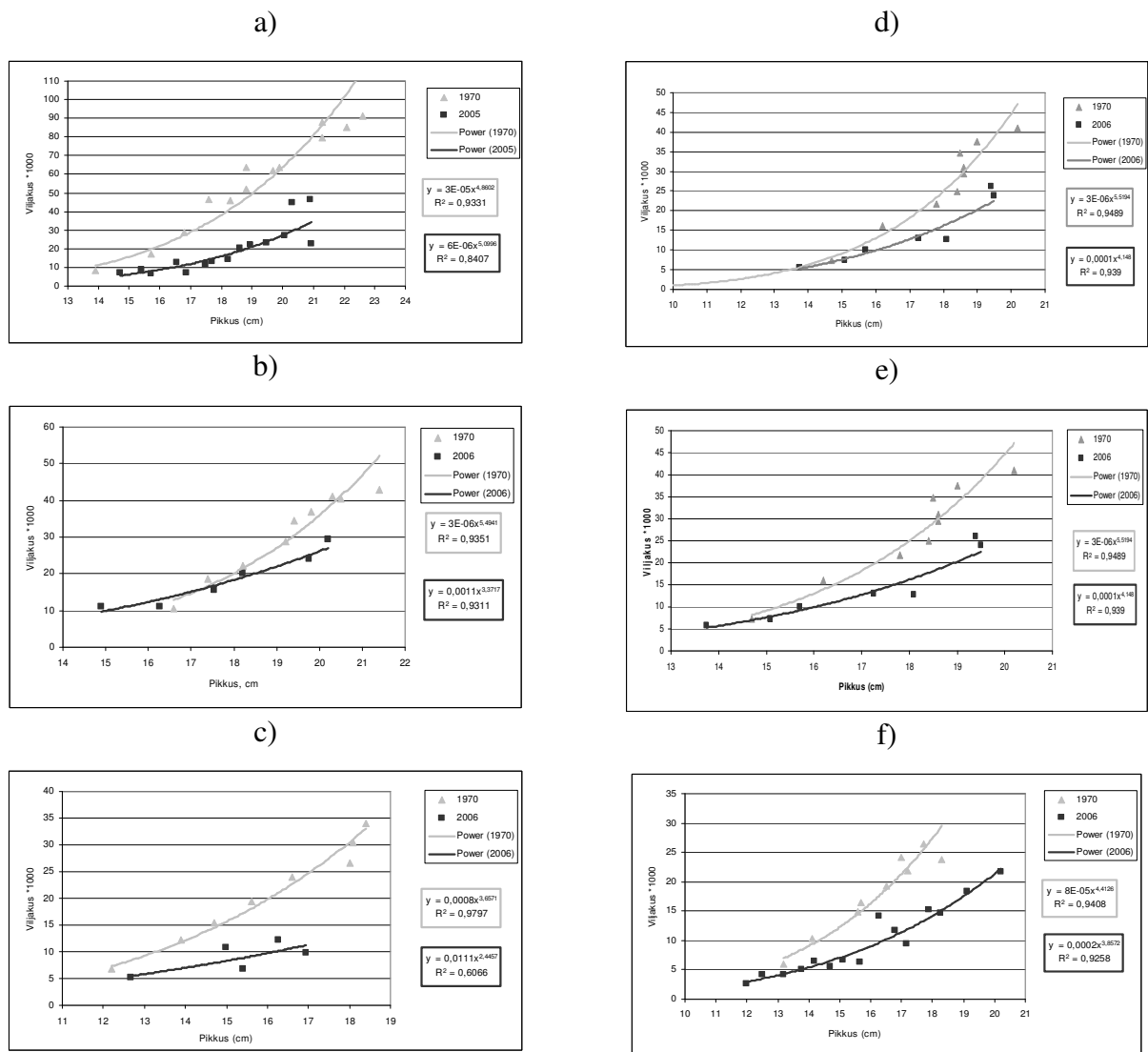
ootsüüdi võrra. Samuti Soome lahe lääneosas oli konstant b väärtus vähenenud ($b_{2006}= 478$, $SE=59$ ja $b_{1970}=567$).

Analüüsi tulemustest selgub, et enamikes piirkondades oli populatsiooni keskmine absoluutne viljakus (analüüsitud kaalurühmade keskmine absoluutne viljakus) vähenenud võrreldes E. Ojaveere andmetega: sügisräimel Saaremaa piirkonnas 71%, Liivi lahe kevadräimel 36%, Läänemere kirdeosas 44%, Väinameres 51% ja Soome lahe lääneosas 45%. Оявееэр (1983) andmete kogumise ajal oli viljakuse juurdekasvu intensiivsus kala kasvades kõrgem, kui 2005/2006. a.

Suuremate massirühmade puudumine käesoleva töö analüüsitud andmetes võib olla tingitud mitmetest asjaoludest: suurest püügi intensiivsusest, madalast kasvukiirusest aga ka erinevast püügiviisist erinevatel perioodidel ja püügiajast, kuna esmalt lähevad kudema suuremad/vanemad isendid ja seejärel järk-järgult väiksemad/nooremad.

Räime absoluutse viljakuse ja keskmise kehapiikkuse seos

Eelnevaid uurimusi (Baxter & Hall, 1960; Farran 1938; Hickling, 1940; Kändler & Dutt, 1958; Оявееэр, 1983; Рашнак, 1970) arvestades leiti, et Läänemere kirdeosa absoluutse viljakuse kehapiikkusest sõltuvuse väljendamiseks sobib kõige paremini astmefunktsioon $F_{2L^*}=a*L^b$ (joonis 7). Käesoleva töö andmetel oli räime viljakus pikkusrühmades vähenenud, mis on loogiline, arvestades pikkusrühmade keskmise kehamassi vähenemist. Eriti selge oli erinevus suuremate pikkusrühmade räimedel (joonis 7).

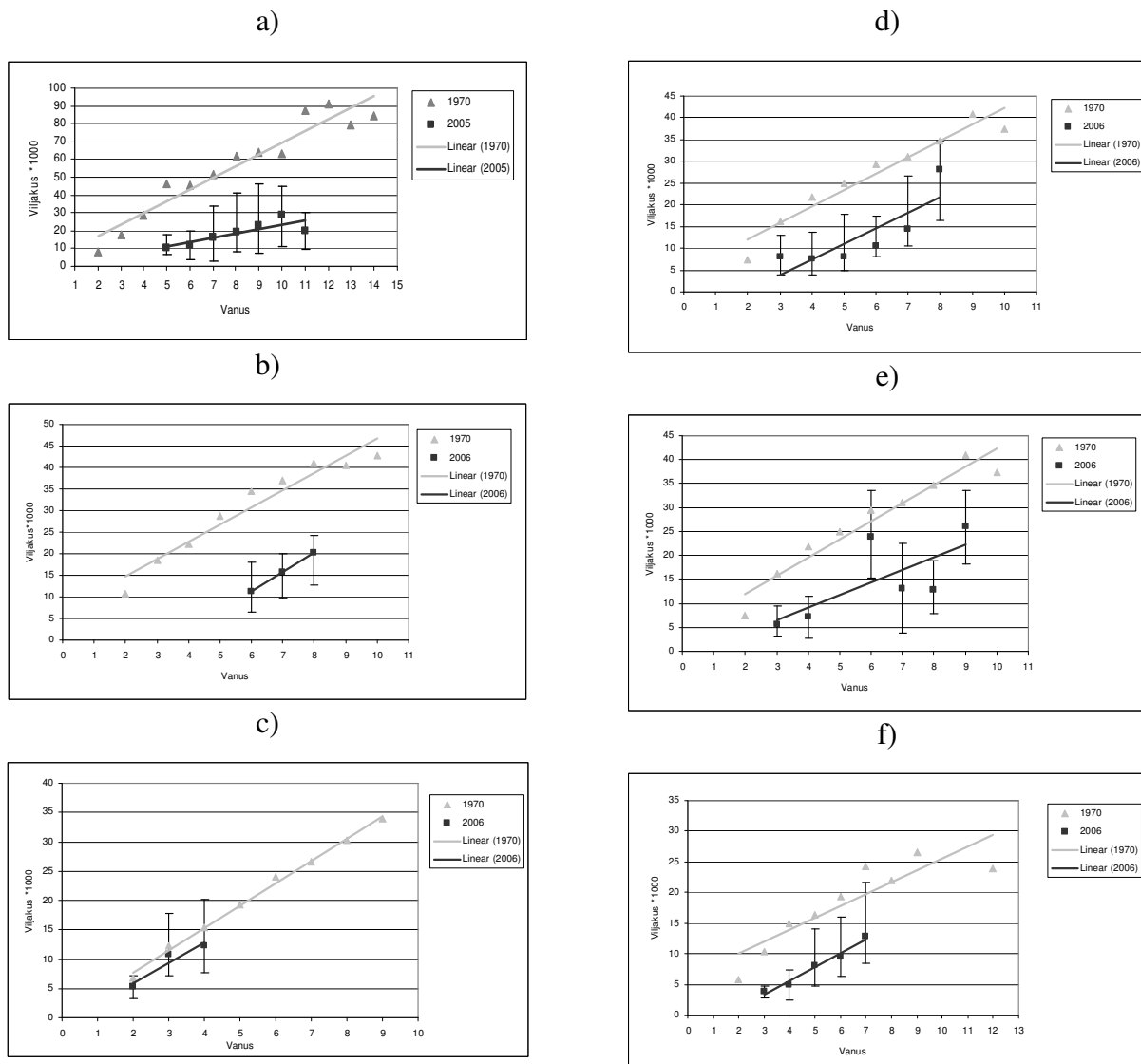


Joonis 7. Räime absoluutse viljakuse ja keskmise kehapikkuse seos. ▲ - Оявееэр (1983) ■ - käesoleva töö andmed. Sügiskuduräimel a) Saaremaa piirkonnas; Kevadkuduräimel b) Saaremaa piirkonnas; c) Liivi lahes; d) Läänemere kirdeosas; e) Väinameres; f) Soome lahe lääneosas.

Räime viljakuse ja vanuse seos

Kõigis uuritud piirkondades, välja arvatud Liivi lahe kevadräim, oli viljakus vanuserühmades väiksem võrreldes eelnevate uurimuste tulemustega (joonis 8; Оявееэр, 1983). Mitmes piirkonnas oli vanemaid isendeid vähe (<3 vanuserühma kohta), mistõttu pole neid ka vastavatel joonistel esitatud (joonis 8 c, d, e, f).

Saaremaa piirkonnas (joonis 8a) esines Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi sügiskuduräimi 2-14 aasta vanuses aga 2005. a. 5-12 aasta vanuses. Absoluutne viljakus vanuserühma kohta oli väiksem 30 000-60 000 ootsüüdi võrra. Samuti oli sama piirkonna kevadräime viljakus oluliselt madalam kui sama vanadel kaladel E. Ojaveere andmetel (joonis 8b).



Joonis 8. Räime viljakuse ja vanuse seos. ▲ - Оявееэр (1983) ■ - käesoleva töö andmed (keskmine ja standardhälve). Sügiskuduräimel a) Saaremaa piirkonnas; Kevadräimel b) Saaremaa piirkonnas; c) Liivi lahes; d) Läänemere kirdeosas; e) Väinameres; f) Soome lahe lääneosas.

Liivi lahe kevadräime populatsioonis (joonis 8c) oli varem vanuserühmi rohkem kui praegu. Vanuserühmade 2-4 viljakus oli 2006. a. lähedane varasematele andmetele, vanemate kalade kohta ei saadud analüüsiks piisavalt andmeid. Saaremaa lõunarannikul (joonis 8b) oli muutus märksa suurem. Eelnevates uurimustes esinesid 2-10-aastased suguküpsed isendid, kui meie andmetes puuduvad nooremad vanuserühmad täielikult; esinesid 5-10- aastased suguküpsed kalad. Samas oli ka viljakus vanuserühma kohta väiksem keskmiselt 20 000 ootsüüdi võrra.

Absoluutne viljakus vanuserühma kohta Läänemere kirdeosas (joonis 8d) oli väiksem kõigis vanuserühmades ~10 000 ootsüüdi võrra. Suguküpsete räimede vanuseline jaotus oli jäänud samaks: 2-10- aastased.

Väinameres (joonis 8e) oli räime absoluutne viljakus 10 000- 20 000 ootsüüdi võrra madalam kui varem, kusjuures muutus oli suurem vanemates vanuserühmades. Kaheaastaseid suguküpseid räimi käesoleva magistritöö jaoks uuritud proovides ei olnud.

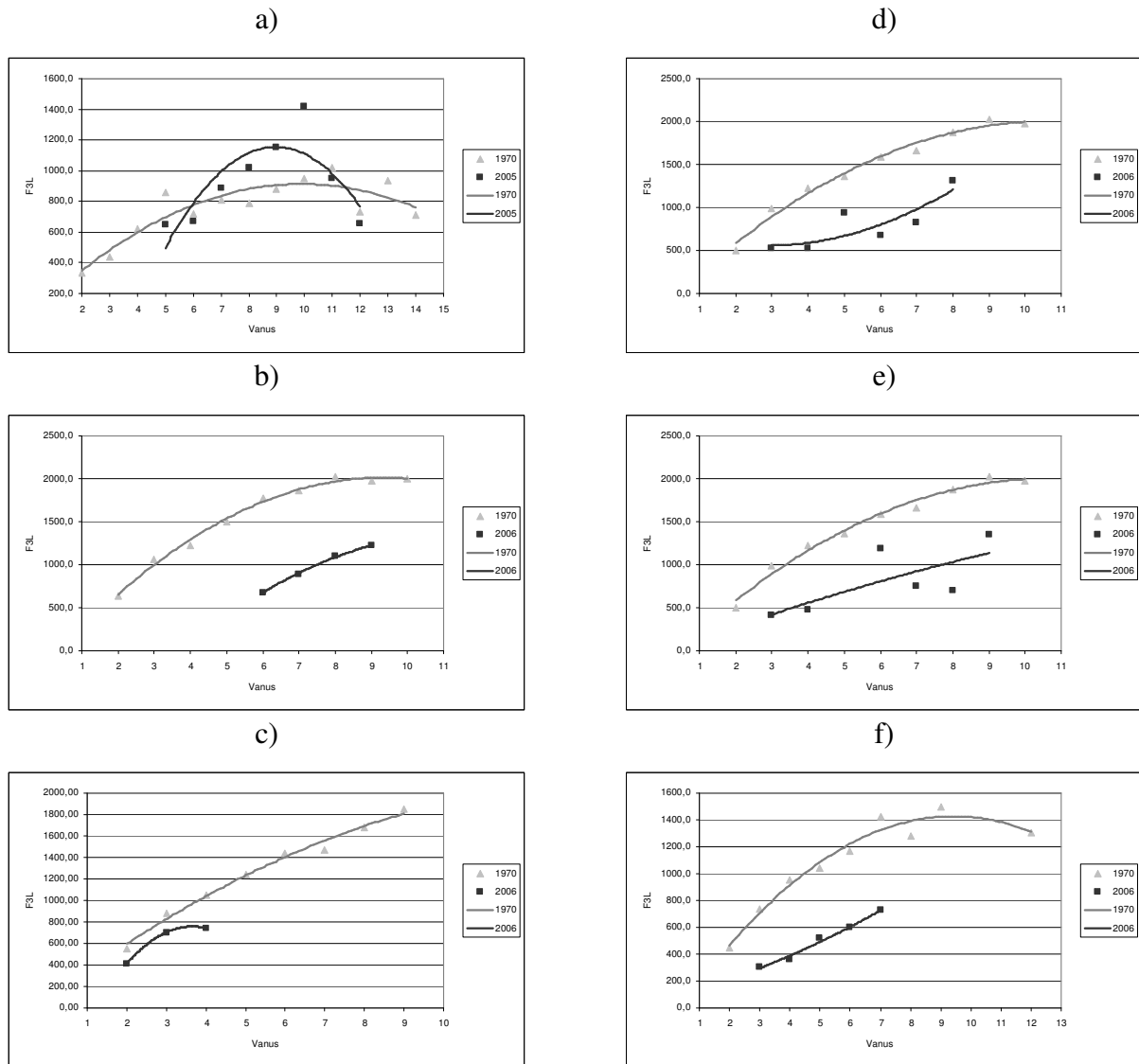
Soome lahe lääneosas (joonis 8f) oli samuti vanuserühmades viljakus vähenenud, erinevus oli kuni 10 000 ootsüüti.

Joonisel 8 on käesoleva töö jaoks kogutud andmete puhul ka standardhälve, mis näitab viljakuse varieeruvust vanuserühmas. Varasemate andmete puhul olid kasutada vaid keskmised viljakuse andmed ning varieeruvus pole teada. Seetõttu võib mõnel juhul, ennekõike Läänemere kirdeosas ja Väinameres, viljakuse muutus olla ka statistiliselt mitteoluline. Siiski on ilmne viljakuse vähenemine vanuserühmades, mis on seletatav madalama kasvukiirusega (sama vanad kalad kaaluvad tänapäeval vähem kui E. Ojaveere uurimuste ajal).

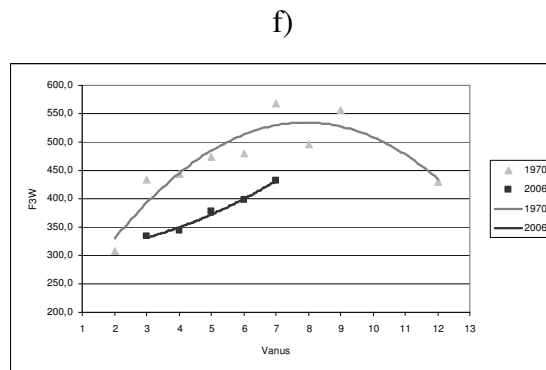
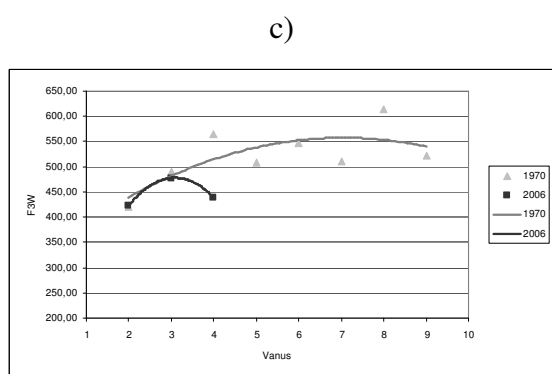
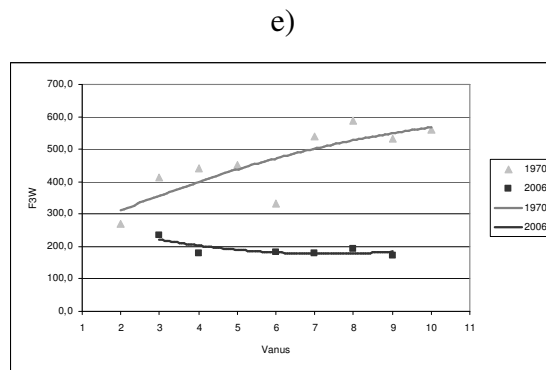
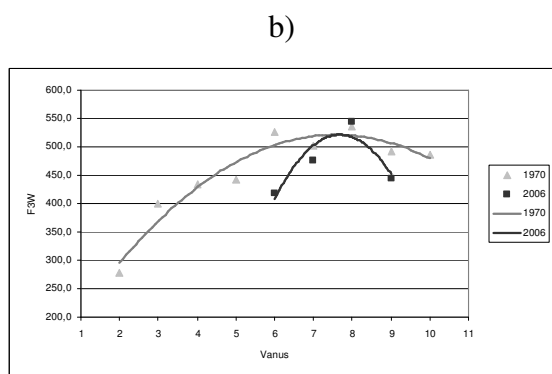
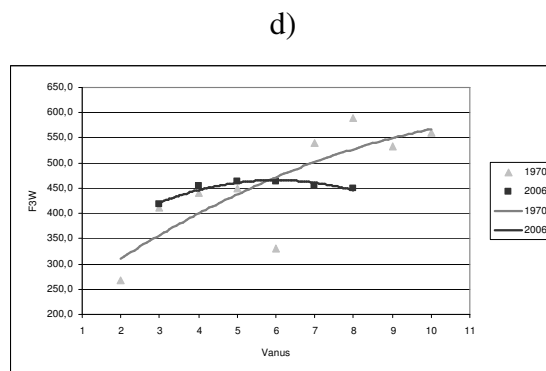
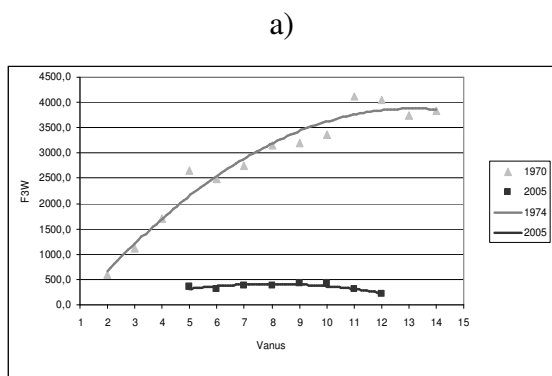
3.1.2. Suhteline viljakus

Kõigis uuritud piirkondades oli (joonis 9 a-f) suhteline viljakus F_{3L} järgi vanuserühmas Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi suurem, kui 2006. a. Vaid Saaremaa piirkonna sügiskuduräimel oli keskmiste pikkusrühmade suhteline viljakus 2005. a. kõrgem kui 1970. a. Suhteline viljakus F_{3W} oli käesoleva töö andmetel väiksem, kui varasematel andmetel (Оявееэр, 1983) kolmes piirkonnas: sügiskuduräimel, Väinamere ja Soome lahe lääneosa

kevadkuduräimel; teiste alade kohta oli andmeid vähe või ei ole erinevused ilmsed (joonis 10).



Joonis 9. Suhtelise viljakuse F_{3L} seos vanusega. ▲- Оявеер (1983) ■- käesoleva töö andmed. Sügiskuduräimel a) Saaremaa piirkonnas; Kevadkuduräimel b) Saaremaa piirkonnas; c) Liivi lahes; d) Läänemere kirdeosas e) Väinameres; f) Soome lahe lääneosas.



Joonis 10. Suhtelise viljakuse F_{3W} seos vanusega. ▲- Оявеер (1983) ■- käesoleva töö andmed. Sügiskuduräimel a) Saaremaa piirkonnas; Kevadkuduräimel b) Saaremaa piirkonnas; c) Liivi lahes; d) Läänemere kirdeosas; e) Väinameres; f) Soome lahe lääneosas.

3.2. Kevad- ja sügiskuduräime viljakus Liivi lahes

Kevad- ja sügisräime võrreldi vaid Liivi lahes, kuna antud töö jaoks ei olnud võimalik koguda sügiskuduräime analüüse teistest piirkondadest. Samuti on Liivi laht viimase aja väga oluline räime püügipiirkond, ning kalade arvukus on kõrgem, kui avameres. Liivi laht on kudeala erinevatele räime populatsioonidele.

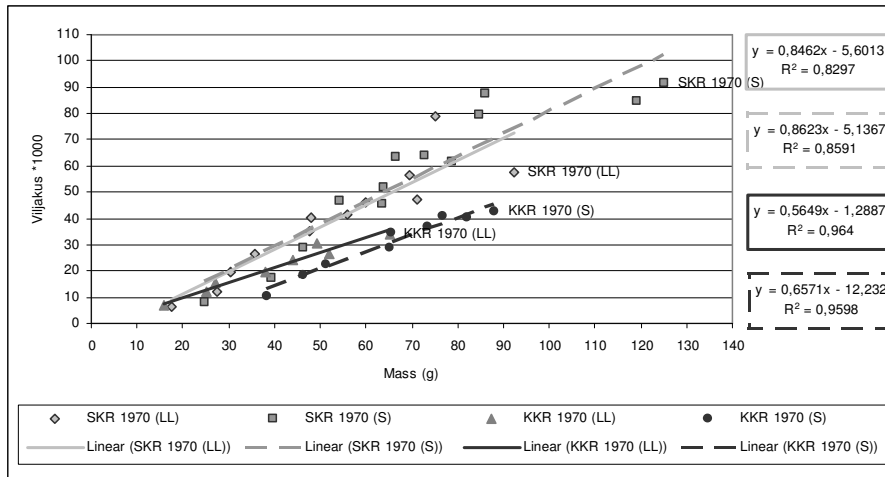
3.2.1. Absoluutne viljakus

Varasemad andmed (Оявееэр, 1983)

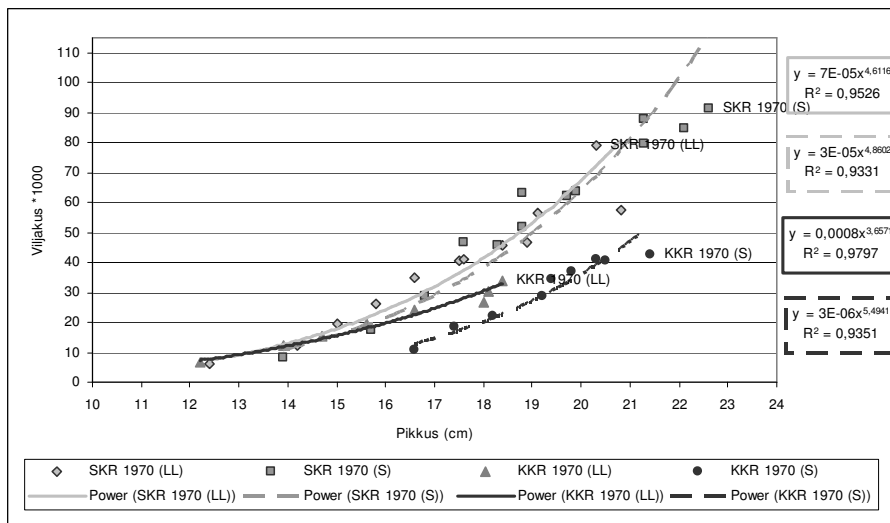
Liivi lahes oli Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi sügisräime absoluutne viljakus massirühma kohta kuni 15 000 ootsüüdi võrra suurem kui kevadräimel (joonis 11a). Saaremaa piirkonnas oli sügisräimedel keskmiselt 20 000-30 000 ootsüüdi võrra absoluutne viljakus suurem, kui kevadräimel. Viljakuse juurdekasvu intensiivsus (konstant b , joonis 11a) kehamassi suurenemisel oli suurim sügisräimel Saaremaa piirkonnas ($b=859$) ja Liivi lahe sügisräimel ($b=846$). Saaremaa piirkonnas ($b=657$) nagu ka Liivi lahes ($b=565$) oli konstant b kevadräimel märgatavalt väiksem, mis tähendab, et kevadräimel oli viljakuse juurdekasvu intensiivsus väiksem. Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete puhul ei ole näidatud konstant b standard viga, kuna algandmed ei olnud kättesaadavad.

Liivi lahes oli sügisräime viljakuse erinevus pikkuse rühmades kuni 10 000 ootsüüdi võrra kõrgem kevadräime omast (joonis 11b). Saaremaa piirkonnas oli sügisräime absoluutne viljakus 15 000-30 000 ootsüüdi võrra kõrgem, kui sama pikkadel kevadräimedel.

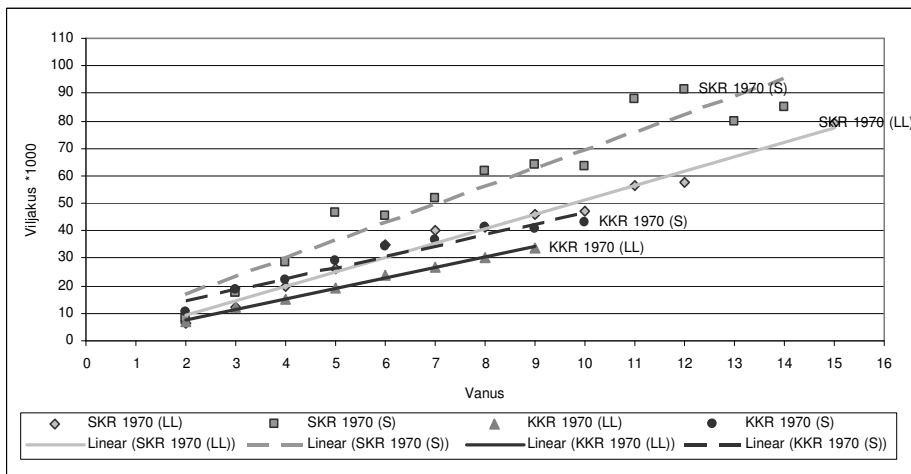
Absoluutne viljakus vanuserühmas oli Liivi lahes sügiskuduräimel kuni 10 000 ootsüüdi võrra suurem, kui sama vanadel kevadräimedel (joonis 11c). Absoluutne viljakus oli kevadkuduräimedel 2000-20000 ootsüüdi võrra madalam, kui sama vanadel sügiskuduräimedel.



a)



b)



c)

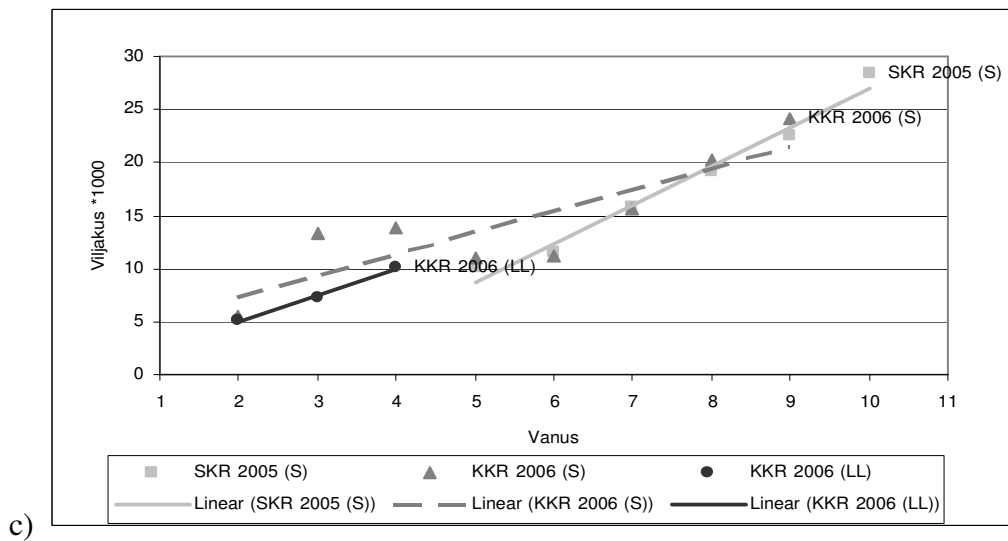
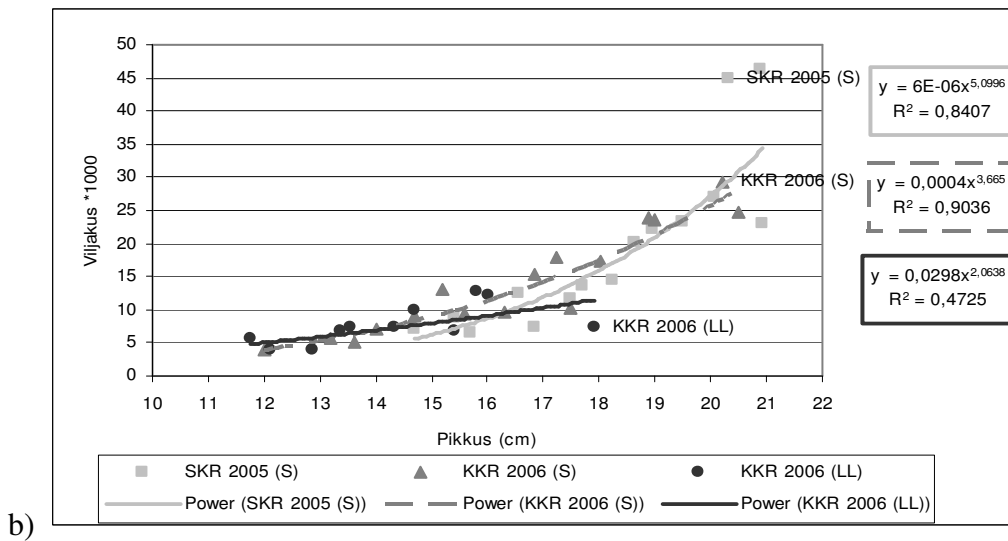
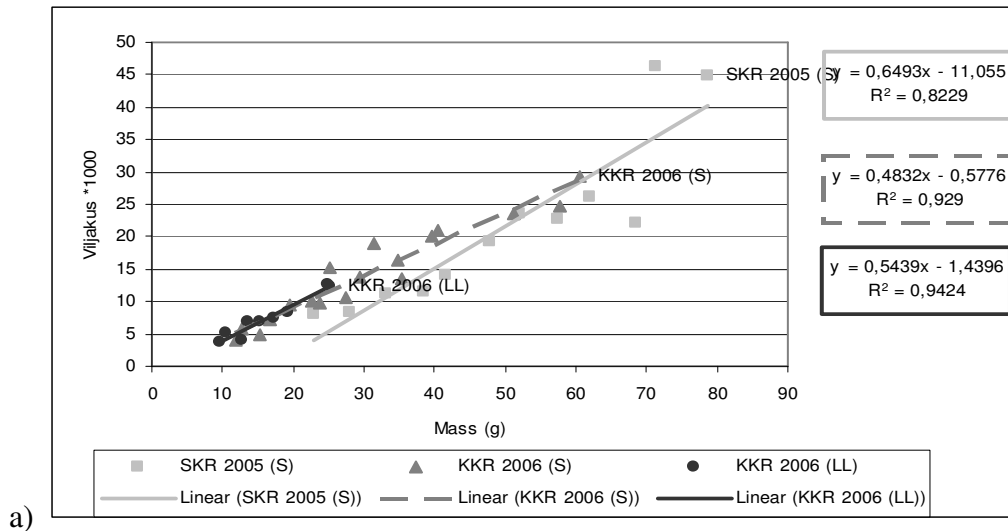
Joonis 11. Kevadkudu- ja sügiskuduräime absoluutse viljakuse võrdlus Ojaveere (Ojaveer, 1983) andmetel Liivi lahes a) massi järgi b) pikkuse ja c) vanuse järgi. Joonisel olevad tähised: KKR- kevadkuduräim, SKR- sügiskuduräim, S- Saaremaa piirkond, LL- Liivi laht.

2005/2006. a. andmed

Saaremaa piirkonna sügiskuduräimel oli viljakuse juurdekasvu intensiivsus massirühmades suurem ($b=649$, $SE=95$) kui kevadräimel ($b=483$, $SE=33$). Liivi lahe kevadräime populatsiooni viljakuse juurdekasvu intensiivsus massirühmas oli $b=544$ ($SE=67$). Sügiskuduräime absoluutne viljakus Saaremaa piirkonnas oli väiksemates massirühmades ~ 5000 ootüüdi võrra madalam kui kevadkuduräimel.

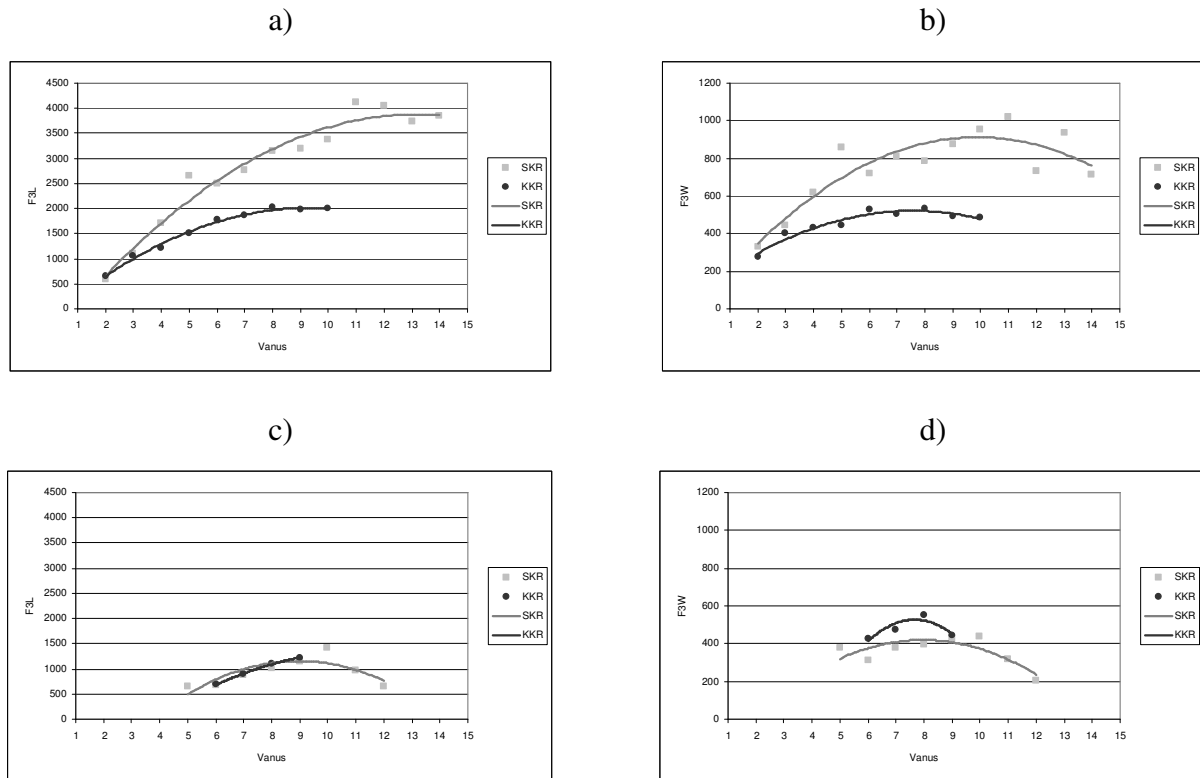
Kudekarja vanuseline koosseis oli 2005/2006. a. oluliselt erinev kui Ojaveere (Оявееэр, 1983) kirjeldatust. Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetel oli kudekarja isendite vanus järgmine: kevadräim: Liivi lahes – 2-9 aastat, Saaremaa piirkonnas – 2-10aastat; sügisräim Liivi lahes – 2-15 aastat, Saaremaa piirkonnas – 2-14 aastat. 2005/2006. a. andmetel: kevadräim Liivi lahes – 2-10 aastat; Saaremaa piirkonnas – 2-7 aastat; sügiskuduräim Saaremaa piirkonnas – 5-12 aastat. Joonisel 12 ei ole näidatud viljakuse andmeid vanuserühmades, kus oli vähem kui kolm kala. Vanuserühmades oli Liivi lahe kevadräime absoluutne viljakus madalam võrreldes Saaremaa piirkonna populatsiooniga. Võrreldes sügiskuduräime kevadräimega, oli viimasel väiksemates vanuserühmades kõrgem viljakus aga suuremates vastupidi.

Studenti t-testi (lisa 5) järgi 2005/2006. a. sügis- ja kevadräime absoluutne viljakus vanuserühmiti 6-9 aastastel kaladel usaldusväärset ei erinenud.



Joonis 12. Kevad- ja sügiskuduräime absoluutse viljakuse võrdlus 2005/2006 Liivi lahes
 a) massi, b) pikkuse ja c) vanuse järgi. Joonisel olevad tähised: KKR- kevadkuduräim, SKR-
 sügiskuduräim, S- Saaremaa, LL- Liivi laht.

3.2.2. Suhteline viljakus



Joonis 13. Suhtelise viljakuse F_{3L} (a ja c) ning F_{3W} (b ja d) võrdlus Saaremaa piirkonnas sügis- (SKR) ja kevadräimel (KKR) Ojaveere (Оявееэр, 1983; a ja b) ning 2005/2006 andmete kohaselt (c ja d).

Varasemate (Оявееэр, 1983) andmete järgi (joonis 13 a, b) oli suhteline viljakus F_{3L} ja F_{3W} sügisräimel kõrgem, kui kevadräimel. 2005/2006. a. andmete kohaselt (joonis 13 c, d) oli kevadräimel F_{3L} praktiliselt võrdne, F_{3W} aga mõnevõrra kõrgem kui sügiskuduräimel.

3.3. Kevadräime keskmine viljakus Eesti rannikumere erinevates piirkondades 2005/2006. a.

Hindamaks uuritud räime populatsioonide keskmist viljakust arvutati (tabel 4) uurimisalade kõigi vanuserühmade keskmine viljakus, eeldades, et analüüsitud materjal peegeldab kudekarja tegelikku

vanuselist struktuuri. Saadud andmed iseloomustavad eri populatsioonide keskmist sigimisvõimet (arvestama vanuserühmade osakaalu populatsioonis). Kasutati kõiki andmeid, ka selliseid kus vanuserühmas oli alla 3 kala.

Tabel 4. Kevadräime keskmine absoluutne viljakus populatsioonis.

Piirkond	Viljakus											
	F ₁	±SD	F _{2L}	±SD	F _{2L*}	±SD	F _{2W}	±SD	F _{3L}	±SD	F _{3W}	±SD
Liivi laht	8975	2888	9969	2849	9501	2723	10635	3171	578	149	410	54
Saaremaa	18577	7343	18117	7103	16152	6357	17358	7232	1014	298	480	47
Läänemere kirdeosa	16553	10496	16895	9855	15681	9106	17307	11412	883	454	442	79
Väinameri	14557	7461	16433	9507	17775	11827	14556	6374	787	326	206	60
Soome lahe lääneosa	12494	6986	11600	5803	11383	6200	11625	6163	711	321	420	71

Keskmine absoluutne viljakus oli kevadräimel kõrgeim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas ja madalaim Liivi lahe populatsioonil. Keskmine absoluutne viljakus varieerus kõige enam Läänemere kirdeosas, seejärel Väinameres, Saaremaa piirkonnas, Soome lahe lääneosas ning kõige vähem Liivi lahes (tabel 4).

Student *t*-testi abil võrreldi kevadräime populatsioonide absoluutse viljakuse keskväärtusi vanuserühmades 3 ja 4 Liivi lahe, Läänemere kirdeosa, Väinamere ja Soome lahe lääneosa piirkondades ning vanuserühmades 6 ja 7 Saaremaa, Väinamere, Läänemere kirdeosa ja Soome lahe lääneosa piirkondades. Valimid olid vastavad põhjustel, et Saaremaa piirkonnas ei esinenud antud töö valimis 3- ja 4- aastaseid ning Liivi lahe piirkonnas 6- ja 7- aastasi isendeid.

3-aastaste räimede absoluutse viljakuse keskväärtus oli suurim Liivi lahe populatsioonil, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres ja Soome lahe. Viljakuse keskväärtuse erinevus oli Studenti *t*-testi järgi oluliselt erinev Soome lahe ja teiste piirkondade vahel aga mitte teistel piirkondadel omavahel (lisa 6).

4-aastaste räimede absoluutse viljakuse keskväärtus oli suurim samuti Liivi lahes ning seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres ning väikseim Soome lahe lääneosas. Student *t*-testi järgi oli erinevus oluline Liivi lahe piirkonna ja Läänemere kirdeosa ning Väinamere ja Soome lahe lääneosa räime absoluutse viljakuse vahel (lisa 7). Erinevus Läänemere kirdeosa ja Väinamere vahel ei olnud statistiliselt oluliselt erinev.

Absoluutse viljakuse keskvaartus 6- aastastel räimedel oli suurim Väinameres, seejärel Saaremaa piirkonnas, Läänemere ning väikseim Soome lahe lääneosas. Student *t*-testiga piirkondade keskmise viljakuse võrdlemisel ei olnud antud piirkonnad statistiliselt erinevad (lisa 8).

Absoluutse viljakuse keskvaartus 7- aastastel kaladel oli suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres ning väikseim Soome lahe lääneosas. 7- aastaste kevadräimede absoluutse viljakuse keskvaartus piirkondade vahel statistiliselt ei erinevad (lisa 9).

Suhteline viljakus keskmise kehapikkuse kohta oli suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas ja väikseim Liivi lahes. Suhteline viljakus varieerus kõige enam Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas, Saaremaa piirkonnas ja kõige vähem Liivi lahes.

Suhteline viljakus keskmise kehamassi kohta oli suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Soome lahe lääneosas, Liivi lahes ja väikseim Väinameres. Suhteline viljakus keskmise kehamassi kohta varieerus kõige enam Läänemere kirdeosas, seejärel Soome lahe lääneosas, Väinameres, Liivi lahes ning kõige vähem Saaremaa piirkonnas.

5- aastaseid iseneid ei võrreldud, kuna need ei olnud kõigis piirkondades valimis piisavalt esindatud.

Võrreldes Liivi lahte teiste populatsioonidega on absoluutne viljakus suurim vanuserühmades 3 ja 4, kuid kogu populatsioonis madalam. Erinevuse põhjustab Liivi lahe valimi kasinus, ei esine suuremaid kalu.

3.4. Liivi lahe kevadräime populatsiooni viljakus

Populatsiooni viljakus arvutati vaid Liivi lahe kohta, kuna selle piirkonna kohta tehakse eraldi varu analüütilist hindamist, mille andmed on vajalikud populatsiooni viljakuse arvutamiseks ning järelduste tegemiseks.

Populatsiooni viljakuse arvutamisel (tabel 5) Liivi lahe kevadkuduräimel eeldati, et isendi absoluutne viljakus 2004. a. oli sama, mis 2006. a.

Arvutused näitasid, et 2004. a. Liivi lahe laheräime populatsiooni keskmine absoluutne viljakus oli 28241 miljardit ootsüüti, meile teadaolevate ICES (2006) andmete järgi oli 2005. a.

täiend 1-aastastena 4,42 miljardit isendit. Seega realiseerus potentsiaalsest põlvkonna arvukusest täiendina vaid 0,0157 %.

Tabel 5. Kevadräime populatsiooni viljakus Liivi lahes 2004. a. ja selle realiseerumine täiendina 2005. a. (Andmed: ICES, 2006).

Vanus	Kudekarja emaste arvukus vanuserühmas	Absoluutne viljakus	Teoreetiline täiend antud vanusegrupi poolt
2	2459749500	5240	12889707694796
3	394458000	10762	4245248147535
4	628576000	12266	7709860657612
5	149327500	6807	1016443443443
6	84406000	8305	700951008826
7+	171240500	9802	1678538070319
Teoreetiline täiend aastaks 2005			28240749022530
Reaalne täiend aastal 2005			4422500000
% mis realiseerus			0,0157

4. ARUTELU

4.1. Räime viljakuse võrreldavad hinnangud 1970. aa. ning 2005/2006

4.1.1. Absoluutne viljakus

Heeringa viljakus määratakse paljuski ära juba küpsemistsükli aasta alguses (Baxter, 1963). Holliday (1960) viitab aga, et viljakus võib fikseeruda ka juba kaks aastat varem.

Viljakuse sõltuvust kehamassist iseloomustab kõige paremini lineaarne funktsioon $F_{2W}=b*W-a$ (joonis 6). Räime absoluutse viljakuse ja kehamassi seos oli 2005/2006. a. oluliselt madalam sügiskuduräimel Saaremaa piirkonnas, kevadkuduräimel Saaremaa piirkonnas ja Väinameres võrreldes Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetega. Viljakus ei ole oluliselt muutunud Liivi lahe populatsioonil, Soome lahe lääneosas ja Läänemere kirdeosas.

Viljakuse suurenemise kiirust kehamassi suurenemisel iseloomustab koefitsient b ; mida suurem on b , seda intensiivsem on viljakuse juurdekasv kehamassi suurenedes (Раннак, 1970). Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete kogumise ajal oli viljakuse juurdekasvu intensiivsus kala kasvades enamasti kõrgem kui 2005/2006. a., välja arvatud Läänemere kirdeosas ja Väinameres.

Eelnevate uurimuste põhjal (Baxter & Hall, 1960; Farran 1938; Hickling, 1940; Kändler & Dutt, 1958; Оявееэр, 1983; Раннак, 1970) leiti, et Läänemere kirdeosa absoluutse viljakuse kehapiikkusest sõltuvuse väljendamiseks sobib kõige paremini astmefunktsioon $F_{2L}=a*L^b$ (joonis 7). Räime absoluutne viljakus pikkusrühma kohta oli muutunud rohkem kui absoluutne viljakus keskmise kehamassi kohta. Viljakus oli kõikides piirkondades 2005/2006. a. madalam võrreldes Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetega.

Absoluutne viljakus sõltub emase kala pikkusest, mis omakorda on seotud vanusega: vanematel kaladel on rohkem marja (Анохина, 1959; Кривобок & Тарковская, 1957; Zijlstra, 1973). Antud väide sai ka tõestust käesolevas töös. Siiski oli viljakuse suurenemine kala vanuse suurenedes väiksem kui varem, selle põhjuseks võib samuti tuua toitumistingimuste kehvenemise aastatega.

Suurusspetsiifiline viljakus on mõnede autorite arvates suhteliselt püsiv läbi aja aga vanusspetsiifiline ei ole (Танасичук & Ware, 1987). Käesoleva töö raames kogutud andmete põhjal võib

väita, et nii vanusspetsiifiline viljakus kui ka suurusspetsiifiline viljakus võivad ajas oluliselt muutuda. Seda saab tõenäoliselt seletada Parmanne ja Kuittineni (1991) väitega, et viljakus võib erineda aastate vahel, olenedes mere temperatuurist ja toitumistingimustest. Samuti Tanasichuk ja Ware (1987) on väitnud, et temperatuuril on väga suur mõju suurusspetsiifilisele viljakusele.

Kõigis uuritud piirkondades oli sama vanade kalade absoluutne viljakus vanuserühmas väiksem võrreldes eelnevate uurimuste tulemustega (joonis 8), kõige sarnasem eelnevate tulemustega oli Liivi lahe populatsioon. Varasemate andmete puhul on kasutada vaid keskmised viljakuse andmed ning varieeruvus pole teada. Seetõttu võib mõnel juhul, ennekõike Läänemere kirdeosas ja Väinameres, viljakuse muutus osutada ka statistiliselt mitteoluliseks.

Leitud muutuste peamiseks põhjuseks võib tuua räime toitumistingimuste olulise halvenemise, mis on suuresti põhjustatud kilu, räime suurima toidukonkurendi, populatsiooni jätkuvalt tõusvast arvukusest. Samuti on mõju avaldanud alanenud soolsus, eutrofeerumine ja mere keskmise temperatuuri tõus (MacKenzie & Köster, 2004).

4.1.2. Suhteline viljakus

Rannak (Раннак, 1970) on väitnud, et peaaegu kõigis Soome lahe uuritud piirkondades on suhteline viljakus suurim keskmistes massirühmades (pikkuste puhul 15-17 cm). Igas piirkonnas (joonis 9 a-f) oli suhteline viljakus keskmise kehapikkuse järgi vanuserühmas Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi suurem, kui 2006. a. andmete järgi. Saaremaa piirkonna sügiskuduräimel trendid kattuvad ja keskmistes pikkusrühmades on 2005. a. suhteline viljakus kõrgem kui 1970. aa. Suhteline viljakus F_{3L} 1970. aa. vanuserühmas (joonis 10) oli sügiskuduräimel Saaremaa piirkonnas, kevadkuduräimel Väinameres ja Soome lahe lääneosas kõrgem kui 2005/2006. a. Läänemere kirdeosas oli nooremates vanuserühmades suhteline viljakus F_{3W} 2006. a. kõrgem, kui ta oli seda 1970. aa., vanematel kaladel aga madalam. Suhteline viljakus on vähenenud, kuna kala keskmine kehamass on pikkus- ja vanuserühmas madalam, seega ka üldine konditsoon on kehvem. Liivi lahe ja Saaremaa lõunaranniku kevadkuduräime suhteline viljakus ei olnud oluliselt muutunud.

4.2. Kevad- ja sügiskuduräime viljakus Liivi lahes

4.2.1. Absoluutne viljakus

Sügiskuduräim on viljakam kui kevadkuduräim (Strzyzewska, 1960). Sügisräime viljakus oli üldiselt kaks korda kõrgem samal pikkusel; erinevus seisneb kala massis, see on samas pikkusrühmas palju suurem sügisel kui kevadel (Strzyzewska, 1960). Strzyzewska (1960) väited said ka tõestatud käesolevas magistritöös. Sügisräim on kudemise ajal palju paremas konditsioonis peale suvist toitumist kui kevadräim, kes võib enne kudemist teha karmidel talvedel läbi isegi nälgimisperioode. Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete põhjal oli sügiskuduräime viljakus tunduvalt kõrgem kui kevadkuduräimel samas massi-, pikkus- ja vanuserühmas. Samuti oli konstant b suurem sügisel võrreldes kevadega. Konstant b vahe oli suurem Liivi lahes võrreldes Saaremaa piirkonnaga. 2005/2006. a. Saaremaa piirkonna sügiskuduräimel oli viljakuse juurdekasvu intensiivsus massirühmades suurem ($b=649$) kui kevadkuduräimel ($b=483$). Liivi lahe kevadkuduräime populatsiooni viljakuse juurdekasvu intensiivsus massirühmas oli $b=544$. Kevadkuduräimel Liivi lahes ja Saaremaa piirkonnas oli väiksemates massirühmades praktiliselt sama viljakus, kuigi Saaremaa piirkonna kalad olid meie valimis suuremad.

Kõige tähtsamad limiteerivad tingimused, mis mõjutavad kevadkuduräime vanuserühma arvukust, on temperatuur ja toidu kättesaadavus (Rannak, 1971).

1970. aa. ja 2005/2006. a. võrdlus

Sarnasused:

- Antud perioodidel oli Saaremaa piirkonna sügisräimel keskmine absoluutne viljakus massirühmas kõrgem kui kevadräimel.
- Saaremaa piirkonna sügisräime absoluutne viljakus oli kõrgeim uuritud piirkondadest.
- Vanuserühmades oli Liivi lahe kevadräime viljakus madalam kui Saaremaa piirkonna kevadräimel, see võib olla seotud Saaremaa piirkonna kalade avamerelise päritoluga ja paremate toitumistingimustega avameres.

Erinevused:

- Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi oli Liivi lahe kevadräime absoluutne viljakus massirühmas kõrgem kui Saaremaa piirkonna kevadräimel, 2006. a. andmete järgi aga kahe piirkonna räime viljakused ei erine, kuid see võib olla tingitud ka andmete vähesusest.
- Massirühmad olid 1970. aa. suuremad.
- 2005/2006. a. oli väiksemates massirühmades Saaremaa piirkonna kevadräime keskmine absoluutne viljakus suurem võrreldes sama piirkonna sügisräimega, 1970. aa. aga oli sügisräime viljakus kõrgem kui kevadräimel. Ilmselt on sügisräime toitumistingimused halvenenud enam.
- Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi oli Saaremaa piirkonna kevadräimel keskmine viljakus pikkusrühmas madalam, kui sügisräimel, 2005/2006. a. olid viljakuse keskmised aga samal tasemel. Kudemiseelsed toitumistingimused võivad olla praegu sarnasemad, kuid selle tulemuse võis põhjustada ka andmete kesisus.
- Vanuserühmades oli sügis- ja kevadräime viljakus 1970. aa. erinevamad kui 2005/2006. a., selle põhjuseks võib olla toitumistingimuste ühtlustumine või andmete vähesus.
- Täheldatav oli sügis- ja kevadräime viljakuse sarnasemaks muutumine, selle põhjuseks võib olla populatsioonide segunemine, kalade elutingimuste muutumine või andmete vähesus.

4.2.2. Suhteline viljakus

Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi (joonis 13 a, b) oli suhteline viljakus F_{3L} ja F_{3W} sügiskuduräimel kõrgem kui kevadkuduräimel. 2005/2006. a. andmete kohaselt (joonis 13 c, d) oli kevadräimel F_{3L} praktiliselt võrdne, F_{3W} aga mõnevõrra kõrgem kui sügiskuduräimel.

1970. aa. ja 2005/2006. a. võrdlus

Sarnasusi varasemaga ei leitud.

Erinevused:

- Suhteline viljakus F_{3W} vanuserühmas oli 1970. aa. sügisräimel kõrgem, kui kevadräimel. 2005/2006. a. oli olukord vastupidine. Põhjus on ilmselt kalade keskmise kehamassi vähenemises.
- 1970. aa. oli Saaremaa piirkonna sügisräime suhteline viljakus F_{3L} vanuserühmas kõrgem kui kevadräimel, 2005/2006. a. aga langevad need kokku.

4.3. Kevadräime viljakus Eesti rannikumere erinevates piirkondades

Eesti vetes eristatakse neli kevadkuduräime ja kolm sügiskuduräime populatsiooni. Populatsioonid eristuvad üksteisest morfoloogiliste tunnuste, vanuserühmade keskmise kehamassi dünaamika, embrüonaalse arengu optimaalse temperatuuri poolest ning pea- ja kehakujuilt. Samuti on need populatsioonid kohastunud eluks erinevatel keskkonna tingimustel. Seetõttu võiks eeldada ka populatsioonidevahelisi erinevusi viljakuses.

Keskmine absoluutne viljakus oli suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas ja väikseim Liivi lahe populatsioonil. Keskmine absoluutne viljakus varieerus kõige enam Läänemere kirdeosas, seejärel Väinameres, Saaremaa piirkonnas, Soome lahe lääneosas ning kõige vähem Liivi lahes. See võib oleneda ka andmete hulgast.

Suhteline viljakus keskmise kehapiikkuse kohta oli suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas ja väikseim Liivi lahes. Suhteline viljakus varieerus kõige enam Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas, Saaremaa piirkonnas ja kõige vähem Liivi lahes. Suhteline viljakus keskmise kehamassi kohta oli suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Soome lahe lääneosas, Liivi lahes ja väikseim Väinameres. Suhteline viljakus keskmise kehamassi kohta varieerus kõige enam Läänemere kirdeosas, seejärel Soome lahe lääneosas, Väinameres, Liivi lahes ning kõige vähem Saaremaa piirkonnas.

Räime viljakus on kõrgem põhjapoolsematel aladel (Parmanne & Kuittinen, 1991; Hay & Brett, 1988). Ilmselt tuleb siin siiski eraldi vaadelda avamere- ja laheräimi ning teatud tingimustes võib olukord ka teistsugune olla. Saat *et al.* (2003) andmete kohaselt enamusel uuritud mageveekaladel oli viljakus areaali põhjaosas väiksem, kui lõunaosas. Samas suureneb põhjapoolse ootsüütide diameeter, mis tagab suuremad (ja elujõulisemad) vastsed, kes suudavad kergemini koguda esimeseks talvitumiseks vajaliku kehamassi. Avamere osas ei saa Eesti majandusvööndis vähese põhja-lõunasuunalise ulatuse tõttu usaldatavaid järeldusi teha, kuid Soome lahe lääneosas oli viljakus suurem kui Liivi lahes. Tõenäoliselt saab seda seletada Hay ja Brett'i (1988) väitega: „Kõrgem massispetsiifiline viljakus on aeglasemalt kasvavatel kaladel või kehvemate toitumistingimuste puhul.“

Üldiselt on positiivne ühendus kala absoluutse viljakuse ja kala seisukorra vahel. Siiski, täit arusaamist, mis põhjustab individuaalsed variatsioonid absoluutses viljakuses on raske leida. Vahel on kala konditsioon väga hea aga viljakus väga väike. (Oskarsson *et al* 2002)

4.4. Liivi lahe kevadräime populatsiooni viljakus

Arvutused näitasid, et 2004. a. Liivi lahe populatsiooni keskmine absoluutne viljakus oli 28241 miljardit ootsüüti, meie teadaolevate ICES (2006) andmete järgi oli 2005. a. täiend 4,42 miljardit isendit (1-aastastena). Seega potentsiaalsest põlvkonna arvukusest realiseerus täiendina 0,0157 %. ICES (2006) andmete järgi on teada, et 2004. a. põlvkond oli suhteliselt vähearvukas, eriti võrreldes 2002. a. üliarvuka põlvkonnaga, millest ta oli kaks korda väiksem.

Varased soojad kevaded, millele eelnevad pehmed talved, suurendavad räime teatud aasta täiendit, kui külmadele kevadetele ja karmidele talvedele järgneb nõrk täiend. Samuti on täheldatud, et tugevate vanuserühma moodustumisele eelneb tavalisest tugevam sissevool Põhjamerest. (Rannak, 1971)

KOKKUVÕTE

Magistritöö uurimisobjektiks oli Läänemere kirdeosa ühe olulisema tööduskala, räime (*Clupea harengus membras*), viljakus. Proovid koguti kudemiseelses staadiumis olevatelt sügiskuduräimedelt 2005. a. septembris-oktoobris Saaremaa lõunarannikult ning kevadkuduräimedelt 2006. a. mais ja juuni alguses Pärnu lahe suudmest, Saaremaa lõunarannikult, Läänemere kirdeosas, Väinameres ja Soome lahe lääneosas. Kogutud materjali põhjal hinnati absoluutse ja suhtelise viljakuse sõltuvust kala massist, pikkusest ja vanusest mere eri osades ning populatsiooni viljakust.

Käesoleva magistritöö üheks olulisemaks ülesandeks oli võrrelda kogutud andmeid varem E. Ojaveere (Оявееэр, 1983) poolt kogutud räime viljakuse andmetega ning välja selgitada, kas räime viljakus on aja vältel muutunud.

Absoluutse viljakuse sõltuvust kehamassist iseloomustas kõige paremini lineaarne funktsioon. Enamikes piirkondades näitas sõltuvus, et võrreldes Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetega on absoluutne viljakus vähenenud (sügisräimel Saaremaa piirkonnas vähenenud 71%, kevadräimel Liivi lahes 36%, Läänemere kirdeosas 44%, Väinameres 51% ja Soome lahe lääneosas 45%). E. Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete kogumise ajal oli viljakuse juurdekasvu intensiivsus kala kasvades kõrgem, kui 2005/2006. a. Läänemere kirdeosa absoluutse viljakuse sõltuvust kehapikkusest väljendas kõige paremini astmefunktsioon. Kõikides uuritud piirkondades oli 2005/2006. a. absoluutne viljakus madalam, kui samades pikkusrühmades Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetel. Igas uuritud piirkonnas oli räime vanuserühma absoluutne viljakus 2005/2006. a., väiksem võrreldes eelnevate uurimustega, reeglina oli ka vanuserühmi vähem. Räime keskmine viljakus on viimastel kümnenditel oluliselt vähenenud, see võib olla üks põhjustest, miks on muutunud ka räime populatsioonide arvukus.

Suhteline viljakus (ootsüütide arv kehamassi või pikkusekohta) oli sügiskuduräimel Saaremaa piirkonnas 2005. a. kõrgem võrreldes Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetega. Kevadkuduräimel 2006. a. oli suhteline viljakus kõikides piirkondades väiksem kui Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmetel. Viljakus võib erineda aastate ja piirkondade vahel olenedes meretemperatuurist ja toitumistingimustest.

E. Ojaveere (Оявееэр, 1983) andmete järgi on sügisräimel kõrgem (~20%) absoluutne viljakus ja viljakuse kasvukiirus kala kasvamisel kui kevadräimel. Ka oli sügiskuduräime

suhteline viljakus suurem kui kevadkuduräimel. 2005/2006. a. andmete kohaselt oli suhteline viljakus F_{3L} praktiliselt sama ja F_{3W} kevadkuduräimel kõrgem kui sügiskuduräimel. Sügisel kudeva räime viljakus on suurem kevadel kudevast räimest, kuna samas pikkusrühmas on kala keskmine kehamass sügisel kõrgem, mis on otseses seoses kala viljakusega.

Võrreldes omavahel erinevate piirkondade populatsioone oli keskmine absoluutne viljakus suurim Saaremaa piirkonnas, seejärel Läänemere kirdeosas, Väinameres, Soome lahe lääneosas ning kõige väiksem Liivi lahes. Suhteline viljakus oli suurim Saaremaa piirkonnas, väikseim- Liivi lahes ja Väinameres.

Liivi lahe kevadkuduräime populatsiooni viljakus arutati 2004. a. kohta eeldades, et viljakuse andmed on samad aastaga 2006. Liivi lahe kevadräime populatsiooni potentsiaalne absoluutne viljakus aastal 2004 oli 28241 miljardit, millest realiseerus (1-aastaste kaladena) 0,0157%. ICES'i (2006) andmete kohaselt oli 2004. a. põlvkond madala arvukusega.

SUMMARY

On Baltic Herring (*Clupea harengus membras*) fecundity in the North-Eastern Baltic Sea

The Baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) has traditionally been one of the most important commercial fishes in Estonian waters, which forms several local populations across the Baltic Sea. Herrings belonging to different populations differ in many biological characteristics (mean length and weight at age, growth rate, fecundity), as well as in stock dynamics. The Baltic herring can be separated by spawning season into spring-spawning and autumn-spawning herring. There are four spring spawning herring populations in Estonian waters - the Gulf of Finland herring (ICES Subdivision 32), Gulf of Riga herring (Subdivision 28), open sea herring of North-Eastern Baltic (Subdivision 29) and the open sea herring of Eastern Baltic Sea (Sub-division 28). There are also three populations of autumn-spawning herring: the Gulf of Riga herring, the Gulf of Finland herring and the open sea herring.

Baltic herring mean weight and abundance have declined significantly over the last decades. The exploration of possible effects of decreased weights on herring reproduction capacity was the main goal of the study. The present status of herring fecundity in the North-Eastern Baltic Sea was compared with historical information by E. Ojaveer (Оявееэр, 1983). Fecundity samples were taken in 2005 autumn-spawning herring from the coast of Saaremaa (the Gulf of Riga, and in 2006 from spring-spawning herring in the Gulf of Riga, zones 29-II, 29-IV and at the western part of Gulf of Finland (zone 32-I) from trap net, gillnet and trawl catches. Samples were preserved in 70% ethanol.

In all areas fecundity had declined in weight, length and age groups if compared to the historical results, except that of spring-spawning herring in the Saaremaa region. Also the realized and relative fecundity values per age, length and weight group were lower than observed in the past (Оявееэр, 1983). However, it should be noted that fecundity might differ between years and areas due to short-term effects of seawater temperature and feeding conditions.

Fecundity of spring- and autumn-spawning herring was also compared. The fecundity per age, length and weight group of autumn-spawning herring was higher by 20 % in average when compared with spring spawning herring. The similar phenomenon was observed also in the 1960s

and 1970s. This is probably due to higher seawater temperature and better fish condition during the development of gonads in autumn-spawning herring.

The comparison between spring-spawning herring populations showed that the highest potential and relative fecundity is in the Saaremaa area followed by zones 29-II, 29-IV, 32-I and the Gulf of Riga herring.

The potential population fecundity in the Gulf of Riga spring-spawning herring in 2004 was estimated, assuming the same fecundity in age groups as in 2006. The result was, $28241 \cdot 10^9$ eggs. When compared to the respective recruitment in 2005 (year class 2004 at age 1), that just about 0,0157% of potential population fecundity was realized as recruitment to the stock.

KIRJANDUS

- Aneer, G. 1989. Herring (*Clupea harengus* L.) Spawning and spawning ground characteristic in the Baltic Sea. *Fish. Res.* 8: 169-195.
- Axenrot, T. & Hansson, S. 2004. Seasonal dynamics in pelagic fish abundance in a Baltic Sea coastal area. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 60: 541-547.
- Baxter, I. G. 1963. A comparison of fecundities of early and late maturity stages of herring in the north-western North Sea. *Rapp. P.-V. Cons. Perm. Int. Explor. Mer* **154**: 170-174.
- Baxter, I.G. & Hall, W.B. 1960. The fecundity of the max herring and a comparison of the fecundities of autumn spawning groups. ICES, C.M. No. **55**: 1-8.
- Farran, G.P. 1938. On the size and number of the ova of Irish herrings. *I. Cons. Int. Explor. Mer* **13**: 91-100.
- Hay, D.E. & Brett, J.R. 1988. Maturation and fecundity of Pacific herring (*Clupea harengus pallasi*): an experimental study with comparisons to natural populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **45**: 399-406.
- Hickling, C.F. 1940. the fecundity of the herring of the southern North Sea. *J. Mar. Biol. Assoc.* **24**: 619-632
- Holliday, F.G.T. 1960. The control of maturation in the herring. ICES C.M. Doc. No. **39**.
- Horwood, J. W., Bannister, R. C. A. & Howlett, G. J. 1986. Comparative fecundity of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **228**: 401-431.
- Hunter, J. R., Macewicz, B. J., Lo, N.C. H. & Kimbell, C.A. 1992. Fecundity, spawning and maturity of female dover sole, *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fish. Bull. U.S.* **90**: 101-128.
- ICES 2005. Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group. ICES CM.
- ICES 2006. Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group. ICES CM.
- Johnson, L.L., Misitano, D., Sol, S. Y., Nelson, G. M., French, B., Ylitalo, G. M. & Hom, T. 1998. Contaminant effects on ovarian development and spawning success in rock sole from Puget Sound, Washington. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **127**: 375-392.
- Järvekülg, A. & Veldre I. 1963. Elu Läänemeres. Eesti Riiklik Kirjastus. Tallinn. 180-186.

- Kiviste, A. 1999. Matemaatiline statistika MS Exceli keskkonnas. Tallinn: GT Tarkvara OÜ. 86
- Kjesbu, O. S., Witthames, P. R., Solemdal, P. & Greer Walker, M. 1998. Temporal variations in the fecundity of Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua*) in response to natural changes in food and temperature. *J. Sea. Res.* **40**: 303-332.
- Kändler, R. & Dutt, S. 1958. Fecundity of Baltic herring. *Rapp. Cons. Explor. Mer.* **143**: 99-108.
- Lankov, A. 2002. Feeding Ecology of the Pelagic Fishes in the Northeastern Baltic Sea in 1980-1990-s. Tallinn. PhD dissertation. 20.
- Le Cren, E.D. 1962. Efficiency of reproduction and recruitment in fresh-water fish. in: Le Cren, E.D. and Holdgate, M.W (eds). The Exploitation of Natural Animal Populations. B.E.S. Symposium No. 2. Oxford: Blackwell.
- Lisiveneko, L.N. 1962. Some data on the growth of larvae and young of spring and autumn herring (salaka) in Riga Gulf. Conseil International pour l'Exploration de la Mer, Annales Biologiques **17**: 215-216.
- MacKenzie, B. R. & Köster, F. W. 2004. Fish production and climate: sprat in the Baltic Sea. *Ecology* **85** (3): 784-794.
- Marshall, T. C., Kjesbu, O. S., Yaragina, N. A., Solemdal, D. & Ultang, Ø. 1998. Is spawning stock biomass a sensitive measure of the reproductive potential of Northeast Atlantic Cod. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **55** (7): 1766-1783.
- Mikelsaar, N. 1984. Eesti NSV Kalad. Valgus. Tallinn. 61-71.
- Murua, H., Kraus, G., Sabarido-Rey, F., Witthames, P.R., Thorsen, A. & Junquera, S. 2003. Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *J. Northn. Atl. Fish. Sci.* **33**: 33-54.
- Ojaveer, E. 1962. Läänemere kirdeosa räime sesoonsete rasside eristamisest otoliitide järgi. *ENSV Tead. Akad. Toim., Biol.* **18**: 193-208.
- Ojaveer, E. 1969. Some results of investigations on erythrocyte antigens of Baltic herring. *ENSV Tead. Akad. Toim., Biol.* **18**: 9-15.
- Ojaveer, E. 1981a. Influence of temperature, salinity, and reproductive mixing of Baltic herring groups on its embryonal development. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* **178**: 409-415.

- Ojaveer, E. 1981b. Fish fauna of the Baltic Sea. in: Voipio, A.(eds.) The Baltic Sea. Elsevier Scientific Publishing Company, 275-283.
- Ojaveer, E. 1989. Population structure of pelagic fishes in the Baltic. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* **190**: 17-21.
- Ojaveer, E. 2003. Baltic Herring *Clupea harengus membras*. In: Ojaveer, E., Pihu, E. & Saat, T. (eds) Fishes of Estonia. Estonian Academy Publishers. Tallinn, 58-79.
- Óskarsson, G. J., Kjesbu, O.S. & Slotte, A. 2002. Predictions of realised fecundity and spawning time in Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*). *J. Sea Res.* **48**: 59-79.
- Oulasvirta P., Rissanen, J. & Parmanne R. 1985. Spawning of Baltic herring (*Clupea harengus* L.) in the western part of Gulf of Finland. *Finnish Fish. Res.* **5**: 41-54.
- Parmanne, R. & Kuittinen, E. 1991. Comparison of the fecundity of herring (*Clupea harengus* L.) in various areas of the northern Baltic Sea. *Finnish Fish. Res.* **12**: 157-164.
- Parmanne, R., Popov, A. & Raid, T. 1997. Fishery and biology of herring (*Clupea harengus* L.) in the Gulf of Finland: A review. *Boreal Env. Res.* **2**: 217-227.
- Parmanne, R., Rechlin, O. & Sjöstrand, B., 1994. Status and future of herring and sprat stock in the Baltic Sea. *Dana.* 28-43.
- Pihu, E. 1987. Matk kalariiki. Valgus. Tallinn, 180-188.
- Polder, J.J.W. & Zijlstra, J.J. 1959. Fecundity in the North Sea herring. ICES, C.M. **84**, Herring Committee. 10 (mimeo)
- Raid, T. & Kaljuste, O. 2006. Towards better understanding of successful management of the Gulf of Riga herring stock. *Hydrobiologia.* **554**: 131-136.
- Raid, T. 1985. The reproduction areas and ecology of Baltic herring in the early stages of development found in the Soviet zone of the Gulf of Finland. *Finnish Fish. Res.*, **6**: 20-34.
- Raid, T. 1998. Herring in the north-eastern Baltic Sea in the 1970-1990s: ecology, stock structure and fishery. Helsinki. PhD dissertation. 5-55.
- Rajasilta, M., Eklund, J., Hänninen, J., Kurkilahti, M., Kääriä, J., Rannikko, P. & Soikkeli, M.1993. Spawning of Herring (*Clupea harengus membras* L.) in the Archipelago Sea. *ICES J. Mar. Sci.* **50**: 233-246

- Rajasilta, M., Kääriä, J., Laine, P., Pajunen, I. & Soikkeli, M. 1996. Is the spawning of the herring in the northern Baltic influenced by mild winters? In: Andrsaits A. (eds.), Proc. 13th BMB-Symposium. Riga, 185-191.
- Rannak, L. 1971. On recruitment to the stock of spring herring in the north-eastern Baltic. Conseil International Pour L'exploration De La Mer. Extrait Du Rapports Et Procès Verbaux **160**: 76-82.
- Rannak, L. 1988. Räim. Valgus. Tallinn. 128
- Rijnsdorp, A.D. 1991. Changes in fecundity of female North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.) between three periods since 1900. *ICES J. Mar. Sci.* **48**: 253-289.
- Saat, T., Laurinson, G. & Lees, J. 2003. Reproduction of stone loach, *Barbatula barbatula* (L.) in Estonia. *Folia biol.* (Kraków) **51** (Suppl.): 193-197.
- Strzyzewska, K. 1960. Fecundity of the Baltic herring in the gulf of Gdansk region. ICES C.M. Herring Committee No. **69**: 1-6.
- Zijlstra, J.J. 1973. Egg weight and fecundity in the North Sea herring (*Clupea harengus*). *Neth. J. Sea Res.* **6** (1-2): 173-204.
- Tanasichuk, R.W. & Ware, D.M. 1987. Influence of interannual variations in winter sea temperature on fecundity and egg size in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **44**: 1485-1495.
- Witthames, P.R., Greer Walker, M., Dinis, M.T. & Whiting, C.L. 1995. The geographical variation in the potential annual fecundity of Dover Sole, *Solea solea*, from European shelf waters during 1991. *Neth. J. Sea Res.* **34**: 45-58.
- Анохина, Л. Е. 1959. О связи плодовитости и жирности салаки (*Clupea harengus membras* L.). Доклад АН СССР. т. **129**, в. 6.
- Бокова, Е. Н. 1954. Питание молоди промысловых рыб Балтийского моря. Труды ВНИРО **26**: 167-176.
- Кривобок, М. Н. И Тарковская, О. И. 1957. Связь между созреванием половых продуктов салаки и количеством жира в ее теле. Тр. Латв. Отд. ВНИРО. в. 2.
- Николаев И.И. 1956. Условия питания и рост салаки. Труды. Балт. НИРО **2**: 115-132
- Оявееэр Э. 1983. Биология и промысел Балтийские сельди. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Таллин. 180-238.

Оявееэр Э. 1988. Балтийские сельди (биология и промысел). „Агропромиздат“. Москва. 204 с.

Раннак, Л. 1970. Плодовитость салаки Финского залива. Труды БалтНИРО, **4**. 228-255.

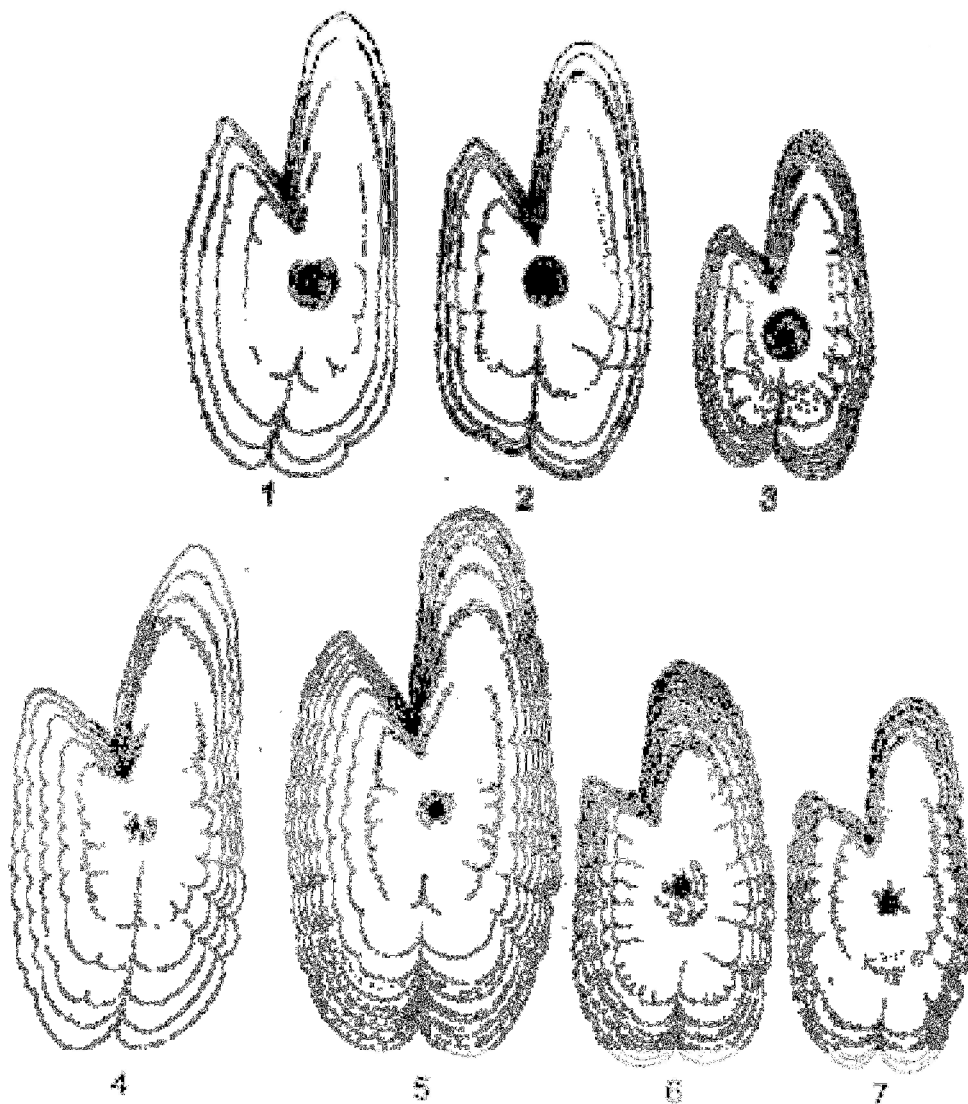
Сушкина, А.П. 1954. Питание салаки Балтисского моря и Рижского залива. Труды ВНИРО **26**: 118-136.

LISAD

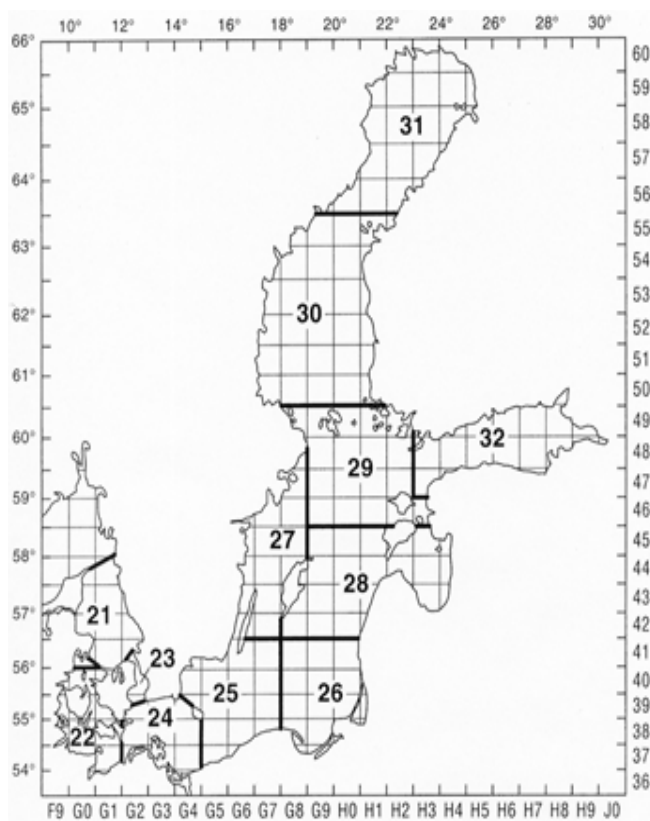
Lisa 1. Kevad- ja sügisräime eristamine otoliitide järgi (vaatlus teostatakse ksüloolis, mustal foonil, kasutades mõõtmiseks okulaarmikromeetrit) (Ojaveer, 1962)

Otoliidi tunnus	Kevadräim	Sügisräim
Keskvälja raadius (hüaliinse osa keskpunktist kuni esimese kasvutsooni sisepiirini)	Kuni 0,15 mm (hiidräimel võib ulatuda 0,20 mm- siis vaata teisi tunnuseid)	0,20-0,25 mm
Nurk rostrumi ja antirostrumi vahel (α) (vt joonis lisas 2)	Suurem (ka postrostrum ja sculus enam arenenud)	Väiksem
Aastaste kalade otoliitide kuju- vaod otoliidis, eriti keskosas	Sügavamad	Vähem sügavamad
Kasvutsoonide laius	Ühtlasem (oluline tunnus eriti vanemate räimede puhul)	Esimene kasvutsoon on võrreldes teiste kasvutsoonidega tunduvalt laiem
Talvetsoonid	Üldiselt kitsad ja tasased	Alates 3.-4.-st tavaliselt väga laiad ja karedad
Otoliidi üldpilt	Siledam, õhuke, habras	Vähem sile, paksem, tugevam

Lisa 2. Avamere sügiskuduräime (1,2), lahe sügiskudu räime (3) ning mere kevadkuduräime (4,5), lahe kevadkuduräime otoliidid (6,7). (Ojaveer, 2003)



Lisa 3. ICES'i piirkonnad Läänemeres (ICES, 2006).



Lisa 4. Viljakuse tabel; Keskmised

Liivi laht							
Vanuserühm	n	L, cm	± SD	W, g	± SD	F1	± SD
2	13	12,7	0,79	12,5	2,19	5240	1341
3	7	15,0	1,34	21,9	6,07	10762	4432
4	7	16,3	1,58	28,5	9,56	12266	4194
5	1	15,4		19,3		6807	
7	2	17,0	1,34	28,9	5,09	9802	3583
Saaremaa piirkonna kevadkuduräim							
Vanuserühm	n	L, cm	± SD	W, g	± SD	F1	± SD
5	2	14,9	0,1	21,4	2,2	10990,3	234,4
6	3	16,3	0,6	26,3	3,4	11179,9	6072,3
7	4	17,6	0,3	32,8	2,9	15642,8	4252,6
8	3	18,2	1,2	36,5	7,5	20227,5	6466,0
9	4	19,8	0,9	54,5	3,8	24099,3	791,3
10	2	20,2		60,6		29322,3	157,1
Läänemere kirdeosa							
Vanuserühm	n	L, cm	± SD	W, g	± SD	F1	± SD
2	1	14,1		12,9		3229,2	
3	6	14,6	2,60	19,0	8,4	7999,7	3652
4	12	14,0	1,48	16,3	4,4	7616,3	3302
5	8	17,0	3,66	34,3	28,1	18408,2	19510
6	6	15,6	0,94	22,7	5,0	10601,9	3606
7	7	17,3	0,62	31,3	4,3	14480,5	5464
8	3	21,1	2,66	61,4	18,5	28138,0	10249
9	1	19,2		49,6		24215,0	
10	1	20,7		63,9		34292,8	
Väinameri							
Vanuserühm	n	L, cm	± SD	W, g	± SD	F1	± SD
3	15	13,8	1,2	16,2	1,5	5671,0	1782,1
4	11	15,1	1,4	22,0	1,8	7276,8	2480,0
5	1	15,7		23,3		9981,7	
6	4	19,5	3,5	59,8	5,9	23901,0	10032,2
7	6	17,3	0,6	32,9	3,7	12938,7	6343,6
8	6	18,1	0,4	36,4	1,8	12755,9	3989,1
9	3	19,4	0,4	54,9	4,1	26079,7	7661,3
11	1	22,6		71,3		17850,5	

Lisa 4 järg. Viljakuse tabel; Keskmised

Soome lahe lääneosa							
Vanuserühm	n	L, cm	SD	W, g	SD	F1	SD
3	5	12,9	0,42	11,9	0,86	3947,1	690
4	10	13,6	0,95	14,1	2,59	4887,5	1605
5	7	15,5	0,83	21,1	6,00	8159,0	3597
6	6	16,0	0,73	23,9	3,07	9563,2	3829
7	10	17,7	0,59	30,0	5,12	12804,9	4120
8	1	17,9		39,2		20474,4	
9	1	19,1		35,9		18441,4	
10	1	20,2		49,3		21670,9	
Saaremaa piirkonna sügiskuduräim							
Vanuserühm		L, cm	SD	W, g	SD	F1	SD
5	4	15,5	0,6	26,6	5,7	10097,6	5220,0
6	10	17,2	0,5	36,6	5,0	11455,4	4961,6
7	27	17,9	0,9	41,8	6,0	15867,2	7043,9
8	28	18,7	0,7	47,9	6,6	19109,3	7940,4
9	16	19,4	0,6	52,4	6,7	22467,9	8294,0
10	5	20,1	0,4	64,7	8,3	28474,3	12606,1
11	3	20,7	0,5	63,0	3,8	19862,8	10273,7
12	1	21,7		69,8		14246,4	

Lisa 5. Kevad (KKR)- ja sügiskuduräime(SKR) võrdlemine Studenti t-testi abil. Kus on *Mean*- aritmeetiline keskmine; *Variance*- dispersioon; *Observations*- valimi maht; *Pooled Variance*- ühendatud valimi dispersioon; *Hypothesized Mean Difference*- oletatav keskväärtuste erinevus; *df*- vabadusastmete arv; *t Stat*- t-statistik; *P(T<=t) one-tail*- Olulisuse tõenäosus ühepoolse hüpoteesi korral; *t Critical one-tail* & *t Critical two-tail* - t-statistiku kriitiline väärtus olulisuse nivoo 0,05 korral; *P(T<=t) two-tail*- Olulisuse tõenäosus kahepoolse hüpoteesi korral.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
6- aastased	SKR	KKR
Mean	11,45537	11,17993
Variance	24,6177	36,87329
Observations	10	3
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	0,07171	
P(T<=t) one-tail	0,473673	
t Critical one-tail	2,353363	
P(T<=t) two-tail	0,947346	
t Critical two-tail	3,182446	
7- aastased	SKR	KKR
Mean	15,86723	15,64278
Variance	49,61703	18,08423
Observations	27	4
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	0,089009	
P(T<=t) one-tail	0,465986	
t Critical one-tail	1,94318	
P(T<=t) two-tail	0,931972	
t Critical two-tail	2,446912	
8-aastased	KKR	SKR
Mean	20,22749	19,10932
Variance	41,80947	63,05047
Observations	3	28
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	0,277913	
P(T<=t) one-tail	0,399566	
t Critical one-tail	2,353363	
P(T<=t) two-tail	0,799132	
t Critical two-tail	3,182446	
9-aastased	KKR	SKR
Mean	24,09932	22,46786
Variance	0,626173	68,79008
Observations	4	16
Hypothesized Mean Difference	0	
df	16	
t Stat	0,77287	
P(T<=t) one-tail	0,225433	
t Critical one-tail	1,745884	
P(T<=t) two-tail	0,450866	
t Critical two-tail	2,119905	

Lisa 6. Piirkondade võrdlemine Studenti t-testi abil 3. aastastel kevadkuduräimedel. Kus on *Mean*-aritmeetiline keskmine; *Variance*- dispersioon; *Observations*- valimi maht; *Pooled Variance*- ühendatud valimi dispersioon; *Hypothesized Mean Difference*- oletatav keskvääruste erinevus; *df*- vabadusastmete arv; *t Stat*- t-statistik; *P(T<=t) one-tail*- Olulisuse tõenäosus ühepoolse hüpoteesi korral; *t Critical one-tail* & *t Critical two-tail* - t-statistiku kriitiline väärtus olulisuse nivoo 0,05 korral; *P(T<=t) two-tail*- Olulisuse tõenäosus kahepoolse hüpoteesi korral.

Piirkond	Liivi laht	Läänemere kirdeosa
Mean	10,76223	7,999697
Variance	19,64269	13,33913
Observations	7	6
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	1,23184	
P(T<=t) one-tail	0,121846	
t Critical one-tail	1,795885	
P(T<=t) two-tail	0,243693	
t Critical two-tail	2,200985	
Piirkond	Läänemere kirdeosa	Väinameri
Mean	7,999697	5,671029
Variance	13,33913	3,175978
Observations	6	15
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	1,492331	
P(T<=t) one-tail	0,093108	
t Critical one-tail	1,94318	
P(T<=t) two-tail	0,186216	
t Critical two-tail	2,446912	
Piirkond	Väinameri	Soomelahe lääneosa
Mean	5,671029	3,9471
Variance	3,175978	0,476434
Observations	15	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	17	
t Stat	3,111266	
P(T<=t) one-tail	0,003175	
t Critical one-tail	1,739607	
P(T<=t) two-tail	0,006349	
t Critical two-tail	2,109816	

Lisa 7. Piirkondade võrdlemine Studenti t-testi abil 4. aastastel kevadkuduräimedel. Kus on *Mean*-aritmeetiline keskmine; *Variance*- dispersioon; *Observations*- valimi maht; *Pooled Variance*- ühendatud valimi dispersioon; *Hypothesized Mean Difference*- oletatav keskvaartuste erinevus; *df*- vabadusastmete arv; *t Stat*- t-statistik; *P(T<=t) one-tail*- Olulisuse tõenäosus ühepoolse hüpoteesi korral; *t Critical one-tail* & *t Critical two-tail* - t-statistiku kriitiline väärtus olulisuse nivoo 0,05 korral; *P(T<=t) two-tail*- Olulisuse tõenäosus kahepoolse hüpoteesi korral.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
Piirkond	Liivi laht	Läänemere kirdeosa
Mean	12,2656	7,616317
Variance	17,58912	10,89996
Observations	7	12
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	2,513653	
P(T<=t) one-tail	0,01536	
t Critical one-tail	1,812461	
P(T<=t) two-tail	0,03072	
t Critical two-tail	2,228139	
Piirkond	Läänemere kirdeosa	Väinameri
Mean	7,616317	7,276836
Variance	10,89996	6,150446
Observations	12	11
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	0,280242	
P(T<=t) one-tail	0,391085	
t Critical one-tail	1,724718	
P(T<=t) two-tail	0,78217	
t Critical two-tail	2,085963	
Piirkond	Väinameri	Soomelahe lääneosa
Mean	7,276836	4,887542
Variance	6,150446	2,577327
Observations	11	10
Hypothesized Mean Difference	0	
df	17	
t Stat	2,643594	
P(T<=t) one-tail	0,008533	
t Critical one-tail	1,739607	
P(T<=t) two-tail	0,017066	
t Critical two-tail	2,109816	

Lisa 8. Piirkondade võrdlemine Studenti t-testi abil 6. aastastel kevadkuduräimedel. Kus on *Mean*-aritmeetiline keskmine; *Variance*- dispersioon; *Observations*- valimi maht; *Pooled Variance*- ühendatud valimi dispersioon; *Hypothesized Mean Difference*- oletatav keskvääruste erinevus; *df*- vabadusastmete arv; *t Stat*- t-statistik; *P(T<=t) one-tail*- Olulisuse tõenäosus ühepoolse hüpoteesi korral; *t Critical one-tail* & *t Critical two-tail* - t-statistiku kriitiline väärtus olulisuse nivoo 0,05 korral; *P(T<=t) two-tail*- Olulisuse tõenäosus kahepoolse hüpoteesi korral.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
Piirkond	Väinameri	Saaremaa
Mean	23,90097	11,17993
Variance	100,6444	36,87329
Observations	4	3
Hypothesized Mean Difference	0	
df	5	
t Stat	2,078661	
P(T<=t) one-tail	0,046109	
t Critical one-tail	2,015048	
P(T<=t) two-tail	0,092219	
t Critical two-tail	2,570582	
Piirkond	Saaremaa	Läänemere kirdeosa
Mean	11,17993	10,60189
Variance	36,87329	13,00068
Observations	3	6
Hypothesized Mean Difference	0	
df	3	
t Stat	0,152022	
P(T<=t) one-tail	0,444409	
t Critical one-tail	2,353363	
P(T<=t) two-tail	0,888818	
t Critical two-tail	3,182446	
Piirkond	Läänemere kirdeosa	Soomelahe lääneosa
Mean	10,60189	9,563189
Variance	13,00068	14,65872
Observations	6	6
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	0,483778	
P(T<=t) one-tail	0,319481	
t Critical one-tail	1,812461	
P(T<=t) two-tail	0,638963	
t Critical two-tail	2,228139	

Lisa 9. Piirkondade võrdlemine Studenti t-testi abil 7. aastastel kevadkuduräimedel. Kus on *Mean*- aritmeetiline keskmine; *Variance*- dispersioon; *Observations*- valimi maht; *Pooled Variance*- ühendatud valimi dispersioon; *Hypothesized Mean Difference*- oletatav keskväärtuste erinevus; *df*- vabadusastmete arv; *t Stat*- t-statistik; *P(T<=t) one-tail*- Olulisuse tõenäosus ühepoolse hüpoteesi korral; *t Critical one-tail* & *t Critical two-tail* - t-statistiku kriitiline väärtus olulisuse nivoo 0,05 korral; *P(T<=t) two-tail*- Olulisuse tõenäosus kahepoolse hüpoteesi korral.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
Piirkond	Saaremaa	Läänemere kirdeosa
Mean	15,64278	12,93873
Variance	18,08423	40,24157
Observations	4	6
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	0,806982	
P(T<=t) one-tail	0,221502	
t Critical one-tail	1,859548	
P(T<=t) two-tail	0,443005	
t Critical two-tail	2,306004	
Piirkond	Läänemere kirdeosa	Väinameri
Mean	14,48048	12,93873
Variance	29,85452	40,24157
Observations	7	6
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	0,465451	
P(T<=t) one-tail	0,32579	
t Critical one-tail	1,812461	
P(T<=t) two-tail	0,65158	
t Critical two-tail	2,228139	
Piirkond	Väinameri	Soome lahe lääneosa
Mean	12,93873	12,8049
Variance	40,24157	16,9737
Observations	6	10
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	0,046164	
P(T<=t) one-tail	0,482155	
t Critical one-tail	1,859548	
P(T<=t) two-tail	0,964311	
t Critical two-tail	2,306004	