

**TARTU ÜLIKOOL  
LOODUS- JA TEHNOLOOGIATEADUSKOND  
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT  
ZOOLOOGIA OSAKOND  
HÜDROBIOLOOGIA ÕPPETOOL**

**Kristiina Jürgens**

**LESTA TOITUMINE NING ARVUKUS JA KASVUPARAMEETRID  
SEoses SÖÖDAVA RANNAKARBI ARVUKUSE MUUTUSTEGA  
KÜDEMA LAHES**

Magistriväitekirj

**Juhendajad:  
Aare Verliin  
Lauri Saks**

Tartu 2009

## Sisukord

Sissejuhatus.....	3
1 Kirjanduse ülevaade lesta bioloogiast.....	5
1.1 Elupaik .....	5
1.2 Toitumine .....	6
1.3 Kasvukiirus .....	8
1.4 Sigimine .....	11
2 Materjal ja meetodika .....	12
2.1 Uurimisala.....	12
2.2 Püügimeetodika .....	13
2.3 Toitumisanalüüs.....	14
2.4 Andmeanalüüs.....	15
3 Tulemused.....	17
3.1 Toitumisanalüüs .....	17
3.2 Arvukus.....	19
3.3 Tüsedusindeks.....	19
3.4 Juurdekasv aastati .....	20
3.5 Püügiaastal moodustunud juurdekasv.....	23
4 Arutelu .....	26
4.1 Toitumine .....	26
4.2 Tüsedusindeks.....	27
4.3 Arvukus.....	28
4.4 Juurdekasv.....	30
Kokkuvõte.....	33
Summary .....	34
Tänuavaldused .....	36
Kasutatud kirjandus .....	37

## Sissejuhatus

Üha hoogustuv merepõhja kasutuselevõtt on tinginud vajaduse selgitada selle potentsiaalseid mõjutusi mere ökoloogiliste võrgustike erinevatele tasanditele. Ehkki mitmetes töödes on leitud, et keskkonnatingimuste muutumisega kaasnevad üldiselt ka muutused põhjaloomastikus (Hänninen & Vuorinen, 2001; Perus & Bonsdorff, 2004) või kalastikus (Power *et al.*, 2002; Peltonen *et al.*, 2007), ei ole siiski tähelepanu pööratud mehhanismidele, mis kannavad abiootiliste tingimuste muutuste mõju edasi toiduahela madalamatelt tasemetelt kõrgematele. Seni on kirjeldatud inimtekkelisi (peamiselt traalpüügi) mõjusid veekogu põhjasubstraadile ja seeläbi muutunud toidubaasi mõju kalade arvukusele (de Juan, *et al.*, 2007). Ometigi on sisuliselt uurimata looduslikest põhjustest tingitud põhjaloomastiku muutuste mõju kaladele.

Muutused kalapopulatsioonide seisundis tulenevad lisaks abiootiliste faktorite mõjust ka muutustest toitumistingimustes. On näidatud, et kalad asustavad eelkõige neid piirkondi, mis vastavad nende elupaiga nõuetele, kaasaarvatud toitumiseelistustele (Wooton, 1995). Kuna toitumisealaseid katseid on looduslikes tingimustes raske läbi viia ning kontrollida, on enamus katseid, mis seostavad kalade toitumisintensiivsuse ja -efektiivsuse nende kasvukiiruse ja konditsiooniga, teostatud tehistingimustes (van der Veer & Witte, 1993; Paulsen & Støttrup, 2004; Baumann *et al.*, 2005; Powers *et al.* 2005). Kuna Eesti rannikumeres on piirkondi, kus on paralleelset läbi viidud nii põhjaloomastiku- kui kalastikuseiret, on võimalik nende andmete põhjal jälgida ja analüüsida muutusi erinevatel ökoloogilise võrgustiku tasemetel.

Küdema uurimisalal on domineerivaks limuseliigiks söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*), mis moodustab merepõhjal suuri kolooniaid (Martin, 2000). Aastal 2002. toimus söödava rannakarbi kolooniate arvukuses ja biomassis oluline vähenemine, mil selle liigi esindajaid lahe seirealalt praktiliselt ei leitud (Kanošina, 2003). Järgneval aastal oli rannakarbi arvukus ja biomass samuti madal, olles siiski 2002. aasta tulemustega võrreldes suurenenud (Martin, 2004). Aastaks 2004 oli loomastiku biomass tõusnud 2003. aastaga võrreldes ligi kolm korda ning lahe põhjaloomastikus domineeris jällegi söödav

rannakarp (Martin, 2005). Söödavad rannakarbid kuuluvad mitmete zoobentosest toituvate kalade nagu emakala (*Zoarces viviparus*), särje (*Rutilus rutilus*) ja ümarmudila (*Neogobius melanostomus*) peamiste toiduobjektide hulka (Mikelsaar, 1984; Sora & Rzeznik, 2001; Lappalainen *et al.* 2005). Üks olulisemaid karpidest toituvaid töönduskalu Läänemeres on lest (*Platichthys flesus trachurus*) (Желтенкова, 1953; Микельсаар, 1958), kes on arvukalt esindatud ka Küdema lahes (Eschbaum *et al.*, 2004). Kuna kalade kasvukiirust üheks enam mõjutavaks teguriks on toit (van der Veer & Witte 1993) ning seeläbi piirkondlik toidubaas, võib eeldada, et söödavate rannakarpide arvukuse ja biomassi vähenemine vaesustab põhjaloomastikust toituvate kalade toidubaasi ning kahandab seeläbi nende elukeskkonna väärtust. On näidatud, et kalade üldine konditsioon ja kasvukiirus sõltub keskkonnatingimuste kvaliteedist, kus seoses toitumistingimuste kvaliteedi langusega võib kaasneda langus ka kalade kasvunäitajates (Paulsen & Støttrup, 2004; Baumann *et al.*, 2005).

Käesoleva töö eesmärkideks on selgitada, kui suure osa lestade toidubaasist Küdema lahes moodustas söödav rannakarp ning kuidas mõjutas söödava rannakarbi arvukuse ja biomassi vähenemine 2002. aastal lestade arvukust, konditsiooni ja juurdekasvu. Söödava rannakarbi olulisuse hindamiseks lesta toidubaasis analüüsiti 2008. aastal püütud lestade seedetrakti sisu ja arvatati toiduobjektide esinemissagedus. Lestade arvukuse hindamiseks kasutati rannikumere kalastiku võrgupüükide saagikuse andmeid ning üldise konditsiooni hindamiseks arvatati kalade individuaalsed түsedusindeksid. Lisaks määrati kalade vanus ja mõõdeti otoliitidelt aastased juurdekasvud, mille põhjal leiti tagasiarvutuste meetodil lestade juurdekasvud keha pikkuses. Kalade kasvuparameetrite ja arvukuse muutusi analüüsiti, eeldades et söödav rannakarp on peamine lesta toiduobjekt ja selle arvukuse ja biomassi vähenemine kajastub ka lesta väiksemas arvukuses, konditsioonis ja kasvukiiruses. Lesta arvukust ja kasvuparameetreid 2002. aastal võrreldi samade näitajate väärtustega söödava rannakarbi arvukuse madalseisule eelnenud ja järgnenud aastatel (2000-2004).

# 1 Kirjanduse ülevaade lesta bioloogiast

## 1.1 Elupaik

Lesta erinevaid alamliike esineb Barentsi ja Valges meres, Vahemeres, Mustas ja Aasovi meres ning Läänemeres. Läänemeres on lesta, kui suure soolsustaluvusega liik, levinud kõikjal – Taani väinadest Põhjalaheni. Madalama soolsusega Soome lahe idaosas ja Põhjalahe põhjaosas on nende arvukus madalam (Mikelsaar, 1984; Florin, 2005).

Erinevate autorite järgi arvatakse lesta populatsioone olevat Läänemeres isegi kuni 15 (Витиньш, 1976; Aro & Sjöblom, 1983; Nissling *et al.*, 2002; Florin & Höglund, 2008). Läänemere idapoolsematel aladel on lesta populatsioonid sigimisbioloogia ja märgistamistulemuste alusel jaotatud rannikul kudevaks läänesoome ning süvikus kudevateks idagotlandi ja gdanski populatsioonideks (Витиньш, 1976). Eesti rannikuvetes on neist esindatud kahe esimese populatsiooni isendid, olles levinud kogu rannikumeres. Kuigi magedaveelistes lahtedes on lesta esinemissagedus väga madal, on mõningaid isendeid leitud ka jõgedes (Pirita, Vääna, Kolga) suudmeist (Mikelsaar, 1984; Kesler & Taal suul.).

Lestad eelistavad peamiselt sellise sügavusega veekihte, kus leidub kõige enam nende vastavale arengujärgule toiduks sobivaid saakobjekte. Lestade paiknemise sügavusjaotus meres on ebahütlane ning sõltub peamiselt kalade vanusest, lähtudes toitumise iseloomu muutumisest kala kasvades. Samasuvised ja üheaastased kalad on suvel liivasel põhjal mõne sentimeetri kuni paari meetri sügavuses vees (Sapota & Kaminska, 1998). Kahekuni neljaaastased isendid paiknevad suvisel toitumisperioodil keskmistel sügavustel, vanemaid isendeid võib leida 30-40 meetri sügavuselt. Sügiseks ja talveks liiguvad lestad vee hapnikusisaldusest sõltuvalt 80-100 meetri sügavusele (Микельсаар, 1958; Ojaveer & Drevs, 2003).

Vanusegrupiline ja suuruseline jaotumine ilmneb eriti hästi ranniku lauge profiili juures, järsema reljeefiga ranniku puhul on lestad enam segunenud. Suve lõpul, mil ööpäevased temperatuurid hakkavad rohkem kõikumama, ühtlustub lesta vanuserühmade levik ka

laugemate rannikute vetes (Микельсаар, 1958). Vanemate isendite paiknemist sügavamates ja jahedamates veekihtides ning nooremate kalade suuremat kontsentratsiooni madalas ja soojemas rannikuvees võib seletada ka optimaalse toitumis- ja kasvutemperatuuri langemisega kalade vanuse suurenemisel (Fonds *et al.*, 1992; Stevens *et al.*, 2006).

Tavaliselt sooritavad idagotlandi populatsiooni lestad, mille koosseisu kuuluvad tõenäoliselt ka Saaremaa rannikuvees toituvad isendid, kuni 95 km pikkusi rändeid kudemispaikadest toitumisaladele (Витиньш, 1976). Gotlandi süviku põhjaosas kudevate lestage toitumISRänne mere madalamatele aladele toimub aprillis ja mais valdavalt ida suunas. Alates augustist ja septembrist algab ränne läbi Irbe väina läände ja edelasse koelmupaikadele (Микельсаар, 1958).

## 1.2 Toitumine

Lesta toitumis- ja aktiivsuseperioodi kohta on kirjanduses vastukäivaid andmeid. Enamasti väidetakse, et lesta peamine toitumisperiood langeb pimedale ning päikesetõusu ja -loojangu ajale (Pihl, 1982; Westin & Aneer, 1987; Gibson, 2004). Samas kuulub lesta visuaalselt toitu otsivate kalade hulka (Moore & Moore, 1976; Aarnio & Mattila, 2000) ja laborikatsetes on näidatud, et lestad toituvad valgel ajal intensiivsemalt kui pimedas (Mattila & Bonsdorff, 1998). Ka Złochi jt. (2005) andmeil toituvad lesta noorjärgud looduslikes tingimustes pigem päeval kui öösel.

Lesta toitumisaktiivsus ja saakobjektide valik sõltub toiduobjekti suurusest, selle paiknemisest veekihtis, varjupaikadest ning liikuvusest, kala konditsioonist ja ujumiskiirusest, vee temperatuurist ja lainetusest (Moore & Moore, 1976). Vetikamattide tekkimine loob uusi varjupaiku saakobjektidele ja halvendab nähtavustingimusi. Visuaalselt saaki jahtivatel lestadel kahandavad makrovetikate ja vetikamattide esinemine toidu kättesaadavust (Aarnio & Mattila, 2000; Andersen *et al.*, 2005a; Grønkjær *et al.*, 2007) ning vähendavad toitumisefektiivsust (Nordstrom & Booth, 2007).

Samasuvised põhjale laskunud lestimaimud toituvad kaldalähedases vees peamiselt

kalamarjast, aerjalalistest (*Copepoda*), karpvähilistest (*Ostracoda*), vesikirbulistest (*Cladocera*), müsiidilistest (*Mysidacea*) ja surusääsklaste (*Chironomidae*) vastsetest (Kostrzewska-Szlakowska & Szlakowski, 1990; Aarnio *et al.*, 1996; Tallqvist *et al.*, 1999; Ojaveer & Drevs, 2003; Russo *et al.*, 2008) Toiduobjektide valik sõltub siiski suuresti toitumisala tingimustest (Nissling *et al.*, 2007).

Kahesuviste kalade (11-12 cm) menüüsse lisanduvad täiskasvanud lestadele omased toiduobjektid: hulkharjasussid (Cl. Polychaeta), väikesed balti lamekarpid (*Macoma balthica*) ja vesiteod (*Hydrobia sp.*) (Желтенкова, 1953; Микельсаар, 1958; Vinagre *et al.*, 2005; Vinagre *et al.*, 2008).

Kolmandast eluaastast (17-22 cm) toimub lesta toidubaasis suurem muudatus, väheneb aerjalaliste, vesikirbuliste ning karpvähiliste hulk, arvukaimaks muutuvad kirpvähilised (O: *Amphipoda*) (Микельсаар, 1958). Toiduspektris tõuseb ka limuste osatähtsus (Бокова, 1954; Vinagre *et al.*, 2008).

Alates neljandast eluaastast (>22 cm) toituvad lestad peamiselt (95-100%) suurematest karpidest – balti lamekarp, liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*), söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*) ja söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*) (Желтенкова, 1953; Štšukina, 1966), toidus esineb ka merikilki (*Saduria entomon*) (Микельсаар, 1958).

Seitsmendal ja kaheksandal eluaastal ilmneb uus järsk muutus, toidust kaovad kirpvähilised, vesiteod, silinderkärslane (*Halicryptus sp.*). Toiduspektris domineerivad balti lamekarp, merikilk ja söödav rannakarp (Микельсаар, 1958). Lesta magudest on leitud ka põhjamere garneele (*Crangon crangon*) ja erinevaid kalu (Желтенкова, 1953). Kalaliikidest on lesta menüüs esindatud ogalik (*Gasterosteus aculeatus*) ja luukarits (*Pungitius pungitius*), räim (*Clupeas harengus membras*), kilu (*Sprattus sprattus balticus*), meritint (*Osmerus eperlanus*), väike tobias (*Ammodytes tobianus*) ja pisimudil (*Pomatoschistus minutus*) (Микельсаар, 1958; Ojaveer & Drevs, 2003; Karlson *et al.*, 2007).

Toiduobjektide valik varieerub sesoonselt ja aastati, sõltudes tugevasti zoobentose koostisest ja lesta vanusest. Lest on võimeline toituma mitmesugustest bentilistest toiduobjektidest ja spetsialiseerub eelistatumale, tõenäoliselt energeetiliselt tulusamale objektile, kui see on levinud (Pyke *et al.*, 1977; Mattila & Bonsdorff, 1998; Andersen *et al.*, 2005a). Lesta lame keha ei soodusta toitumist kiiresti liikuvatest saakobjektidest, küll aga väheliikuvatest põhjaloomadest (Vinagre *et al.*, 2008). See võib olla ka üheks põhjuseks, miks suuremad kalad jätkavad kasvades väiksemate ja liikumiskiiruselt aeglasemate toiduobjektide tarbimist (Karlson *et al.*, 2007; Vinagre *et al.*, 2008).

Toiduobjektide seedimiskiirus ja -efektiivsus sõltub keskkonna temperatuurist. Aerjalalistest läbib lesta seedetrakti elusalt 15 °C juures 53% ja 20 °C 75% ning vesitigudest samadel temperatuuridel vastavalt 46% ja 92%. Samas katses toiduobjektina kasutatud balti lamekarbist hukkusid kõik (Aarnio & Bonsdorff, 1997). Laboratooriumis Põhjamere lestade ainevahetuse katsetest selgus, et tarbitud toidust saadud energia jaguneb peaaegu võrdselt metabolismi (42–47%) ja kasvu (53–55%) vahel. Võib oletada, et võrreldes pelaagiliste kaladega kulutavad lestalised ujumisele suhteliselt vähem energiat, mistõttu kasvamiseks jääb seda seega rohkem (Fonds *et al.*, 1992).

### 1.3 Kasvukiirus

Lest on suhteliselt aeglase kasvuga kala. Äsjakoorunud eelvastne on Läänemeres 3-4 mm pikk. Vastne läbib moonde 10 mm pikkuselt ja langeb põhja. Moonde ajal lesta pikkuskasv pidurdub ja ka pikkus võib mõnevõrra kahaneda (Mikelsaar, 1984). Esimesel aastal on kasv suhteliselt aeglane. Järgmisel aastal kasvukiirus tõuseb, kuid hakkab taas aeglustuma järgnevatel aastatel.

Kasvukiirus järgib Läänemeres lõuna-põhja ja lääne-ida suunalist vähenemist (Drevs *et al.*, 1999). Süvikukudulestad koevad Läänemere lõunaosa süvikutes varem kui rannikukudulestad Eesti rannikumadalatel, mistõttu nende populatsioonide isenditel on aktiivne toitumis- ja seega ka kasvuperiood pikem (Drevs, 2005). See on üheks põhjuseks, miks idagotlandi populatsiooni isendite kasvukiirus on suurem kui läänesoome populatsiooni isenditel (Ojaveer & Drevs, 2003). Samasuvised lestad on Soome lahes

keskmiselt 4 cm pikkused (Raitaniemi *et al.*, 2000) ja Gdanski lahes 6 cm pikkused (Draganik & Kuczyński, 1993). Samas nende populatsioonide isendite kasvukiirus Eesti rannikuvetes ei erine (Микельсаар, 1958).

Individuaalne kasvukiirus on lestadel väga erinev. Juurdekasv varieerub Soome lahes vahemikus 0,4-1,9 cm kuus. Aastane keskmine juurdekasv on 6,28 cm (Микельсаар, 1958). Erinevust aastastes juurdekasvudes saab seletada pikkuskasvu aeglustumisega suguküpsuse saavutamisel. Suguküpsed kalad kasvavad keskmiselt 1-1,5 cm aastas (Микельсаар, 1958). Lestade ühe vanusegrupi keskmist kasvu on raske määrata, sest sama kohordi suuremad isendid laskuvad sügavamale parematele toitumisaladele ja seetõttu saavad eelise aeglasekasvuliste isendite ees (Микельсаар, 1958; van Leeuwen & Vethaak, 1988).

Kalade kasvukiirust mõjutavad tegurid saab jagada üldiselt kaheks – välisteguriteks ja (kala füsioloogilisest konditsioonist sõltuvateks) endogeenseteks teguriteks (Wootton, 1995). Enim mõjutab lesta kasvukiirust toidu hulk ja selle kättesaadavus (van der Veer & Witte 1993; Tarpgaard *et al.*, 2005). Lisaks sõltub kasv ka populatsiooni tihedusest, rännetest, soost, vanusest, kala füsioloogilisest konditsioonist, parasiitidest, haigustest ning hüdroloogilistest tingimustest – soolsusest ja temperatuurist (Vitinsh, 1988; Sapota & Mudrak, 1998; Tallqvist *et al.*, 1999). Üksikisendi kasvukiirust võivad aeglustada ka kalapüüniste, lindude või hüljeste poolt tekitatud vigastused (Drevs, 2006).

Läänemeres on täheldatud lesta kasvukiiruse suurenemist merevee soolsuse tõustes (Drevs *et al.*, 1999), kuid samas on Põhjameres lesta kasvukiirus riim- ja magevees üldiselt suurem kui soolases vees. See on seletatav sellega, et Põhjamere piirkonnas on jõgedes paremad toitumistingimused kui meres. Samuti on jõgedes vee temperatuur kõrgem, mistõttu lesta ainevahetus on kiirem ja toiduvajadus suurem (van Leeuwen & Vethaak, 1988; Fonds *et al.*, 1992).

Kasvukiirust oluliselt mõjutavaks teguriks on ka temperatuur. Läänemere lõunaosas, kus veetemperatuur on kõrgem, kasvab lest kiiremini, kolmeaastaselt on kalade keskmine

pikkus juba 20-21 cm. Kirdeosas ja avamere jahedamas vees, on kasv aeglasem, kolmeaastased lestad on keskmiselt vaid 15-16 cm pikkused (Štšukina, 1966). Kui Läänemere lõunaosas on täheldatud nooremate vanusegruppide kiiremat kasvu võrreldes mere põhjaosa lestadega, siis vanemate isendite kasv on kiirem just mere põhjaosas (Dreves *et al.*, 1999).

Lesta kasvukiirus sõltub ka isendi vanusest. Esimestel eluaastatel on lesta kasv kiireim (Antoszek & Krzykowski, 2005), kuid hakkab suguküpsuse saavutamisel langema. Lestalistel, kes koevad esmakordselt, kulutavad osa energiast küll suguproduktide valmistamisele, kuid ei pea samas taastama eelmisel kudemisel kaotatud energiavarusid. Seetõttu avaldub langus kasvukiiruses peamiselt peale esimest kudemisperioodi (Nash & Geffen, 2005).

Kuigi mitmete merekalade puhul pole populatsiooni tihedusest sõltuvat kasvukiiruse muutust täheldatud (van der Veer & Witte 1993), on lestade puhul näidatud selle teguri mõningast mõju kasvukiirusele. Nõrk negatiivne seos kasvu ja populatsiooni tiheduse vahel on leitud nii lestade noorjärgudel kui ka suguküpsetel kaladel (Molander, 1955; Lorenzen & Enberg, 2001).

Hüpoksiaal ehk hapnikuvaegusel on lestade kasvukiirusele kaudne mõju, põhjustades muutusi peamiselt toiduobjektide jaotumisel rannikumeres ning seeläbi mõjutades ka lestade kasvu. Kuigi lesta vere kõrge hemoglobiinisaldus tõstab kala vastupidavust hüpoksiaale, on täheldatud kalade ainevahetuse aeglustumist, kui hapniku kontsentratsioon langeb alla 40% küllastatuse. Hüpoksiast tingitud stress võib põhjustada toitumisaktiivsuse langust ning selle läbi ka kasvukiiruse aeglustumist. Hapnikusalduse langedes vees alla 30% küllastatusest toituvad lestadest vaid üksikud isendid (Tallqvist *et al.*, 1999). Hapnikupuudus võib ilmnedagi Läänemere sügavamates kihtides kui ka massiliste vetikaõitsengute tagajärjel madalas rannikulähedases vees, põhjustades seeläbi just lestade noorjärgude kasvukiiruse alanemist või isegi isendite hukkumist (Dreves *et al.*, 2007).

## 1.4 Sigimine

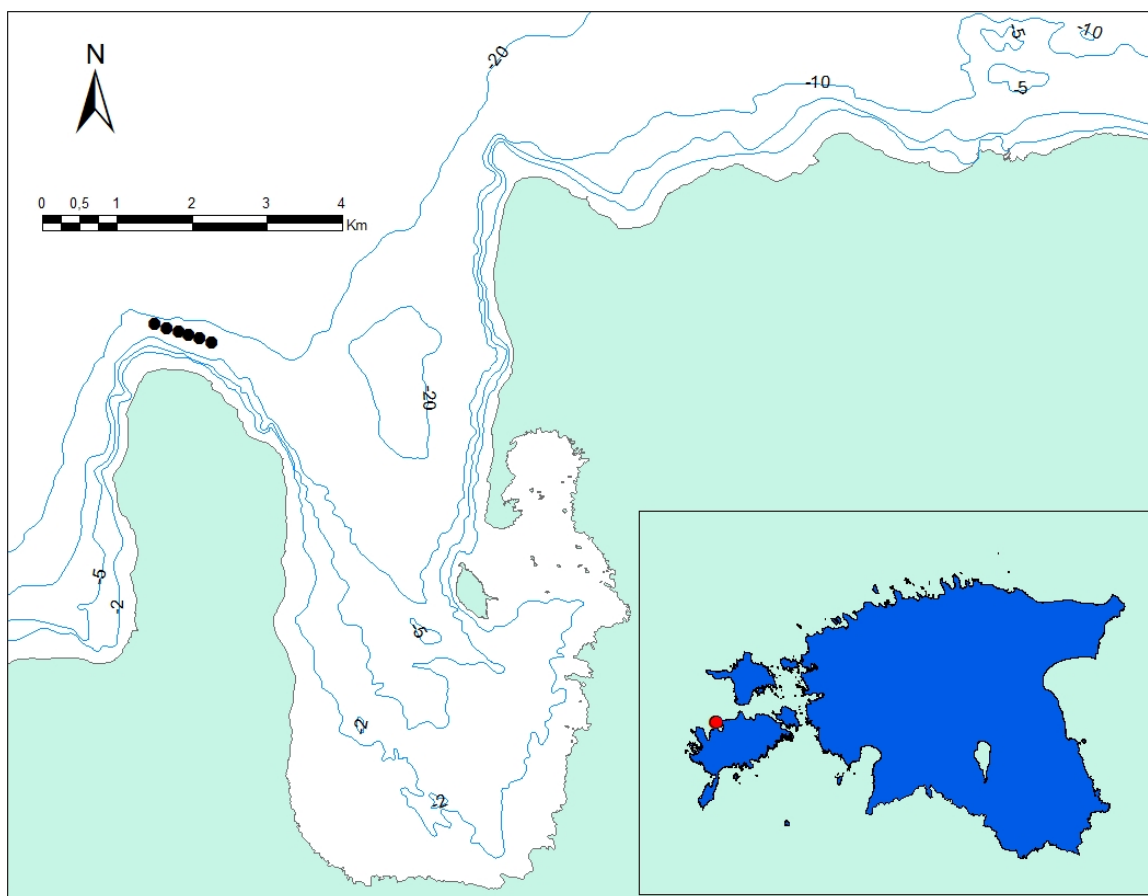
Sigimisbioloogia alusel eristatakse Läänemeres kahte lesta rassi: 1) süvikukudulest *Platichthys flesus trachurus natio baltica* infranatio *pelagicus* ja 2) rannikukudulest *Platichthys flesus trachurus natio baltica* infranatio *sublitoralis* (Mikelsaar, 1984). Lestade kudemisaeg Läänemeres on aprillist juunini, nihkudes ajas edasi põhja- ja idasuunas (Бетешева & Куликова, 1954). Eesti vetes koeb lesta enamasti aprillis-mais (Mikelsaar, 1984). Lestad saavutavad suguküpsuse üldjuhul kolme- kuni kuueaastaselt, üksikud isased ka juba kaheaastaselt (Ojaveer & Drevs, 2003). Minimaalne registreeritud pikkus suguküpsetel isastel on 15,2 cm ja emastel 18,5 cm. Süvikukudulestade vastavad mõõtmed on suuremad (Mikelsaar, 1984).

Peamised süviku- ja rannikukoelmute vahelised erinevused avalduvad sügavusest tingitud erinevates valgus-, temperatuuri- ja gaasirežiimides. Vee sügavusest sõltub ka selle kihi soolsus, samuti põhjahoovused, mis on peamised marja ujuvust määravad tegurid (Микельсаар, 1958). Läänemere lõunaosas koonduvad lestad kudema Gdanski, Bornholmi ja Arkona süvikutesse, põhja pool Gotlandi süvikusse. Rannikukudulestad koevad Eesti põhjaranniku lahtedes ja Hiiumaa lähedal (Ojaveer & Drevs, 2003). Pärast koorumist kanduvad süvikukudulesta noorjärgud hoovustega kirde suunas asuvatele madalamatele magedamatele merealadele, kus nad läbivad metamorfoosi ja laskuvad põhja. Katseliselt on tõestatud, et lesta vastsed ja metamorfoosi läbinud kalad eelistavad magedamat vett (Bos & Thiel, 2006). Rannikukudu lestade noorjärkude puhul on samuti täheldatud rännet ida ja kirde suunas (Микельсаар, 1958).

## 2 Materjal ja meetoodika

### 2.1 Uurimisala

Töös kasutatud materjal koguti TÜ Eesti Mereinstituudi poolt teostatava rannikumere kalastiku seire programmi raames aastatel 2000-2008 Küdema lahest. Küdema laht asub Saaremaa loodeosas ja on avatud Läänemere avaosa vetele (joonis 1). Lahe soolsusrežiim on sõltuv sageli toimuvatest apvellingutest (süvavete kergetest), kõikudes vahemikus 5-7 ‰. Otsest magevee mõju piirkonnas pole. Küdema lahe põhjasubstraat varieerub lahe madalamas osas liivasest ja klibusest põhjast paesel alusel kuni kõva paekaljuni (Martin, 2000).



Joonis 1. Uurimisala paiknemine Eesti rannikumeres Loode-Saaremaal. ● - püügijaamade asukoht Küdema lahes.

Põhjataimestiku katvus Küdema lahes on küllaltki suur, olles maksimaalne 4,5-5 m sügavusel. Põhjaloostiku liigiline mitmekesisus on küllaltki väike, alalt on leitud 12 liigi esindajaid. Alates ligikaudu 2,8 m sügavuselt asustab merepõhja suure katvusega ja arvukusega söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*), mis moodustab ka põhilise biomassi ning katab enamuse merepõhjast lausaliselt alates kaheksa meetri sügavuselt (Martin, 2000).

2002. aasta eripäraks oli söödava rannakarbi kolooniate arvukuse vähenemine Küdema uurimisalal. Kõikidel eelnevatel aastatel (1996-2001) moodustas söödava rannakarbi populatsioon allpool põisadru võõndit enamuse biomassist, kuid 2002. aastal seda liiki Küdema lahe seirealalt praktiliselt ei leitud (Kanošina, 2003). 2003. aastal oli rannakarbi arvukus ja biomass samuti madal, olles siiski eelmise aastaga võrreldes suurenenud (Martin, 2004). Järgneval aastal oli loomastiku biomass tõusnud ligi kolm korda ning domineeris jällegi söödav rannakarp (Martin, 2005).

## 2.2 Püügimetoodika

Käesolevas töös kasutatud kalad püüti kuuest fikseeritud asukohaga püügijaamast (22°33'N 22°12'E), igal aastal kokku kuue öö vältel. Iga jaam koosnes 1,8 m kõrgustest ja 30 m pikkustest nakkevõrkudest, silmasuurusega 22, 30, 38, 50 ja 60 mm vastavalt standardsele seiremetoodikale (Thoresson, 1993). Jaamad paiknesid 14-20 m sügavusel. Püügid sooritati hilissügisel oktoobris-novembris, mil veetemperatuur oli langenud alla 12 °C. Püükide aeg on valitud ala püükalastiku iseloomustamiseks (Eschbaum *et al.*, 2004). Püügiperioodi keskmiste veetemperatuuride arvutamisel kasutati Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi andmeid. Mõõtmistulemused pärinevad Ristna, kui Küdema lahele lähimal asuvast, avamerelise mõjuga uurimisjaamast. Püügiperioodi keskmised veetemperatuurid (keskmine±SD) olid aastatel 2000-2004 vastavalt 11,0±0,6 °C, 7,4±0,6 °C, 3,1±0,7 °C, 5,8±0,8 °C ja 9,2±0,9 °C. Aastal 2008 püügipiirkonnas mõõdetud keskmine veetemperatuur oli 11,5±0,1 °C. Kalade arvukuse hindamiseks kasutati keskmist kalade arvu ühe jaamöö kohta uurimisaastal [CPUE – saak püügiühiku kohta (*catch per unit of effort*)] (Thoresson, 1993).

Püütud kaladel mõõdeti üldpikkus täpsusega üks millimeeter, kaaluti üldmass täpsusega üks gramm ning määrati sugu ja suguküpsuse aste (kuuepallisüsteemis). Tehti kindlaks kalade poolsus – märgiti, kummal kehaküljel paiknesid isendite silmad. Lestade vanuse määramiseks koguti aastatel 2000-2007 igalt isendilt võimaluse korral kaks otoliiti (*sagitta*). Vanus määrati kogutud murtud ja põletatud otoliitidelt, nagu on ühe sobiva meetodina soovitanud ICES (2007; 2008) ning Gårdmark jt. (2007). Lisaks mõõdeti tervetelt otoliitidelt 16-kordse suurendusega pealtvalgustusega binokulaarmikroskoopi kasutades otoliidi raadius tsentrumist rostrumi suunas täpsusega 0,05 mm. See raadius on tugevaimas seoses kala pikkusega (Draganik & Kuczyński, 1993; Sapota & Mudrak, 1998). Raadiusega samas suunas mõõdeti otoliidi aastased juurdekasvud ja kasutati edasistes arvutustes. Kalade aastase individuaalse juurdekasvu määramiseks teostati pikkuste tagasiarvutus. Kuna lesta üldpikkuse ja otoliidi raadiuse vahel on lineaarne seos (Sapota & Mudrak, 1998; käesolevas andmestikus:  $TL=31,9+4,29*R$ ;  $r^2=0,66$ ;  $n=1938$ ;  $p<0,0001$ ) ning tagasiarvutuste tulemused on mõjutatud Lee fenomenist, siis kasuti pikkuste arvutamiseks Fraser-Lee valemit:

$$L_t = R_t \left( \frac{L_c - a}{R_c} \right) + a, \text{ kus;}$$

$L$  – kala üldpikkus,

$R$  – otoliidi raadius,

$t$  – kala leitav vanus,

$c$  – pikkus püügihetkel,

$a$  – regressioonsirge lõikepunkt y-teljega (Francis, 1990; Draganik & Kuczyński, 1993).

### 2.3 Toitumisanalüüs

Toitumise analüüsimiseks eemaldati 2008. aastal kogutud 271 lesta seedetrakt ning säilitati hilisemaks analüüsimiseks -20 °C juures. Toiduobjektide esinemise korral määrati saakobjektid võimalikult täpseima taksonoomilise järguni, kalade ja limuste puhul üldjuhul liigi tasemeni. Toiduobjektide esinemissageduse iseloomustamiseks arvutati toiduobjekti esinemissageduse indeks (OI) (Hyslop, 1980), kus OI on vastava saakobjekti esinemise protsent kõigi toitu sisaldavate seedekulglate seast. Hindamiseks toiduobjektide tarbimise muutumist kala kasvades arvutati saakobjekti esinemissagedus

lesta erinevates pikkusgruppides. Kalad jaotati üldpikkuse alusel kolme gruppi – väikesed (<200), keskmised (201-250) ja suured (>250) (Щукина, 1970; Karlson *et al.*, 2007). Toiduobjektide esinemissagedusi võrreldi  $\chi^2$ -testiga.

Lesta toitumiseelistuse hindamiseks kasutati Ivlevi selektiivsuseindeksit (*index of electivity*). Ivlevi selektiivsuseindeks arvutati kasutades valemit :

$$E = \left( \frac{r_i - p_i}{r_i + p_i} \right), \text{ kus};$$

$E$  – selektiivsuseindeks,

$r_i$  – saaklooma suhteline osakaal seedetraktis ja

$p_i$  – saaklooma suhteline osakaal keskkonnas (Wooton, 1995).

Selektiivsuseindeksi väärtus jääb vahemikku -1 kuni +1, kus positiivsed väärtused näitavad toiduobjekti eelistamist ja negatiivsed väärtused vältimist. Väärtus null näitab toiduobjekti juhuslikku valikut.

Töös kasutatud Küdema lahe põhjaloomastiku arvukused pärinevad TÜ Eesti Mereinstituudi põhjaloomastikuseire andmebaasist. Analüüsist jäeti välja lahes esinevad põhjaloomastikuliigid, kellest lestad Küdema uurimisalal ei toitunud.

## 2.4 Andmeanalüüs

Saagikuse hindamiseks võrreldi CPUE-sid püügiaastate kaupa  $\chi^2$ -testiga. CPUE ja püügiperioodi keskmiste veetemperatuuride vahelise seose leidmiseks kasutati korrelatsioonanalüüsi.

Kalade üldseisundi iseloomustamiseks kasutati Fultoni tusedusindeksit. Kuna seiretööde käigus mõõdeti kalade üldpikkus, siis see teisendati pikkuseks sabauime alguseni (Saat *et al.*, 2007) ning saadud väärtusi kasutati lestade individuaalsete Fultoni tusedusindeksite arvutamisel (Wooton, 1995). Fultoni tusedusindeks sõltub kala vanusest, suguküpsuse astmest, mao täitumusest ning üldisest toitumuslikust ja tervislikust seisundist, olles seega seotud kala kasvuga, mille langus peaks peegeldama kasvukoha erinevust optimaalsest

(Andersen *et al.*, 2005b). Hindamiseks erinevate tegurite mõju Fultoni tusedusindeksile kasutati mitmefaktorilist dispersioonanalüüsi. Fultoni tusedusindeksi andmestiku viimiseks parameetriliste testide eeldustele vastavaks kasutati individuaalsete väärtuste kümnendlogaritmitseisendust. Algselt kaasati mudelisse püügiaasta, sugu, kalade vanus ja poolsus, millest analüüsi käigus eemaldati ükshaaval statistiliselt mitteolulised tegurid ning nende koosmõjud. Erinevate tegurite keskmisi väärtusi võrreldi *Unequal N HSD*-testiga.

Otoliitidelt tagasiarvutatud aastaste juurdekasvude (suvine ja talvine kasvutsoon otoliitidel) hindamiseks aastate lõikes vanuste kaupa, jaotati lestad kaheksasse gruppi nii, et esimesse gruppi kuulusid samasuvised ehk üheaastased ja seitsmendasse gruppi seitsmeaastased kalad. Viimase, kaheksanda grupi moodustasid kaheksa-aastased ja vanemad isendid. Kaheksanda grupi lestade juurdekasvus statistiliselt olulist erinevust ei esinenud (Kruskal-Wallise test:  $p>0,05$ ).

Saaremaa lähistel läbiviidud märgistamis- ja taaspüügitlemuste alusel (Щукина, 1970; Витиньш, 1976), milles märgistatud lesti püüti järgnevatel aastatel nii samast kui ka teistest Läänemere piirkondadest, võib eeldada, et lestad ei pruukinud kõikidel püügiaastatele eelnenud eluaastatel Küdema lahes toituda. Seetõttu analüüsiti lestadel viimasel eluaastal ehk püügiaastal moodustunud juurdekasve vanuste kaupa. Selleks jagati kalad vanuste kaupa kuude gruppi nii, et esimesse gruppi kuulusid kolmeaastased lestad, kuna nooremate isendite valim võrgupüügis oli liiga väike, ja kuuendasse gruppi kaheksa-aastased ja vanemad isendid.

Sugusid käsitleti kasvuparameetrite analüüsis eraldi, kuna emaste lestade kasvukiirus oli alates teisest eluaastast statistiliselt oluliselt suurem kui isastel kaladel (Mann-Whitney U-test:  $2,71<Z<7,92$ ;  $0,0001<p<0,007$ ). Parem- ja vasakpoolseid kalu kasutati andmeanalüüsis koos, kuna nende poolsuse ja soo vahel statistiliselt olulist seost ei leitud (Kruskal-Wallise test:  $H=0,65$ ;  $p=0,42$ ;  $n=1938$ ). Samuti ei täheldatud aastaste juurdekasvude sõltuvust poolsusest (Kruskal-Wallise test:  $p>0,05$ ). Püügiaasta juurdekasvude ja aastaste juurdekasvude võrdlemiseks vanuseti kasutati Kruskal-Wallise testi.

### 3 Tulemused

Töös kasutatud 4271 lestast määrati vanus 1938 isendil, neist 1068 olid emased ja 870 isased. Analüüsitud kalad olid pikkusvahemikus 87-360 mm, neist noorimad üheaastased ja vanimad 13-aastased. Toitumisanalüüsis kasutati 271 kala, neist 153 olid emased ja 118 isased.

#### 3.1 Toitumisanalüüs

2008. aastal püütud kaladest sisaldasid toitu 213 (79%) isendit ja 58 (21%) juhul olid lestad tühja seedetraktiga. Analüüsitud kalade toidus määrati 14 erineva põhjeluviisilise selgrootu ja viie kalaliigi esindajaid. Lisaks sisaldasid lestad seedetraktid vetikaid, veetaimi ja kive. Kõige sagedamini esines lestad seedetraktis söödavat rannakarpi (OI=69,5%), järgnesid söödav südakarp (34,3%), balti lamekarp (32,9%) ja liiva-uurikkarp (32,9%). Söödava rannakarbi esinemissagedus oli lesta seedetraktis suurim, erinedes oluliselt teiste peamiste toiduobjektide esinemissagedusest. Teiste enamlevinud toiduobjektide esinemissageduste vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud (tabel 1). Kaladest sisaldasid lesta seedetraktid räime, emakala, ogalikku, sugukonna mudillased (*Gobiidae*) määramata isendeid ning musta mudilat (*Gobius niger*). Lesta soolestikus esines kive 62 (29,1%) juhul. Kivide esinemissagedus oli tugevasti seotud söödava rannakarbi esinemissagedusest ( $\chi^2=41,9$ ;  $df=1$ ;  $p<0,0001$ ) lesta seedetraktis.

Tabel 1. Enamesindatud toiduobjektide esinemissageduste võrdlus.

	$\chi^2$	<i>p</i>
söödav rannakarp – balti lamekarp	<b>13,1</b>	<b>0,0003</b>
söödav rannakarp – söödav südakarp	<b>11,9</b>	<b>0,0006</b>
söödav rannakarp – liiva-uurikkarp	<b>19,5</b>	<b>&lt;0,0001</b>
söödav rannakarp - vesitigu	<b>29,1</b>	<b>&lt;0,0001</b>
balti lamekarp – söödav südakarp	0,03	0,86
balti lamekarp – liiva-uurikkarp	0,74	0,39
söödav südakarp – liiva-uurikkarp	1,1	0,30

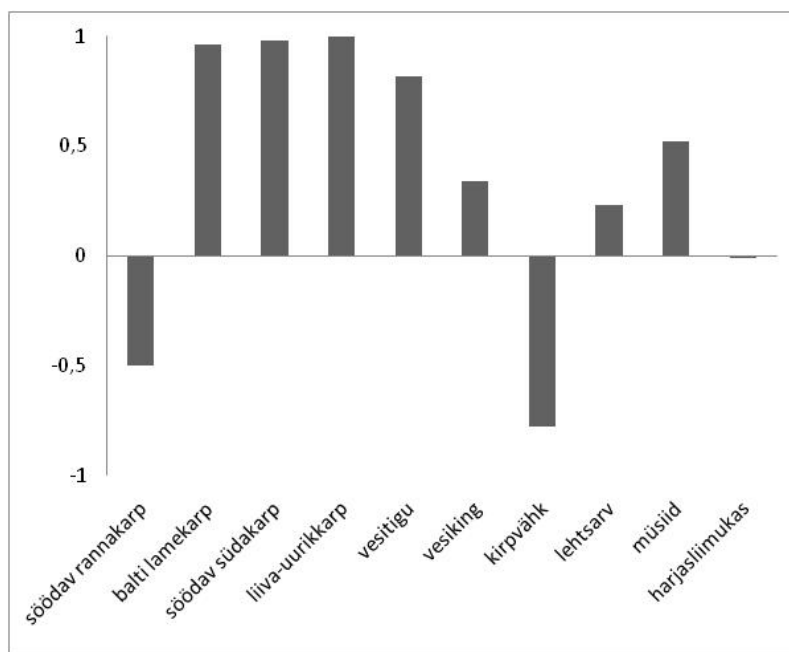
Lesta toiduobjektide esinemissageduste muutus kala kasvades on kirjeldatud tabelis 2. Erinevate pikkusgruppide toiduobjektide esinemissagedused erinesid üksteisest ( $\chi^2=94,9$ ;  $df=18$ ;  $p<0,0001$ ). Söödava rannakarbi esinemissagedus oli suurim keskmise suurusega kaladel ja väikseim suurtel kaladel, jäädes siiski kõigis pikkusgruppides enimtarbitumaks toiduobjektiks. Kala kasvades suurenesid seedetraktis balti lamekarbi ( $\chi^2=19,8$ ;

$p < 0,0001$ ), söödava südakarbi ( $\chi^2=14,4$ ;  $p=0,0007$ ), liiva-uurikkarbi ( $\chi^2=13,2$ ;  $p=0,001$ ) ja vesiteo ( $\chi^2=23,1$ ;  $p=0,001$ ) esinemissagedused. Söödava rannakarbi ( $\chi^2=9,2$ ;  $p=0,01$ ) ja kalade ( $\chi^2=17,8$ ;  $p=0,0001$ ) esinemissagedused olid pikkusgrupiti erinevad, kuid kindlat muutumissuunda kala kasvades ei ilmnud. Garneelide ( $\chi^2=5,8$ ;  $p=0,055$ ), teiste mittelubikojaliste selgrootute ( $\chi^2=4,0$ ;  $p=0,14$ ), muude toiduobjektide ( $\chi^2=4,5$ ;  $p=0,11$ ) ja kivide ( $\chi^2=2,7$ ;  $p=0,26$ ) esinemissagedustes erinevust ei ilmnud. Emaste ja isaste kalade toitumine statistiliselt oluliselt ei erinenud ( $\chi^2=16,6$ ;  $df=9$ ;  $p=0,06$ ).

Tabel 2. Lesta toiduobjektide esinemissagedus (%) kala pikkusgruppide kaupa.

	n	söödav rannakarp	balti lamekarp	söödav südakarp	liiva-uurikarp	vesitigu	garneel	kala	muu selgrootu	muu kivid	
<200	54	75,9	13	14,8	13	3,7	9,3	13	9,3	13	22,2
201-250	84	83,3	32,1	38,1	23,8	16,7	7,1	2,4	20,2	6	34,5
>250	75	49,3	48	43,6	38,7	32	1,3	24	16	5,3	28

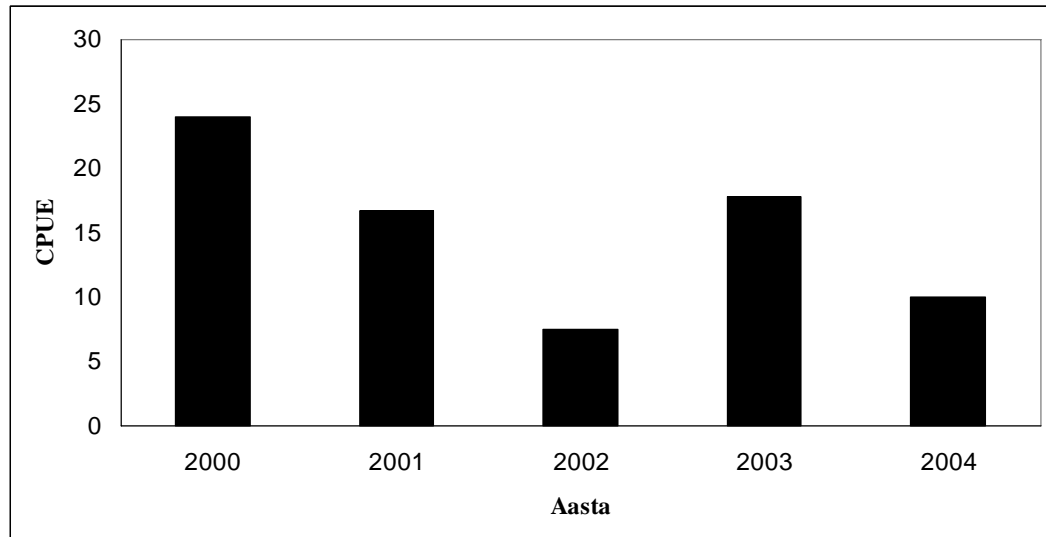
Lest eelistas toituda balti lamekarpidest, söödavatest südakarpidest, liiva-uurikarpidest, vesitigudest, müsiidilistest, vesikingadest ja lehtsarvedest. Samas vältisid nad toiduobjektina söödavaid rannakarpe ja kirpvähke. Harjasliimuka (*Hediste diversicolor*) esinemine lesta seedetraktis oli nõrgalt negatiivse selektiivsuseindeksi alusel juhuslik (joonis 2).



Joonis 2. Lesta bentiiliste toiduobjektide selektiivsuseindeksi väärtused Küdema lahes.

### 3.2 Arvukus

Lesta saagikus jaamöö kohta (CPUE) oli aastati erinev ( $\chi^2=10,9$ ;  $df=4$ ;  $p=0,03$ ). Arvukus erines statistiliselt oluliselt aastatel 2000 ja 2002 ( $\chi^2=8,00$ ;  $p=0,005$ ), 2000 ja 2004 ( $\chi^2=5,77$ ;  $p=0,02$ ) ning 2002 ja 2003 ( $\chi^2=3,85$ ;  $p=0,049$ ). Madalaim CPUE oli 2002. aastal (joonis 3).



Joonis 3. Lesta saagikus (CPUE) Küdema lahes aastatel 2000-2004.

Lesta arvukuse ja püügiperioodi keskmise temperatuuri vahel esinev positiivne seos ei osutunud käesolevas andmestikus statistiliselt usaldusväärseks ( $r_s=0,60$ ;  $n=5$ ;  $p=0,28$ ).

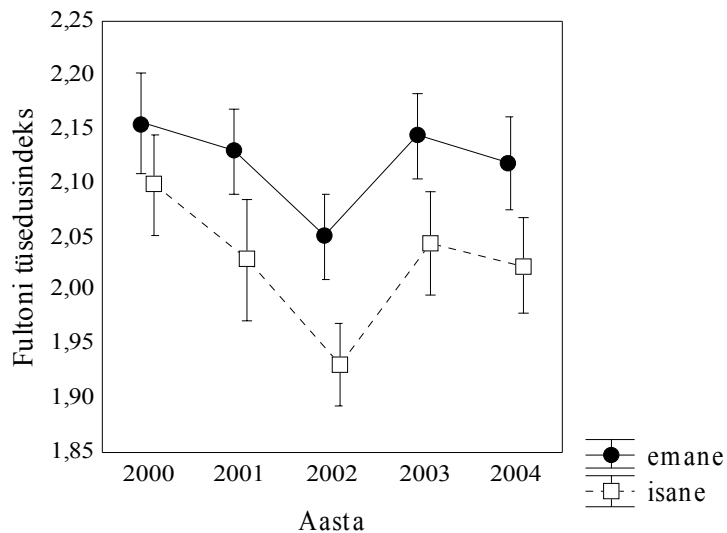
### 3.3 Tüsedusindeks

Analüüsitud lestade Fultoni tüsedusindeksid sõltusid oluliselt nii aastast, soost kui ka vanusest (tabel 3). Madalaimad tüsedusindeksid esinesid 2002. aastal (joonis 4), erinedes oluliselt kõigil teistel uurimisaastatel esinenud tüsedusindeksitest (post hoc Unequal N HSD-test:  $0,0001 < p < 0,002$ ). Teiste aastate tüsedusindeksite vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud (post hoc Unequal N HSD-test:  $p > 0,05$ ).

Tabel 3. Aasta, soo ja vanuse mõju lestade Fultoni tüsedusindeksile.

	F	p
aasta	11,1 <sub>4,1141</sub>	<0,0001
sugu	57,3 <sub>1,1141</sub>	<0,0001
vanus	9,4 <sub>6,1141</sub>	<0,0001

Tüsedusindeks oli kõigil analüüsitud aastatel emastel lestadel kõrgem kui isastel (*post hoc Unequal N HSD-test:  $p < 0,0001$* ). Suurim tüsedusindeksi väärtus esines kolmeaastastel lestadel, erinedes oluliselt viieaastaste ja vanemate kalade tüsedusindeksitest (*post hoc Unequal N HSD-test:  $0,001 < p < 0,0001$* ). Kuueaastaste kalade tüsedusindeksid olid väikseimad, erinedes oluliselt kahe-, kolme- ja nelja-aastaste lestade tüsedusindeksitest (*post hoc Unequal N HSD-test:  $0,0001 < p < 0,007$* ). Teiste vanuserühmade isendite tüsedusindeksite väärtuste vahel statistiliselt olulist seost ei ilmnenu. Lesta tüsedusindeks kala poolsusest ei sõltunud ( $F_{1;1141}=1,2; p=0,3$ ).



Joonis 4. Emaste ja isaste lestade Fultoni tüsedusindeksi väärtused (aritmeetiline keskmine  $\pm$  SE) aastatel 2000-2004 ( $n=1153$ ).

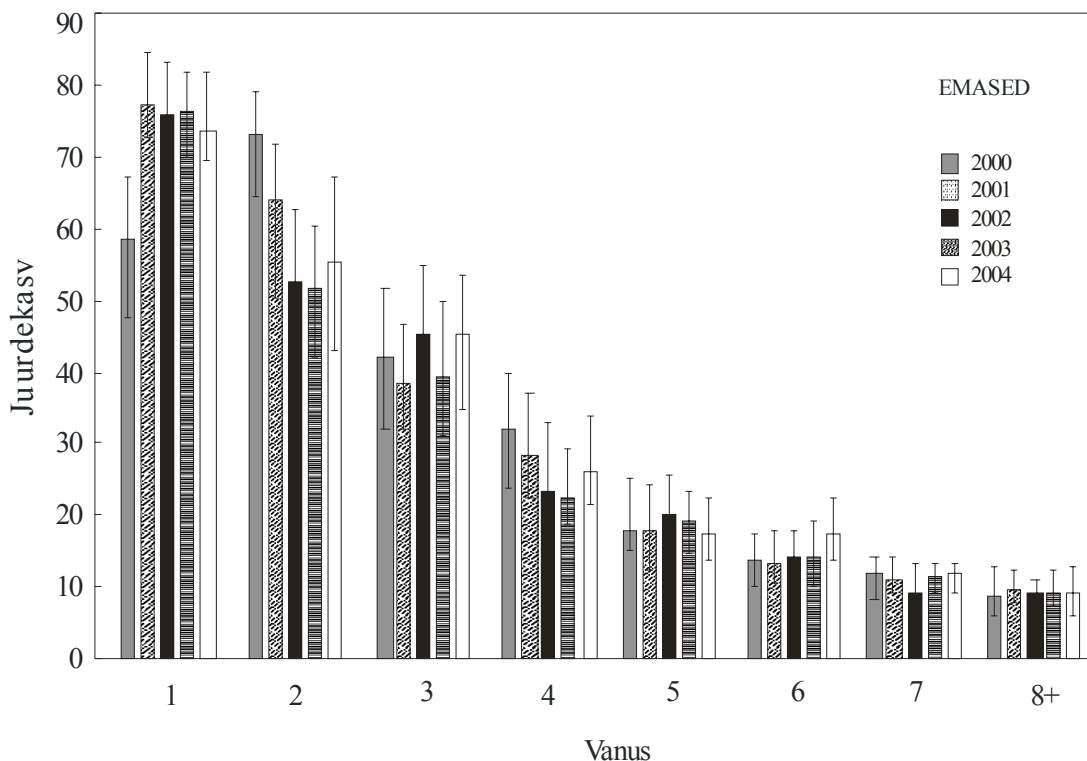
### 3.4 Juurdekasv aastati

Otoliitidelt tagasiarvutuste teel leitud lestade aastased juurdekasvud erinesid Küdema lahes aastatel 2000-2004 emastel kaladel teisel, kolmandal, neljandal ja kuuendal eluaastal ning isastel esimesel, teisel, kuuendal ja seitsmendal eluaastal. Erinevust juurdekasvudes võis märgata ka nelja-aastastel isastel lestadel, kuid see ei osutunud statistiliselt usaldusväärseks (tabel 4).

Tabel 4. Küdema lahe lestade juurdekasvude erinevus aastatel 2000-2004 vanuste kaupa (Kruskal-Wallise test).

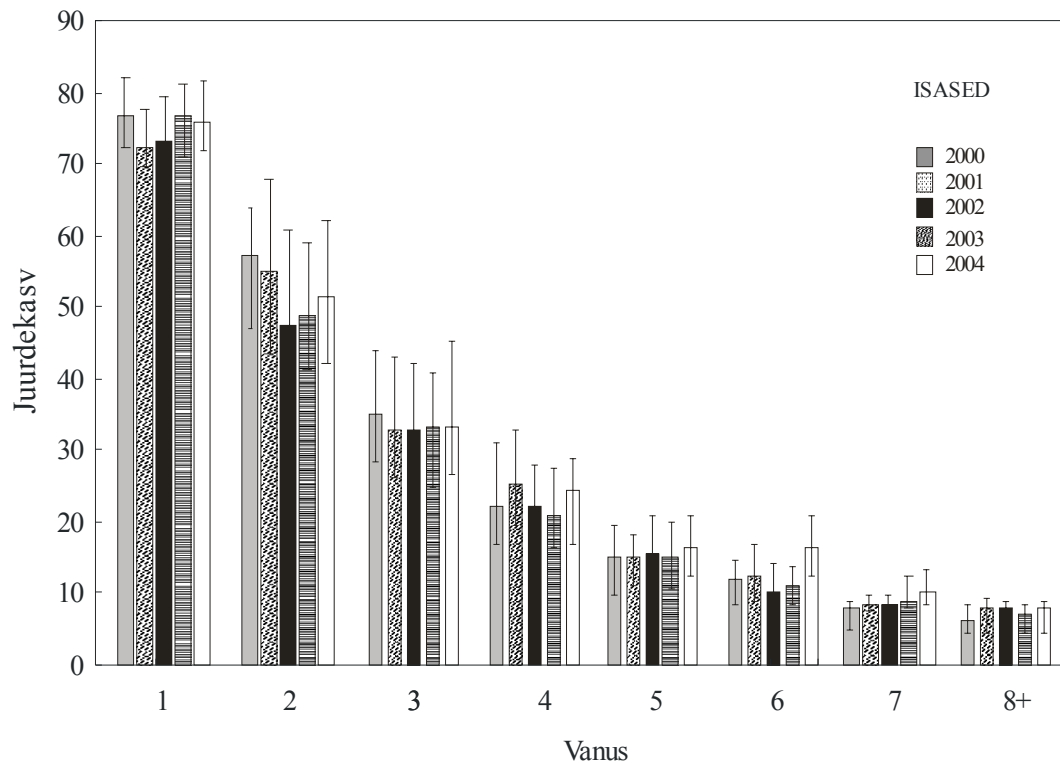
Vanus	Emased			Isased		
	H	<i>p</i>	<i>n</i>	H	<i>p</i>	<i>n</i>
1	7,89	0,10	390	<b>12,9</b>	<b>0,001</b>	<b>307</b>
2	<b>23,5</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>471</b>	<b>14,9</b>	<b>0,005</b>	<b>382</b>
3	<b>12,8</b>	<b>0,001</b>	<b>472</b>	3,21	0,52	397
4	<b>33,0</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>455</b>	9,36	0,053	332
5	2,78	0,60	373	1,25	0,87	282
6	<b>9,88</b>	<b>0,04</b>	<b>287</b>	<b>19,6</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>245</b>
7	3,47	0,48	201	<b>17,5</b>	<b>0,002</b>	<b>198</b>
8+	0,28	0,99	214	5,89	0,21	196

Emaste lestade esimesel eluaastal moodustunud juurdekasvud võrdlusalustel aastatel statistiliselt oluliselt ei erinenud. Kaheaastaste kalade 2001. aastal moodustunud juurdekasvud olid oluliselt suuremad 2002. ( $Z=3,92$ ;  $p<0,001$ ), 2003. ( $Z=4,09$ ;  $p<0,0001$ ) ja 2004. ( $Z=2,95$ ;  $p=0,03$ ) aastal moodustunud juurdekasvudest. Kuigi kolmeaastaste emaste lestade aastastes juurdekasvudes ilmnes statistiliselt oluline erinevus (tabel 5), siis aastatevahelises võrdluses juurdekasvud üksteisest statistiliselt oluliselt ei erinenud. Nelja-aastaste emaste lestade aastased juurdekasvud olid suurimad 2000. aastal, erinedes juurdekasvudest aastatel 2002 ( $Z=4,32$ ;  $p<0,001$ ), 2003 ( $Z=4,56$ ;  $p<0,0001$ ) ja 2004 ( $Z=3,08$ ;  $p=0,02$ ). Juurdekasvud 2001. aastal olid statistiliselt oluliselt suuremad 2003. aasta juurdekasvudest ( $Z=3,10$ ;  $p=0,02$ ). Viieaastaste lestade juurdekasvud aastati statistiliselt oluliselt ei erinenud. Kuuendal eluaastal moodustunud juurdekasvud olid suurimad 2004. aastal, erinedes oluliselt 2001. aastal moodustunud juurdekasvudest ( $Z=2,92$ ;  $p=0,03$ ). Vanematel isenditel juurdekasvudes statistiliselt usaldusväärset erinevust ei leitud. (joonis 5).



Joonis 5. Emaste lestade juurdekasvud millimeetrites (mediaan±kvartiilid) aasta ja vanuse kaupa.

Üheaastaste isaste lestade 2000. aastal moodustunud juurdekasvud olid statistiliselt oluliselt suuremad 2001. aastal moodustunud juurdekasvudest ( $Z=2,93$ ;  $p=0,03$ ). Kaheaastaste isaste kalade juurdekasv oli suurim 2000. aastal erinedes statistiliselt oluliselt 2003. aasta juurdekasvudest ( $Z=2,89$ ;  $p=0,04$ ). Kolme-, nelja- ja viieaastaste lestade aastastes juurdekasvudes statistiliselt olulist erinevust ei leitud. Kuueaastaste lestade suurimad juurdekasvud ilmsid 2004. aastal. Kalade 2004. aasta juurdekasvud erinesid juurdekasvudest aastatel 2001 ( $Z=3,06$ ;  $p=0,02$ ), 2002 ( $Z=3,96$ ;  $p<0,0001$ ) ja 2003 ( $Z=3,74$ ;  $p=0,002$ ). Seitsmeaastaste isaste juurdekasv oli samuti suurim 2004. aastal erinedes juurdekasvudest aastatel 2000 ( $Z=3,53$ ;  $p=0,004$ ) ja 2001 ( $Z=3,13$ ;  $p=0,02$ ). Kaheksa-aastaste ja vanemate lestade juurdekasvud aastati oluliselt ei erinenud (joonis 6).



Joonis 6. Isaste lestade juurdekasvud millimeetrites (mediaan±kvartiilid) aasta ja vanuse kaupa.

Aastastel juurdekasvudel vanuste kaupa ja saagikuse vahel statistiliselt olulist seost ei esinenud ( $-0,3 < r_s < 0,3$ ;  $0,5 < p < 0,9$ ).

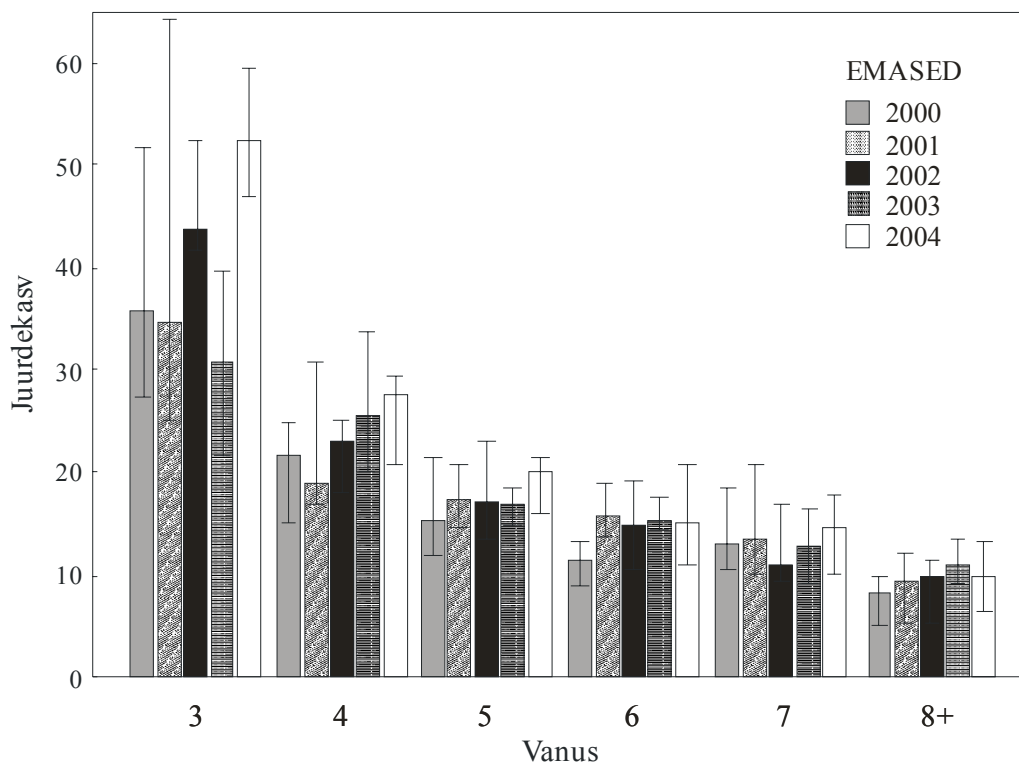
### 3.5 Püügiaastal moodustunud juurdekasv

Selgitamaks, kas 2002. aastal moodustunud juurdekasvud erinevad teistel võrdlusalustel aastatel moodustunud juurdekasvudest, võrreldi viimasel eluaastal moodustunud juurdekasve vanuste kaupa. Püügiaastal moodustunud lestade juurdekasvud keha üldpikkuses erinesid 2000-2004 aastal emastel lestadel kolmandal, kuuendal ja kaheksandal eluaastal ning isastel kolmandal ja neljandal eluaastal (tabel 5).

Tabel 5. Küdema lahe lestade püügiaasta juurdekasvude erinevus aastatel 2001-2004 vanuste kaupa (Kruskal-Wallise test).

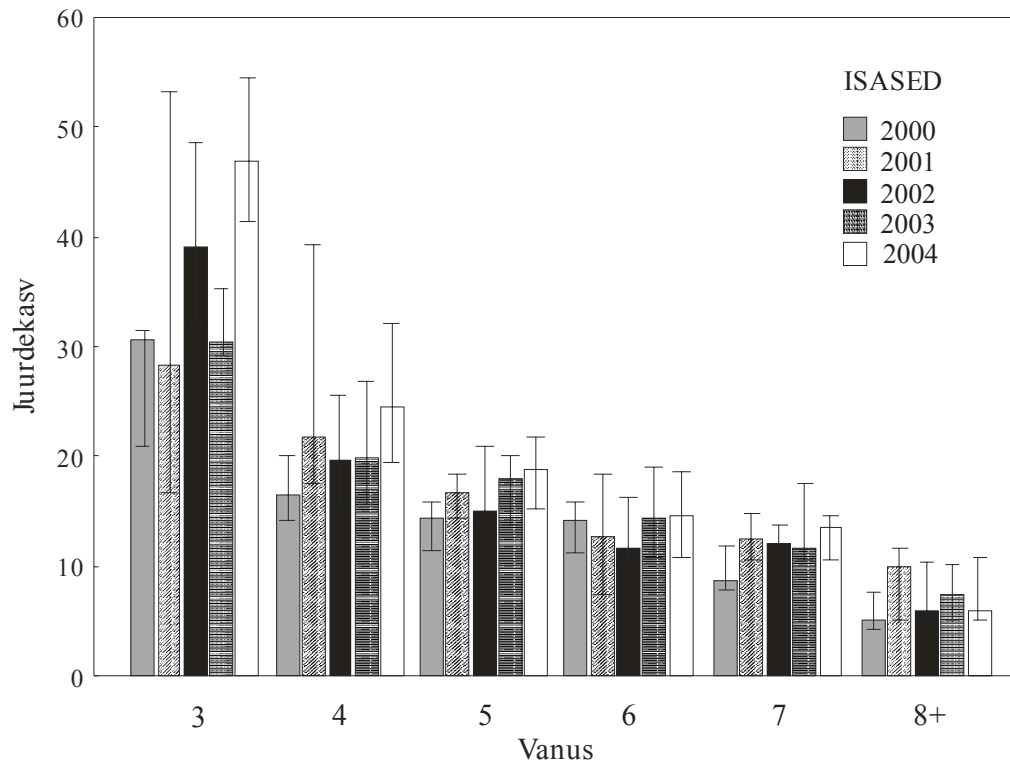
Vanus	Emased			Isased		
	H	<i>p</i>	<i>n</i>	H	<i>p</i>	<i>n</i>
3	<b>11,8</b>	<b>0,02</b>	<b>52</b>	<b>19,2</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>45</b>
4	5,99	0,20	85	<b>21,4</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>117</b>
5	2,82	0,59	104	7,3	0,12	91
6	<b>16,4</b>	<b>0,003</b>	<b>127</b>	2,05	0,73	79
7	1,92	0,75	93	5,02	0,29	55
+8	<b>10,7</b>	<b>0,03</b>	<b>161</b>	8,70	0,07	132

Kolmeaastastel emastel lestadel moodustus suurim juurdekasv 2004. aastal, erinedes statistiliselt oluliselt 2003. aasta ( $Z=3,28$ ;  $p=0,001$ ) juurdekasvust. Nelja- ja viieaastastel emastel lestadel püügiaasta juurdekasvudes olulist erinevust ei leitud. Kuuendal eluaastal oli väikseim juurdekasv aastal 2000, erinedes oluliselt 2001. ( $Z=3,38$ ;  $p=0,007$ ) ja 2003. aastal ( $Z=3,58$ ;  $p=0,003$ ) moodustunud juurdekasvudest. Seitsmendal eluaastal juurdekasvud aastati statistiliselt oluliselt ei erinenud. Kaheksa-aastastel ja vanematel emastel lestadel moodustus suurim juurdekasv 2003. aastal, erinedes statistiliselt oluliselt 2000. aasta ( $Z=3,01$ ;  $p=0,03$ ) juurdekasvudest (joonis 7).



Joonis 7. Emaste lestade püügiaastal moodustunud juurdekasvud millimeetrites (mediaan±kvartiilid) aastate lõikes vanuste kaupa.

Kolmeaastastel isastel kaladel, kes olid püütud 2000. aastal, olid püügiaastal moodustunud juurdekasvud väiksemad kui 2004. aastal püütud lestadel ( $Z=3,97$ ;  $p=0,0007$ ). Nelja-aastastel kaladel olid suurimad juurdekasvud samuti 2004. aastal, erinedes 2000. aasta juurdekasvudest ( $Z=4,51$ ;  $p=0,0003$ ). Vanematel isastel lestadel püügiaastal moodustunud juurdekasvudes statistiliselt olulist erinevust ei ilmnenu (joonis 8).



Joonis 8. Isaste lestade püügiaastal moodustunud juurdekasvud millimeetrites (mediaan±kvartiilid) aastate lõikes vanuste kaupa.

## 4 Arutelu

### 4.1 Toitumine

Küdema lahes toitub lest limustest, teistest põhjaeluviisilistest selgrootutest ja kaladest. Suurima esinemissagedusega toiduobjekt lesta seedetraktis oli söödav rannakarp, järgnesid söödav südakarp, balti lamekarp ja liiva-uurikkarp, teiste saakobjektide esinemissagedus oli väiksem. Seega toitub lest peamiselt sessiilsetest põhjaloomadest, ehkki on võimeline tabama ka liikuvamaid põhjaloomastiku esindajaid, nagu garneele, ning kalu. Käesolevas töös näidati esmakordselt, et lesta menüüsse kuuluvad ka emakala ja must mudil.

Lesta eelistatumaks toiduobjektiks Küdema lahes olid karbid. See tulemus on kooskõlas lestade toitumist kirjeldavate andmetega mujalt. Nt. Vinagre jt. (2008) näitasid, et Portugali rannikul eelistasid lestad samuti karpe teistele toiduobjektidele. Suurim selektiivsusindeks Küdema lahes esines liiva-uurikkarbil, järgnesid söödav südakarp ja balti lamekarp. Laboris läbi viidud katsete andmeil eelistab lest toituda õhemakestalistest limustest, sealhulgas balti lamekarpidest, kuna nende seedumisprotsess lestade seedesüsteemis on kiirem ja efektiivsem (Aarnio & Bonsdorff, 1997).

Üllatuslikult osutus Küdema lahes üks arvukaim saakobjekt lestade poolt mitte-eelistatuks. Nimelt oli söödava rannakarbi selektiivsusindeks negatiivne, samas kui selle liigi esinemissagedus lesta toiduobjektina oli suurim. See võib tuleneda sellest, et kuigi rannakarbi arvukus on lahes kõrge, kahandab miski nende väärtust toiduobjektina. Üheks selliseks põhjuseks võib olla, et söödavad rannakarbid on büssuse niitude abil põhjale tugevasti kinnitunud ja lestal on raske neid substraadist eraldada. Selle hüpoteesi toetuseks võiks lugeda ka väiksemate kivide ja suuremate liivaterade oluliselt suurema esinemissageduse just rannakarpidest toitunud kalade soolestikus. Toidu kättesaadavuse mõju toitumiseelistustele näitavad ka Moore ja Moore (1976) tulemused, mille kohaselt olukorras, kus muidu eelistatud saakobjektide tabamine osutus energeetiliselt kulukamaks (kalade liikumiskiirus vähenes temperatuuri langedes ning toidust saadava energia ja

toiduotsinguteks kulutatava energia suhe muutus kaladele ebasoodsaks), eelistas lest vähemliikuvaid toiduobjekte.

Küdema lahe lesta erinevate pikkusgruppide toidusedeli moodustasid küll üldjoontes samad saakobjektid, ent nende osakaal menüüs muutus pikkusgrupiti (tabel 2). See ei ole üllatav, kuna on näidatud, et kala keha suurenedes on neil kasulikum toituda suurematest saakobjektidest. Samas aga jätkavad suuremad kalad üldjuhul ka väiksematest saakobjektidest toitumist (Wooton, 1995; Scharf *et al.*, 2000; Vinagre *et al.*, 2008).

Vaatamata söödava rannakarbi negatiivsele selektiivsuseindeksile võib seda liiki siiski pidada lesta tähtsaimaks toiduobjektiks Küdema lahes, sest söödava rannakarbi esinemissagedus oli kõrgeim kõigi lesta pikkusrühmade seedetraktides. Kuna kalade kasvukiiruse üheks peamiseks mõjutajaks on toidu hulk ja selle kättesaadavus (van der Veer & Witte 1993), võiks käesoleva töö seniste tulemuste põhjal ennustada, et söödava rannakarbi, kui antud piirkonnas esineva lesta peamise toiduobjekti, arvukuse ajutine vähenemine 2002. aastal võiks mõjutada lestade arvukust ja kasvunäitajaid.

## 4.2 Tüsedusindeks

Lestade individuaalsed Fultoni tüsedusindeksid sõltusid püügiaastast, soost ja vanusest. Madalaimate tüsedusindeksi väärtustega kalad püüti 2002. aastal (joonis 4), mis langeb kokku söödava rannakarbi populatsiooni arvukuse langusega Küdema lahes (Kanošina, 2003). Söödava rannakarbi, kui lesta peamise toiduobjekti, arvukuse ja biomassi langus võis avaldada tugevat mõju selles piirkonnas toituvate kalade toidubaasile ning selle vähenemise kaudu kajastuda ka lestade konditsioonis. Ka kammelja (*Scophthalmus maximus*) noorjärkude puhul on näidatud, et tüsedusindeks on hea indikaator hindamaks lühiaegse, ent mitte pikemaegse nälgimise mõju (Paulsen & Støttrup, 2004).

Kui söödavate rannakarpide arvukus ja biomass olid 2004. aastaks võrreldes 2003. aastaga tõusnud ligi kolmekordseks (Martin, 2005), siis lestade tüsedusindeksi väärtustes vastavate aastate vahel olulist suurenemist ei esinenud. Lisaks ilmselt püügiaastal moodustunud juurdekasvu analüüsist, et kolmeaastastel emastel ning kolme- ja nelja-

aastastel isastel kaladel esines suurim juurdekasv just 2004. aastal. Teiste vanusegruppide isendite juurdekasvud sel aastal ülejäänud uurimisaastatel moodustunud juurdekasvudest usaldusväärselt ei erinenud. Oluliste muutuste mittekajastumist tüsedusindeksi väärtustes 2004. aastal võib seletada kalade võimega panustada heade keskkonnatingimuste korral pigem pikkuskasvu kui kaalkasvu (Paulsen & Støttrup, 2004). Samas ei saa välistada ka mitmete abiootiliste faktorite mõju, mis võisid sel aastal muul moel vähendada elupaiga kvaliteeti. Lisaks ei saa välistada ka, et 2004. aastal ei leitud tüsedusindeksi suuremaid väärtusi, kuna söödav rannakarp oli vaatamata suurimale esinemissagedusele siiski lestadele mitteelistatud toiduobjekt ning seega ei kaasnunud söödava rannakarbi asurkonna kasvuga paralleelne kiskluse suurenemine lestade poolt.

Tüsedusindeksi väärtus sõltus oluliselt lisaks aastale ka kala soost ja vanusest. Oluliseimaks tüsedusindeksi mõjutajaks osutus kala sugu (tabel 3), kuna suguküpsete lestade gonaadid olid püügiperioodil kolmandas arenguetapis, mil emasgonaadid ületavad massilt isasgonaadide massi. Seega on gonaadi mass üks teguritest, mis otseselt lesta tüsedusindeksit mõjutab, mistõttu on mudelis sugusid ka eraldi arvesse võetud (Ojaveer & Drevs, 2003). Tüsedusindeksi väärtus oli kõrgeim kolmeaastastel mitesuguküpsetel lestadel ning madalaim kuueaastastel suguküpsetel isenditel. Esmakordselt kudema hakkavad kalad (lestad kolme- kuni viieaastaselt) kasutavad küll osa energiast suguproduktide valmimisele, kuid ei pea samas taastama eelmisel kudemisel kaotatud energiavarusid ning seetõttu ilmneb suurem langus kasukiiruses alates teisest kudemisaastast (Nash & Geffen, 2005). Kuueaastased kalad on reeglina juba vähemalt korra kudenud ning nende madalam tüsedusindeks võib olla tingitud energia jaotumisest keha mõõtmete suurendamise ja suguproduktide valmistamise vahel.

### 4.3 Arvukus

Lestade arvukus Küdema lahe seirepüükides oli aastati erinev. Madalaim arvukus esines 2002. aastal, erinedes oluliselt 2000. ja 2003. aasta lestade arvukustest (joonis 3). On tähelepanuväärne, et lestade arvukuse madalseis 2002. aastal ühtib samaaegse söödava rannakarbi arvukuse langusega Küdema lahes (Kanošina, 2003). Selline olulise toiduobjekti järsk kadumine antud piirkonnast võib olla üheks peamiseks lestade uue

toitumisrände põhjustajaks ja seeläbi lestade arvukuse languse põhjuseks Küdema lahes sel aastal. Samas ei saa välistada ka mitmesuguste teiste arvukust mõjutavate tegurite mõju.

Käesolevas töös on kalade arvukuse hindamiseks kasutatud nakkevõrkude CPUE-d (saagikust). Võrgupüügi CPUE ei pruugi näidata tegelikku kalade arvukust püügipiirkonnas, kuna sõltub nii püügivahendite selektiivsusest kui ka kalade aktiivsusest (Appelberg *et al.*, 1995; Neuman *et al.*, 1996). Seega võiks lestade arvukuse langust 2002. aastal kaudselt põhjustada ka kalade kehvadest toitumistingimustest põhjustatud liikumisaktiivsuse langus, vastavalt kalade võimele ebasoodsate toitumistingimuste korral vähendada oma metabolismi- ja liikumiskiirust (Paulsen & Støttrup, 2004), ning sellest tingitud passiivsete püügivahendite, nagu nakkevõrkude püügiefektiivsuse langus. Lisaks on näidatud, et kalad asustavad eelkõige neid piirkondi, mis vastavad nende elupaiga nõuetele, kaasaarvatud toitumiseelistustele, ning tingimuste halvenes liiguvad võimaluse korral sobivamatele toitumisaladele (Wooton, 1995).

Kuna lestade toitumis- ja liikumisaktiivsus sõltub ka temperatuurist, olles jahedamatel temperatuuridel madalam (Fonds *et al.*, 1992; van der Veer *et al.*, 2001; Mallekh & Lagardère, 2002), võivad arvukuse näitajad olenevalt püügiperioodi veetemperatuuridest olla pisut kallutatud. Käesolevas töös oli lestade arvukuse ja püügiperioodide keskmiste veetemperatuuride vahel küll positiivne seos, kuid see ei osutunud statistiliselt usaldusväärseks. Olulise seose puudumine oli arvatavasti põhjustatud liialt vähesest vaatluste arvust ( $n=5$ ), mistõttu ei saa täielikult välistada, et 2002. aasta lestade saagikuse languse põhjusteks olid nii kasvuks ebasobivad toitumistingimused kui ka püügiperioodi keskmisest ( $7,3\pm 0,7$ ) madalam veetemperatuur ( $3,1\pm 0,7$  °C). Samas 2004. aasta lestade madala arvukuse korral (joonis 3) olid nii söödavate rannakarpide arvukus kui ka keskmine veetemperatuur ( $9,2\pm 0,9$  °C) vaatlusperioodi keskmisest kõrgemad. Need tulemused viitavad, et ilmselt on lestade arvukuse määramisel lisaks rannakarbi arvukusele ja veetemperatuurile oluline roll veel mitmetel teistel, selles töös käsitlemata teguritel. Sellele vihjab ka 2004. aasta lestade arvukuse langus, vaatamata söödava rannakarbi ohtrusele ja kõrgemale veetemperatuurile.

#### 4.4 Juurdekasv

Otoliitidelt tagasiarvutatud nii püügiaastal moodustunud kui ka aastased juurdekasvud olid aastati vanuste kaupa erinevad. Paraku ei ilmnenud juurdekasvude vähenemist 2002. aastal, mis oleks olnud ennustatav, arvestades söödava rannakarbi arvukuse madalseisu sel aastal ning varajasemaid andmeid analoogsete olukordade kohta teiste kalaliikide puhul. Toidukvaliteedist ja -hulgast sõltuvat muutust kasvukiiruses ja pikkuskasvus on näidatud lestaliste noorjärkude (van der Veer & Witte, 1993; Malloy *et al.*, 1996) ning suguküpsete (Millner & Whiting, 1996) kalade puhul, kuid otoliitidelt tagasiarvutatud juurdekasve nendes töödes ei käsitleta. Samuti on näidatud toiduhulga muutuse mõju kilu (*Sprattus sprattus*) vastsete keha mõõtmetele ning otoliidi juurdekasvudele, kus nälgivate kaladel vähenes juurdekasv nii keha pikkuses kui ka kaalus ning olulisi muutusi olid näha ka otoliidi juurdekasvudes (Baumann *et al.*, 2005). Lühemaegsete näljaperioodide kajastumist noorjärkude, ent mitte vanemate isendite otoliidi ööpäevastel juurdekasvudel on näidatud ka tursa (*Gadus morhua*) puhul (Neat *et al.*, 2008). Siiski on ülalpool toodud näidete puhul toidubaasi manipuleerimine läbi viidud kontrollitud laboritingimustes toiduobjektide täieliku eemaldamise teel. Paraku aga kalade loomulikus elupaigas toimuvad looduslikud protsessid põhjaselgrootute arvukust üldjuhul nii absoluutselt ei piira.

Püügiaastal moodustunud juurdekasvu analüüsist ilmnes, et kolmeaastastel emastel (joonis 7) ning kolme- ja nelja-aastastel isastel kaladel (joonis 8) esines suurim juurdekasv 2004. aastal, mis võib olla seotud söödava rannakarbi arvukuse tõusuga lahes sel aastal. Kuna toiduobjektide arvukuse tõustes kasvab ka nende tabamisprotsent (Wooton, 1995), võib seeläbi suurenda ka neist toituvate kalade juurdekasv. Oluliselt väiksem juurdekasv esines kuueaastastel emastel ning kolme- ja nelja-aastastel isastel 2000. aastal. Samal aastal oli nii toiduobjektide kui ka lestade arvukus aga lahes suurim. Kuigi mitmete merekalade puhul pole populatsiooni tihedusest sõltuvat kasvukiiruse muutust leitud (van der Veer & Witte 1993), on lesta puhul siiski täheldatud kasvukiiruse nõrka sõltuvust populatsiooni tihedusest (Molander, 1955; Lorenzen & Enberg, 2001). Vaatamata sellele, et käesolevas töös osutus lestade saagikuse ja juurdekasvude vaheline

seos statistiliselt ebaoluliseks, võis lestade madalam kasvukiirus 2000. aastal olla siiski osaliselt tingitud ka lestapopulatsiooni suuremast tihedusest.

Aastaste juurdekasvude analüüsist ilmnnes, et ühe- ja kaheaastaste isaste (joonis 6) ning nelja-aastaste emaste (joonis 5) lestade juurdekasvud olid suurimad 2000. aastal. Nelja-aastaste kalade suurema kasvukiiruse üheks põhjuseks võib olla suurem söödava rannakarbi arvukus sel aastal. Lesta noorjärkude kasv ei tohiks olla otseselt mõjutatud karpide rohkusest, kuna nad toituvad madalates rannikulähedases piirkondades ning nende kasvukiirust mõjutab pigem temperatuur (Fonds *et al.*, 1992), seega ei saa sellist madalamat kasvukiirust hetkel teadaolevate andmete põhjal seletada. Oluliselt suuremad aastased juurdekasvud esinesid kuue- ja seitsmeaastastel isastel lestadel 2004. aastal. Ka viieaastaste kalade juurdekasvu suurimaid väärtusi mõõdeti 2004. aastal, kuid see ei osutunud statistiliselt usaldusväärseks. Emastel lestadel olid suurimad juurdekasvud sel aastal samuti kuue- ja seitsmeaastastel isenditel – seega just vanematel kaladel, kelle peamise toidubaasi moodustavad karbid (Микельсаар, 1958). Samas esines suurema pikkusgrupi lestade seedetraktis söödavat rannakarpi vähem kui väiksematel pikkusgruppidel, kuid teiste limuseliikide esinemissagedus oli suurem. Kuigi vanemate lestade juurdekasvud olid 2004. aastal suuremad ja toiduobjektid arvukamalt esindatud, ei olnud lestade arvukus Küdema lahes sel aastal kuigi kõrge, mis omakorda vihjab populatsiooni tihedusest sõltuvale kasvukiirusele.

Olulise erinevuse mitteilmnemist 2002. aasta juurdekasvudes võib põhjendada mitmete põhjustega. Võib oletada, et laia toiduspektriga kaladena toitusid lestad Küdema lahes söödava rannakarbi puudusel teistest saakobjektidest. Analoogselt on Powers jt. (2005) looduslikus keskkonnas läbiviidud katses näidanud, et krookskala (*Micropogonias undulatus*) hakkas peamise toiduobjekti arvukuse kunstliku vähendamise korral toituma mitmesugustest teistest põhjaselgrootutest. Hüpooteesi, et söödava rannakarbi puudusel kompenseerisid lestad seni olulise saakobjekti oma toidusedelis teiste saakobjektide arvelt, toetab ka toitumisanalüüsi tulemus, mille põhjal söödav rannakarp ei olnud lesta eelistatuim toiduobjekt, jäädes muuhulgas eelistatuselt alla kõigile teistele limuseliikidele. Seega võib oletada, et rannakarbi arvukuse vähenemise ja juurdekasvu vahelise selge

seose puudumine võib tuleneda sellest, et lestad on toiduobjekte valivad ja laia toiduspektriga kalad ning võisid söödava rannakarbi puudusel toituda teistest saakobjektidest.

Teine analoogne põhjus, miks otsitud seost kasvukiiruse ja olulise saakobjekti arvukuse kadumise vahel ei leitud, võib olla kompensatoorse kasvu mõju, mille kohaselt kalad, liikudes pärast kasvuks ebasobivaid keskkonnatingimusi paremasse keskkonda, hakkavad kiiremini kasvama (Grønkjær *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2008; Oh *et al.*, 2008). Mikelsaare (1958) andmetel toituvad lestad ühes piirkonnas 1-2 kuud ja liiguvad seejärel järgmisesse piirkonda, kusjuures ei pruugi endistele toitumisaladele tagasi pöörduda. Samas on andmeid, et Saaremaa lähistel märgistatud lesti on tabatud märgistamispiirkonnas nii samal kui ka järgnevatel aastatel (Щукина, 1970; Витиньш, 1976). Kuna selget langust ei ilmnenu ka püügiaastal mõõdetud kalade juurdekasvus, ei saa täielikult välistada ka võimalust, et hilisematel aastatel püütud lestad, kelle otoliitide põhjal 2002. aasta kasvukiirused arvutati, ei toitunud tol aastal Küdema lahes.

## **Kokkuvõte**

Käesoleva töö eesmärk on selgitada 1) söödava rannakarbi olulisust lestade toidubaasis; 2) kas 2002. aastal Küdema lahes aset leidnud söödava rannakarbi arvukuse ja biomassi järsk kahanemine mõjutas sealsete lestade arvukust, konditsiooni (Fultoni konditsiooniindeks) ja (otoliitidelt tagasiarvutatud) juurdekasvu.

Lestade peamiseks toiduobjektideks Küdema lahes olid söödav rannakarp, järgnesid söödav südakarp, balti lamekarp ja liiva-uurikkarp. Esmakordselt tõestati emakala ja musta mudila kuulumine lesta toidu hulka. Vaatamata suurimale esinemissagedusele lestade seedetraktis, osutus söödav rannakarp võrreldes teiste saakobjektidega pigem välditavaks toiduobjektiks. Üheks selle nähtuse seletuseks võib olla, et söödavad rannakarbid on põhjasubstraadile kõvasti kinnitunud ning lestadel on raske neid sealt eemaldada. Sellele vihjab ka oluliselt sagedasem väikeste kivide ja suuremate liivaterade esinemine rannakarbist toitunud lestade soolestikus.

Vaadeldud perioodi lestade madalaimad arvukuse ja väikseimad tüsedusindeksi väärtused ilmnesisid 2002. aastal. Ehkki ei saa välistada ka teiste tegurite mõjusid on siiski tõenäoline, et need tulemused võivad vihjata lestade toitumistingimuste halvenemisele Küdema lahes söödava rannakarbi, kui olulise toiduobjekti, kadumisel.

Otoliitidelt tagasiarvutatud püügiaastal moodustunud ja aastased juurdekasvud olid aastati vanuste kaupa erinevad. Kuid paraku ei ilmnenu oodatud juurdekasvude vähenemist 2002. aastal. Põhjusi, miks muutused lesta toidubaasis kalade juurdekasvudes 2002. aastal oodatavalt ei kajastunud, võib olla mitmeid: 1) lestad kui laia toiduspektriga kalad võisid söödava rannakarbi asemel kasutada toiduks teisi põhjaloomastiku esindajaid ja kalu, kaotades seejuures toiduotsingule kuluva energia läbi keha massis ja seeläbi tüsedusindeksi väärtustes, kuid mitte pikkuskasvus; 2) kalad võivad kehvemate keskkonnatingimuste korral panustada pigem pikkuskasvu kui kaalkasvu; 3) aeglasem kasvukiirus võib jääda märkamatuks kompensatoorse kasvu tõttu, mille kohaselt peale aeglase kasvukiiruse faasi järgneb kiirema kasvu faas, kui kalad on sattunud pärast kasvuks ebasobivaid keskkonnatingimusi paremasse keskkonda; 4) lestad ei pruukinud kõigil vaatlusalustel aastatel viibida Küdema lahe toitumisalal.

## Summary

### **Diet preferences and the effect of bay mussel (*Mytilus trossulus*) abundance changes on flounder (*Platichthys flesus trachurus*) abundance and growth parameters in Küdema Bay.**

The aim of current study is to elucidate the importance of bay mussel (*Mytilus trossulus*) in flounder (*Platichthys flesus*) diet and clarify if changes in bay mussel abundance were reflected in flounder abundance, body condition (Fulton's condition factor) and annual increments (back-calculated from otolith increments) during 2000-2004.

The most frequent prey in the diet of flounder in Küdema Bay was bay mussel, followed by lagoon cockle (*Cerastoderma glaucum*), baltic clam (*Macoma balthica*) and soft-shelled clam (*Mya arenaria*). Flounders preferred to consume other food items if compared to bay mussel, which selectivity (electivity index) was one of the lowest. One of the probable explanations to this phenomenon may be that bay mussels are firmly attached to their substrate and thus hard to remove from it. This is also hinted by the coinciding occurrence frequencies of little gravel and bay mussel in flounders guts. This study also presents first record of eelpout (*Zoarces viviparus*) and black goby (*Gobius niger*) in flounders food.

Flounder abundance and condition indexes were lower during 2002 if compared to the other years of the studied period, which coincided with the drastic reduction of bay mussel abundance in this area. These results can be interpreted that the drastic reduction in the abundance of an important (although not preferred) prey item may have had a significant effect on the status of flounder population in this area (however, the effect of some other potential factors can not be totally excluded).

While average back-calculated annual increments of fish body length differed between years, there were not sharp decline in growth at 2002, as it would be expected according to lower average Fulton's condition factor during this year. There may be several reasons why experienced poorer growth conditions were not reflected in individual body length increments: 1) the wide spectre of flounder diet allowed to replace the bay mussel with

other available food items during its absence in 2002; 2) it has been noted that during poorer growth conditions fish may retain their growth rate in body length at the expense of mass growth (revealed by reduced body mass index); 3) sometimes slow growth during unfavourable situation in fish may be masked by following rapid compensatory growth during more suitable conditions; 4) there is a possibility that some flounders did not use Küdema Bay nursery areas annually.

## **Tänuavaldused**

Tänan väga oma juhendajaid Lauri Saksa ja Aare Verliini. Palju tänu ka Tiia Möllerile, Imre Taalile ja Katrin Jürgensile ning suur tänu kõigile teistele TÜ Eesti Mereinstituudi merebioloogia ja kalanduse osakonna töötajatele, kes on osalenud käesolevas töös kasutatud seireandmete kogumisel.

## Kasutatud kirjandus

- Aarnio, K. & Bonsdorff, E. (1997). Passing the gut of juvenile flounder, *Platichthys flesus*: differential survival of zoobenthic prey species. *Marine Biology* **129**, 11-14.
- Aarnio, K., Bonsdorff, E. & Rosenback, N. (1996). Food and feeding habits of juvenile flounder *Platichthys flesus* (L) and turbot *Scophthalmus maximus* L in the Åland archipelago, northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* **36(3-4)**, 311-320.
- Aarnio, K. & Mattila, J. (2000). Predation by juvenile *Platichthys flesus* (L.) on shelled prey species in a bare sand and a drift algae habitat. *Hydrobiologia* **440**, 347-355.
- Andersen, B.S., Carl, J.D., Grønckjer, P. & Støttrup, J.G. (2005a). Feeding ecology and growth of age 0 year *Platichthys flesus* (L.) in a vegetated and bare sand habitat in a nutrient rich fjord. *Journal of Fish Biology* **66**, 531-552.
- Andersen, A.K., Schou, J., Sparrevohn, C.R., Nicolajsen, H. & Støttrup, J.G. (2005b). The quality of release habitat for reared juvenile flounder, *Platichthys flesus*, with respect to salinity and depth. *Fisheries Management and Ecology* **12**, 211-219.
- Antoszek, A. & Krzykowski, S. (2005). Growth pattern of flounder, *Platichthys flesus* (L.), from the Gulf of Gdansk (Southern Baltic Sea). *Acta Ichthyologica et Piscatoria* **35(1)**, 51-60.
- Appelberg, M., Berger, H.-M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. (1995). Development and intercalibration of methods in nordic freshwater fish monitoring. *Water Air and Soil Pollution* **85**, 401-406.
- Aro, E. & Sjöblom, V. (1983). The migration of flounder in the northern Baltic Sea. *ICES CM J:26*.
- Baumann, H., Peck, M.A. & Hermann J.-P. (2005). Short-term decoupling of otolith and somatic growth induced by food level changes in postlarval Baltic sprat, *Sprattus sprattus*. *Marine and Freshwater Research* **56(5)**, 539-547.
- Bergman, K.C., Svensson, S. & Öhman, M.C. (2001). Influence of algal farming on fish assemblages. *Marine Pollution Bulletin* **42(12)**, 1379-1389.
- Bos, A.R. & Thiel, R. (2006). Influence of salinity on the migration of postlarval and juvenile flounder *Pleuronectes flesus* L. in a gradient experiment. *Journal of Fish*

- Biology* **68**, 1411-1420.
- de Juan, S., Cartes, J.E. & Demestre, M. (2007). Effects of commercial trawling activities in the diet of the flat fish *Citharus linguatula* (Osteichthyes: Pleuronectiformes) and the starfish *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **349**, 152-169.
- Draganik, B. & Kuczyński, J. (1993). A review of growth rate of the baltic flounder [*Platichthys flesus* (L.)] derived from otolith measurements. *Bulletin of the Sea Fisheries Institute* **130(3)**, 21-36.
- Dreves, T. (2006). Ecology of flounder *Platichthys flesus trachurus* (Duncker) in the Eastern Baltic Sea. *Tallinn University, Dissertations on Natural Sciences* **14**, 47 p.
- Dreves, T., Kadakas, V., Lang, T. & Møllergaard, S. (1999). Short communication: Geographical variation in the age/length relationship in Baltic flounder (*Platichthys flesus*). *ICES Journal of Marine Science* **56**, 134-137.
- Dreves, T., Jaanus, A. & Vahtmäe, E. (2007). Effect of cyanobacterial blooms on the abundance of the flounder *Platichthys flesus* (L.) in the Gulf of Finland. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology* **56**, 196-208.
- Eschbaum, R., Saat, T., Vetemaa, M., Verliin, A., Eero, M., Albert, A. & Spilev, H. (2004). Eesti rannikumere kalastiku muutused viimastel aastatel. *Estonia Maritima* **6**, 73-109.
- Florin, A.-B. & Höglund, J. (2008). Population structure of flounder (*Platichthys flesus*) in the Baltic Sea: differences among demersal and pelagic spawners. *Heredity* **101(1)**, 27-38.
- Florin, A.-B. (2005). Flatfishes in the Baltic Sea– a review of biology and fishery with a focus on Swedish conditions. *Finfo 2005*: 14. 56 p.
- Fonds, M., Cronie, R., Vethaak, A.D. & van der Puyl, P. (1992). Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to fish size and temperature. *Netherlands Journal of Sea Research* **29**, 127-143.
- Francis, R. I. C. C. (1990). Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology* **36**, 883–902.

- Gårdmark, A., Florin, A.-B., Modin, J., Martinsson, J., Ångström, C., Ustups, D., Ådjers, K., Heimbrand, Y., Berth, U. (2007) Report of the Workshop on Alternative Assessment Strategies for Flounder (*Platichthys flesus*) in Baltic Sea (WKAFAB) – an intersessional workshop supporting the ICES Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2-4 October 2006, Öregrund, Sweden. 29 p.
- Gibson, N.R. (2004). The behaviour of flatfishes. In Flatfishes Biology and Exploitation (Gibson, R.N., ed.), pp. 211-239. Oxford: Blackwell Publishing.
- GrønkJær, P., Carl, J.D., Rasmussen, T.H. & Hansen, K.W. (2007). Effect of habitat shifts on feeding behaviour and growth of 0 year-group flounder *Platichthys flesus* (L.) transferred between macroalgae and bare sand habitats. *Journal of Fish Biology* **70**, 1587-1605.
- Huang, G. Wei, L., Zhang, X. & Gao, T. (2008). Compensatory growth of juvenile brown flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel) following thermal manipulation. *Journal of Fish Biology* **72**, 2534-2542.
- Hutchinson, S. & Hawkins, L.E. (2004). The relationship between temperature and the size and age of larvae and peri-metamorphic stages of *Pleuronectes flesus*. *Journal of Fish Biology* **65**, 448-459.
- Hänninen, J. & Vuorinen, I. (2001). Macrozoobenthos structure in relation to environmental changes in the Archipeligo Sea, northern Baltic Sea. *Boreal Environment Research* **6**, 93-105.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis – a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology* **17**, 411-429.
- ICES. (2007). Report of the Workshop on Age Reading of Flounder (WKARFLO), 20-23 March 2007, Öregrund, Sweden. ICES CM 2007/ACFM:10. 69 p.
- ICES. (2008). Report of the 2nd Workshop on Age Reading of Flounder (WKARFLO), 26-29 May 2008, Rostock, Germany. ICES CM 2008/ACOM:38. 53 p.
- Kanošina, I. (2003). Riiklik keskkonnaseire programm. Allprogrammi „Rannikumere seire” 2002. a. Koondaruanne. 134 lk.
- Karlson, A.M.L., Almqvist, G., Skóra, K.E., & Appelberg, M. (2007). Indications of competition between non-indigenous round goby and native flounder in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* **64**: 479–486.

- Kostrzewska-Szlakowska, I., Szlakowski, J. (1990). Summer food of juvenile turbot, *Psetta Maxima* (L.) and flounder, *Platichthys flesus* (L.), at Świętousć, Pomeranian Bay. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* **20** (1): 73-89.
- Lappalainen, A., Westerbom, M. & Heikinheimo, O. (2005). Roach (*Rutilus rutilus*) as an important predator on blue mussel (*Mytilus edulis*) populations in a brackish water environment, the northern Baltic Sea. *Marine Biology*, **147**(2), 323-330.
- Lorenzen, K. & Enberg, K. (2002). Density-dependent growth as a key mechanism in the regulation of fish populations: evidence from among-population comparisons. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* **269**, 49-54.
- Mallekh, R. & Lagardère, J.P. (2002). Effect of temperature and dissolved oxygen concentration on the metabolic rate of the turbot and the relationship between metabolic scope and feeding demand. *Journal of Fish Biology* **60**, 1105-1115.
- Malloy, K.D., Yamashita Y., Yamada, H. & Targett, T.E. (1996). Spatial and temporal patterns of juvenile stone flounder *Kareius bicoloratus* growth rates during and after settlement. *Marine Ecology-Progress Series* **131**(1-3), 45-49.
- Martin, G. (vastutav täitja) (2000). Riiklik keskkonnaseire programm. Mereelustiku seire allprogrammi põhjataimestik 1999.a. koondaruanne. 23 lk.
- Martin, G. (vastutav täitja) (2004). Riiklik keskkonnaseire programm. Rannikumere seire alamprogramm. Allprogrammi 5.2. põhjataimestiku seire 2001.a. koondaruanne. 31 lk.
- Martin, G. (vastutav täitja) (2005). Põhjataimestiku seire 2004. 43 lk.
- Mattila, J. & Bonsdorff, E. (1998). Predation by juvenile flounder (*Platichthys flesus* L.): a test of prey vulnerability, predator preference, switching behaviour and functional response. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **227**(2), 221–236.
- Mikelsaar, N. (1984). *Eesti NSV kalad*. Valgus, Tallinn. 432 lk.
- Millner, R.S. & Whiting, C.L. (1996). Long-term changes in growth and population abundance of sole in the North Sea from 1940 to the present. *ICES Journal of Marine Science* **53**, 1185-1195.
- Molander, A. R. (1955). Swedish investigations on plaice and flounder in southern Baltic.

- ICES Journal of Marine Science* **21** (1), 25-43.
- Moore, J.W. & Moore, I.A. (1976). The basis of food selection in flounders, *Platichthys flesus* (L.), in the Severn Estuary. *Journal of Fish Biology* **9**(2), 139-156.
- Nash, R.D.M & Geffen, A.J. (2005). Age and growth. In *Flatfishes: biology and exploitation* (Gibson, R.N ed.). Oxford Blackwell Science. 139-163.
- Neat, F.C., Wright, P.J. & Fryer, R.J. (2008). Temperature effects on otolith pattern formation in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Journal of Fish Biology* **73**, 2527-2541.
- Neuman, E., Thoreson, G. & Sandström, O. (1996). Swimming activity of perch, *Perca fluviatilis*, in relation to temperature, day-length and consumption. *Annales Zoologici Fennici* **33**, 669-678.
- Nissling, A., Jacobsson, M. & Hallberg, N. (2007). Feeding ecology of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* and flounder *Pleuronectes flesus* at Gotland, Central Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* **70**, 1877-1897.
- Nissling, A., Westin, L. & Hjerne, O. (2002). Reproductive success in relation to salinity for three flatfish species, dab (*Limanda limanda*), plaice (*Pluronectes platessa*), and flounder (*Platichthys flesus*), in the brackish water Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* **59**, 93-108.
- Nordstrom, M. & Booth, D.M. (2007). Drift algae reduce foraging efficiency of juvenile flatfish. *Journal of Sea Research* **58**, 335-341.
- Oh, S.-Y., Noh, C.H., Kang, R.-S., Kim, C.-K., Cho, S.H. & Jo, J.-Y. (2008). Compensatory growth and body composition of juvenile black rockfish *Sebastes schlegeli* following feed deprivation. *Fisheries Science* **74**, 846-852.
- Ojaveer, E. (1995). Ecosystem of the Gulf of Riga between 1920 and 1990. *Academia* **5**, 243-245.
- Ojaveer, E. & Dreves, T. (2003). Flounder, *Platichthys flesus trachurus* (Duncker). *The fishes of Estonia* (Ojaveer, E., Pihu, E., Saat, T., eds.). Estonian Academy Publishers, Tallinn. 362-370 p.
- Peltonen, H., Luoto, M., Pääkkönen, J.P., Karjalainen, M., Tuomaala, A., Pönni, J. & Viitasalo, M. (2007). Pelagic fish abundance in relation to regional environmental variation in the Gulf of Finland, northern Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* **64**, 487-495.

- Perus, J. & Bonsdorff, E. (2004). Long-term changes in macrozoobenthos in the Åland archipelago, northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* **52**, 45-56.
- Paulsen, H. & Støttrup, J.G. (2004). Growth rate and nutritional status of wild and released reared juvenile turbot in southern Kattegat, Denmark. *Journal of Fish Biology* **65**, 210-230.
- Pihl, L. (1982): Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast. *Netherland Journal of Sea Research* **15**, 419–432.
- Power, M., Attrill, M.J. & Thomas, R.M. (2002). Environmental influences on the long-term fluctuation in the abundance of gadoid species during estuarine residence. *Journal of Sea Research* **47(2)**, 185-194.
- Powers, S.P., Peterson, C.H., Christian, R.R., Sullivan, E., Powers, M.J., Bishop, M.J. & Buzzelli, C.P. (2005). Effects of eutrofication on bottom habitat and prey resources of demersal fishes. *Marine Ecology Progress Series* **302**, 233-243.
- Pyke, G.H., Pulliam, H.R. & Charnov, E.L. (1977). Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* **52**, 137-153.
- Raitaniemi, J., Nyberg, K. & Torvi, I. (2000). *Kalojen iän ja kasvun määrittäminen*. Riistan- ja kalantutkimus, Helsinki. 232 lk.
- Russo, T., Pulcini, D., O'Leary, Á, Cataudella, S. & Mariani, S. Relationship between body shape and trophic niche segregation in two closely related sympatric fishes. *Journal of Fish Biology* **73**, 809-828.
- Saat, T., Saat, T. & Nursi A. (2007). Total length – standard length relationship in Estonian fishes. Book of abstracts of the European Congress of Ichthyology (toim. Buj, I., Zanella, L. & Mrakovcic, M.). p. 141.
- Sapota, M.R. & Mudrak, S. (1998). Growth of the young flounder (*Platichthys flesus*) in inshore shallow waters of the Gulf of Gdańsk. *Oceanological Studies* **3**, 19-29.
- Sapota, M.R. & Kaminska, U. (1998). Recruitment and settlement of young flounder (*Platichthys flesus*) in the western part of the Gulf of Gdańsk (Baltic). *Oceanological Studies* **3**, 31-42.
- Scharf, F.S., Juanes, F. & Rountree, R.A. (2000). Predator size-prey size relationship of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Marine Ecology Progress Series* **208**, 229-248.

- Sora, K.E. & Rzeznik, J. Observations on diet composition of *Neogobius melanostomus* Pallas 1811 (Gobiidae, Pisces) in the Gulf of Gdansk (Baltic Sea).(2001). *Journal of Great Lakes Research* **27(3)**,290-299.
- Stevens, M., Maes, J. & Ollevier, F. (2006). A bioenergetics model for juvenile flounder *Platichthys flesus*. *Journal of Applied Ichthyology* **22**, 79-84.
- Štšukina, I. (1966). Lesta bioloogiast ja alammõõdust. *Abiks kalurile* **2(39)**, 11-13.
- Złoch, I., Sapota, M. & Fijałkowska, M. (2005). Diel food composition and changes in the diel and seasonal feeding activity of common goby, sand goby and young flounder inhabiting the inshore waters of the Gulf of Gdańsk, Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies* **3**, 69-84.
- Tallqvist, M., Sandberg-Kilpi, E. & Bonsdorff, E. (1999). Juvenile flounder, *Platichthys flesus* (L.), under hypoxia: effects on tolerance, ventilation rate and predation efficiency. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **242**, 75-93.
- Tarpgaard, E., Morgensen, M., Grønkjær, P. & Carl, J. (2005). Using short-term growth of enclosed 0-group European flounder, *Platichthys flesus*, to assess habitat quality in a Danish bay. *Journal of Applied Ichthyology* **21**, 53-63.
- Thoresson, G. (1993). Guidelines for coastal monitoring. Kustrapport, 1993: 35 p.
- van der Veer, H.W., Kooijman, S.A.L.M. & van der Meer, J. (2001). Intra- and interspecies comparison of energy flow in North Atlantic flatfish species by means of dynamic energy budget. *Journal of Sea Research* **45**, 303-320.
- van der Veer, H.W. & Witte, J.I.J. (1993). The „maximum growth/optimal food condition“ hypothesis: a test for 0-group plaice *Pleuronectes platessa* in the Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* **101**, 81-90.
- van Leeuwen, P. & Vethaak, A.D. (1988). Growth of flounder (*Platichthys flesus*) and dab (*Limanda limanda*) in Dutch coastal waters with reference to healthy and diseased fish. *ICES CM G:54*.
- Vinagre, C., Cabral, H. & Costa M.J. (2008). Prey selection by flounder, *Platichthys flesus*, in the Douro estuary, Portugal. *Journal of Applied Ichthyology* **24(3)**, 238-243.

- Vinagre, C., França, S., Costa, M.J. & Cabral, H.N. (2005). Niche overlap between juvenile flatfishes, *Platichthys flesus* and *Solea solea*, in a southern European estuary and adjacent coastal waters. *Journal of Applied Ichthyology* **21**, 114-120.
- Vitinsh, M.J. (1988). Young flounder and turbot surveys with the beach seine in the Eastern Baltic in 1986 and 1987. *ICES CM J:8*.
- Westin, L. & Aneer, G. (1987). Locomotory activity patterns of nineteen fish and five crustacean species from the Baltic Sea. *Environmental Biology of Fishes* **20**, 49-65.
- Wootton, R.J. (1995). Ecology of teleost fishes. London: Chapman & Hall. 404 p.
- Бетешева, Е.И & Куликова, Е.Б. (1954). Речная камбала (*Pleuronectes flesus trachurus* Duncker) средней части Балтийского моря. Труды ВНИРО **26**, 102-117.
- Бокова, Е.Н. (1954). Питание молоди промысловых рыб Балтийского моря. Труды ВНИРО **26**, 163-187.
- Витиньш М.Я. (1976). Некоторые закономерности распределения и миграции речной камбалы (*Platichthys flesus* L.) в восточной и северо-восточной Балтике. *Fischerei-Forschung* **14**, 38-48.
- Желтенкова, М.В. (1954). Речная камбала (*Pleuronectes flesus trachurus* Duncker) как основной потребитель моллюсков Балтийского моря. Труды ВНИРО **26**, 137-162.
- Микельсаар, Н.Ф. (1958). Камбала восточной части Балтийского моря. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Институт Зоологии и Ботаники Академии Наук Эстонской ССР. Тарту, 280 с.
- Щукина, И.И (1970). Питание и миграции речной камбалы (*Pleuronectes flesus trachurus* Duncker) в районе остра Хийумаа. Труды БалтНИИРХ **4**, 361-376.