

,

Haaslava kalamajandi ja Emajõe vesikonna tõugjate otoliitide mikrokeemia pilootuuring

*Projekti Life Happyriver LIFE12 NAT/EE/000871 raames EL LIFE finantsinstrumendi
toel läbiviidud uuringute aruanne*

Tellija: MTÜ Eesti Loodushoiu Keskus

Koostaja: Mehis Rohtla, Tartu Ülikool

Tartu 2019



Sissejuhatus

Kalade kuulmekive ehk otoliite saab erinevate ihtüoloogiliste küsimuste lahendamisel kasutada bioloogiliste andmekandjatena. Nimelt kasvavad otoliidid koos kala endaga ajas pidevalt ning seega kasutatakse neid laialdaselt kala vanuse ja kasvukiiruse välja selgitamiseks. Uuema rakendusena kasutatakse otoliite veekeskkonna keemilise koostise salvestajatena ja hoidjatena, mis võimaldab uurida kalade rändeid ja sünnipäritolu.

Samaaegselt põhiliste otoliidi „ehituskivide“ (C, Ca, O) ladestamisega, ladestatakse otoliiti ka erinevaid mikro- ja jälgelemente (nt Sr, Ba), mis pääsevad otoliiti proportsioonalselt või ühele vees leiduvaga ning ei ole kala ioonregulatsiooni kontrolli all. Selle meetodi kasutamise eelduseks on, et uurimisalal esineks varieeruvust vee keemilises koostises ning et see varieeruvus peegelduks ka uuritava kalaliigi otoliitidel. Otoliidi mikrokeemia kasutamise eeliseks on see, et suhteliselt kiiresti on tagasiulatuvalt võimalik omastada konkreetse isendi kogu senise elu keemiline ajalugu, mille ära „tõlkimisel“ saab informatsiooni, mida muude meetoditega omastada pole võimalik. Tihti on üheks selliseks raskesti uuritavaks küsimuseks juveniilsete kalade rändeteede või sünnipäritolu välja selgitamine, mille juures ei saa näiteks tehismärgiseid kasutada juveniilsete kalade suuruse tõttu. Otoliidi mikrokeemia kasutamise puudujäägiks on aga jällegi see, et reeglina pole selle abil võimalik tuvastada lühiajalisi liikumisi uude (keemiselt erinevasse) elupaika, sest reeglina peab kala uues elupaigas veetma ca 2 nädalat (vanemad kalad veelgi rohkem), et uue elupaiga veekeemia ladestuks otoliidile. Siinkohal on aga suuremate kalade puhul võimalik kasutada tehismärgiseid, mis annavad täpsemat informatsiooni lühemal perioodil. Seega ideaalis tulekski kasutada otoliidi mikrokeemiat, erinevaid telemeetrilisi meetodeid ja/või geneetikat kombineeritult – kõik need meetodid annavad, küll erinevatel ruumi- ja ajaskaaladel, väärtusliku informatsiooni.

Käesoleva pilootuuringu peamiseks eesmärgiks oli välja selgitada, kas Haaslava kalamajandist pärit noortõugjate otoliitide keemiline sõrmejälg on eristatav looduslike tõugjate otoliitide keemilisest sõrmejäljest. Kuna Peipsi vesikonna tõugja koelmutelt käesolevas töös noortõugjaid ei kogutud, kasutati esmase üldpildi saamiseks sama süsteemi erinevatelt paikadest kogutud suguküpsed tõugjad.

Kokkuvõte

Käesolevas töös kogutud ja analüüsitud materjali põhjal saab järeldada, et üldjuhul on Haaslava kalamajandist pärit tõugjate otoliidi keemiline sõrmejälg erinev looduslikul teel koorunud tõugjate otoliitide keemilisest sõrmejäljest.

Loodusest püütud suurte (43-83 cm) tõugjate otoliitide analüüs näitas, et 16% kaladest oli Haaslava kalamajandi päritolu. See tulemus tõestab, et projektide Happyriver ja Happifish raames läbi viidud noortõugjate asustamine aitab reaalselt selle kaitsealuse liigi arvukust looduses tõsta ja seisundit parandada.

Kalade asurkondade tugevdamine asustamistööde abil on olnud ajalooliselt levinud meetod. Sageli on negatiivse aspektina välja toodud asjaolu, et tööde positiivse efekti kohta teadmised puuduvad. Käesolev innovaatiline töö astus ajaloolistest raamidest välja, täiesti looduslikke veekeemia markereid kasutades suudeti rekonstrueerida pilt tõugja ühest olulisimast eluetapist ehk koorumise ajast ja kohast. Metoodika sobivus uuritava veesüsteemiga sai kinnitust ning see väärib edasiarendamist. Edaspidi tuleks keskenduda meetodi ruumilise mõõte täpsustamisele. Selleks tuleb koguda erinevat päritolu noortõugjaid ja seirata veekeemia aastasisest muutust erinevatel aastatel.

Summary

Based on the material collected and analysed in this work, it can be concluded that, as a general rule, the chemical fingerprint of the otoliths of the asps from the Haaslava fish farm, is different from the chemical fingerprint of the naturally hatched fish.

An analyses of otoliths of large (43-83 cm) asps, caught in the wild showed that 16% of fish were of Haaslava fish farm origin. This result proves that the introduction of young fish, carried out under the LIFE Happyfish and Happyriver projects will actually help to increase and improve the abundance of this protected species in the wild. Strengthening the population of fish by inhabiting works has been a historically common method. The fact that there is no knowledge of the positive effect of the work is often highlighted as a negative aspect. This innovative work came out of historical frames, using entirely natural markers of water chemistry and it was possible to reconstruct a picture of one of the most important stages of life of the fish – the time and the place of hatching. The appropriateness of the methodology with the water system under investigation has been confirmed and deserves further development. In future, the focus should be on clarifying the spatial dimension of the method. To this end, juveniles of different origins must be collected and intraannual changes in aquatic chemistry monitored in different years.

Metoodika

Otoliidi kasvuajaloo paljastamiseks lihviti otoliidid liivapaberiga tuumani (frontaalne ristlõige) ning seejärel kleebiti ühele alusklaasile. Mikrokeemilised analüüsid teostati kahes massispektromeetria laboris. Jälgelementide analüüsid teostati Tartu Ülikooli geoloogia osakonnas ja selleks kasutati laserablatsioon sisestusega induktiiv-sidestatud plasma massispektromeetrit (LA-ICPMS). Laseri kiir diameetriga 40 µm liikus kiirusega 5 µm/s otoliidi tuumast kuni ääreni (Pilt 1). Kvantifitseeriti järgnevate isotoopide sisaldused: ^{24}Mg , ^{43}Ca , ^{55}Mn , ^{88}Sr , ^{137}Ba . Toorandmed korrigeeriti proovide vahel mõõdetud rahvusvaheliste standarditega (NIST-612, MACS-3), kõik isotoobid suhestati kaltsiumiga (mida kasutati ka otoliidi sisese standardina) ning teisendati mmol/mol. Strontsiumi isotoopide (^{87}Sr : ^{86}Sr) analüüsid teostati Rootsi Loodusmuuseumi allasustuses *Vegacenter* ja selleks kasutati laserablatsioon sisestusega multi-kollektor induktiiv-sidestatud plasma massispektromeetrit (MC-LA-ICPMS). Laseri kiir diameetriga 65 µm liikus kiirusega 5 µm/s otoliidi tuumast kuni ääreni. Toorandmed korrigeeriti proovide vahel mõõdetud laborisiseste standarditega. Pärast mikrokeemiliste analüüside läbi viimist värviti kõik otoliidi ristlõiked 1% neutraalpunase ja 0,5% äädikhappe lahuses, et hõlbustada vanuse määramist.



Pilt 1. Võrtsjärvest 2018. aasta septembris püütud seitsme aasta vanuse ja 67 cm pikkuse asustatud tõugja otoliidi värvitud ristlõige, kus on näha keemilise analüüsi tulemusel otoliiti lõhustatud laseri kiire kraatrid. Aastaringid on tähistatud punaste täppidega.

Tulemused ja arutelu

Otoliitidest saadud tulemuste kokkuvõte

Noorkalad Haaslava kalamajandist

Haaslava kalamajandist pärit tõugjate otoliitide koorumisjärgne $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$, $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ näit erines aastate 2011 ja 2018 vahel (Tabel 1 ja 2). Aasta 2011 oli erakordse suurvee aasta ja palju Emajõe vett tungis ka Haaslava kalamajandi tiikidesse. Seda varieeruvust on näha ka 17.08.2011 Haaslavalt kogutud ühesuviste tõugjate otoliitide $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ profiilides, kuid huvitaval kombel mitte $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiilides (kuigi absoluutväärtused olid madalamad võrreldes 2017 ja 2018 aastaga). Juba koorumisjärgsed jälgelementide näidud ($\text{Sr}:\text{Ca}$ ca 0,282 mmol/mol) olid kõrgemad, kui aastatel 2017 ja 2018 Haaslava kalamajandi tiikides elanud tõugjate vastavad näidud ($\text{Sr}:\text{Ca}$ ca 0,177-0,202 mmol/mol). Hiljem tõusid näidud veelgi (isegi kuni 0,47 mmol/mol) ja alles suve lõpuks hakkasid osadel isenditel taas langema. Haaslava kalamajandist 21.09.2018 kogutud kahesuviste tõugjate otoliitide $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$, $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ profiilides tuvastati samuti varieeruvust, kuid siinkohal on tegemist suhteliselt minimaalse aastate vahelise varieeruvusega (Tabel 1 ja 2).

Noorkalad Laeva jõest ja Karisto ojast

Laeva jõest ja Karisto ojast 2018. aastal püütud noortõugjate vanused erinesid. Laeva ja Älevi punktist septembris püütud noortõugjad olid samasuvised isendid. Kuna aastal 2018 samasuviste isendite asustamist ei toimunud, siis see tähendab, et tegemist oli looduslikult koorunud noortõugjatega. Laeva ja Älevi noortõugjate otoliitide keskmised koorumisjärgsed $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$, $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ näidud (I faas Tabelis 1 ja 2) olid sarnased Haaslava kalamajandist 2018. aastal kogutud tõugjate vastavate näitudega. Keskmiselt olid $\text{Sr}:\text{Ca}$ näidud siiski madalamad Haaslava kalamajandi tõugjatel. Ka Laeva ja Älevi punktist kogutud samasuviste tõugjate $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ profiilides tuvastati selge väärtuste nihe madalamatelt kõrgematele. Tõenäoliselt on tegemist veekeemia muutumisega suurvee taandudes, kuid täielikult ei saa välistada ka immigratsiooni mujalt.

Karisto ojast 2018. aasta augusti lõpus püütud noortõugjad olid kahesuvised isendid. Nende kalade otoliitide keskmised koorumisjärgsed $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$, $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ näidud vastasid pea täielikult Haaslava kalamajandist 2018. aastal kogutud kahesuviste tõugjate vastavatele

näitudele (Tabel 1 ja 2). See tähendab, et Karisto noortõugjate puhul oli tegemist asustatud kaladega.

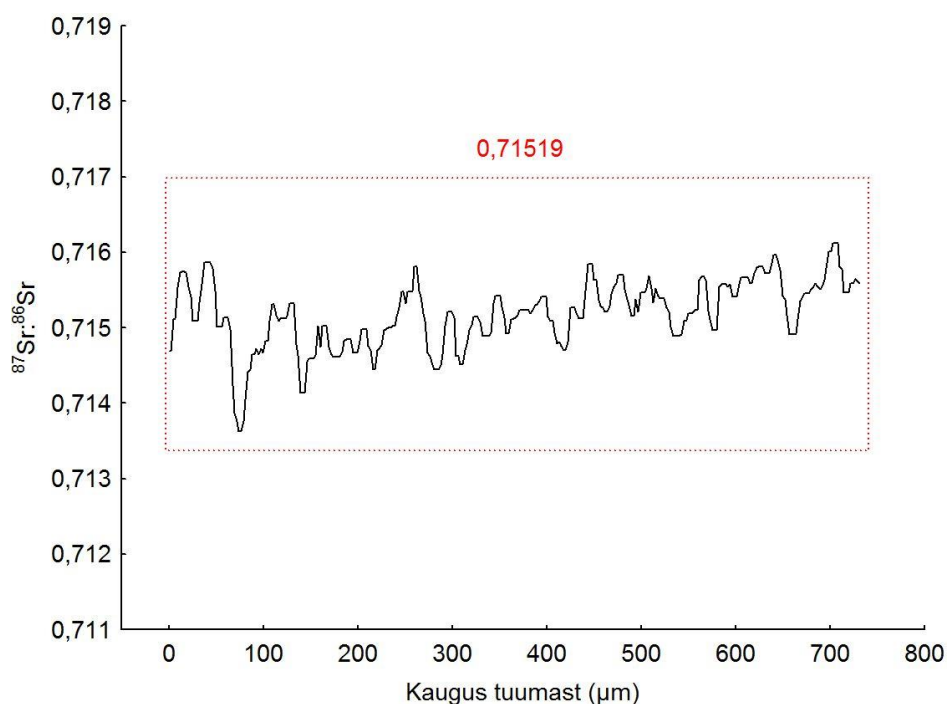
Kõik see tähendab seda, et Haaslava kalamajandist pärit tõugjate tuvastamiseks loodusest tuleks asustatud kalade keskmine keemiline sõrmejalg kindlaks määrata iga asustatud aastakäigu kohta eraldi. Asustatud kalade lihtsamaks tuvastamiseks võiks kaaluda noortõugjate keemilist märgistamist Haaslava kalamajandis.

Tabel 1. Haaslava kalamajandist ja erinevatest Laeva jõe punktidest kogutud juveniilsete tõugjate otoliitide keskmised ($\pm$ SD) Sr:Ca ja Ba:Ca väärtused. Tihti oli otoliidi keemilistes profiilides võimalik eristada erinevaid jälgelementide tasemeid (faase), mis tulenevad veekeemia muutumisest aastate vahel, Emajõe vee sissekandest Haaslava kalamajandi tiikidesse või noortõugjate asustamisest Laeva jõkke. Need erinevad tasemed on tähistatud I-III.

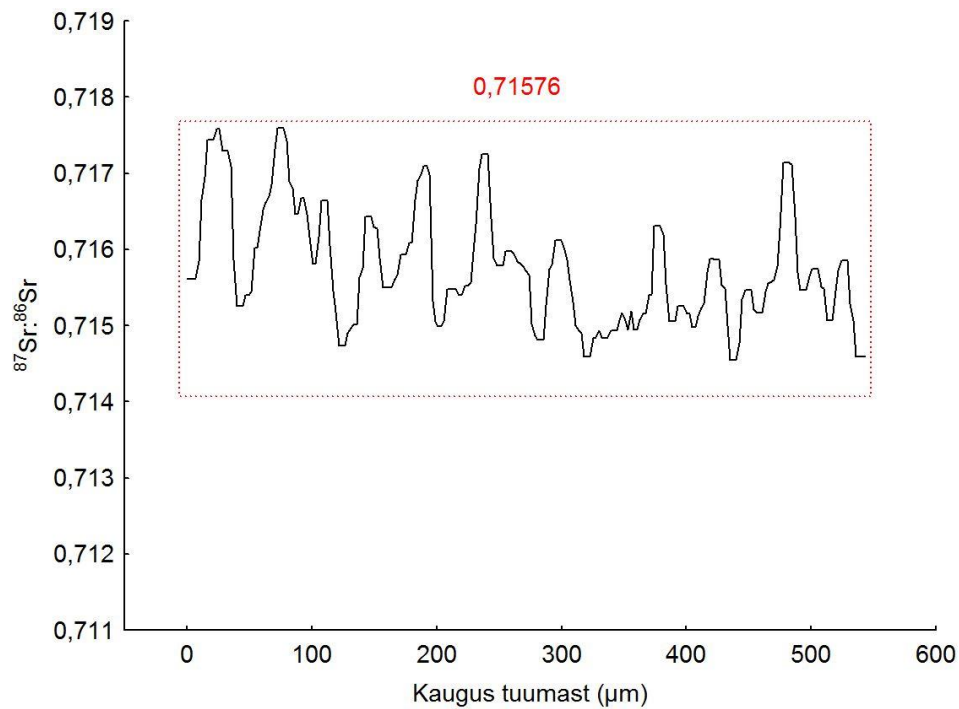
Koht	<i>n</i>	Sr:Ca _I	Ba:Ca _I	Sr:Ca _{II}	Ba:Ca _{II}	Sr:Ca _{III}	Ba:Ca _{III}
Kuupäev							
Haaslava	6	0,282 $\pm$ 0,004	0,007 $\pm$ 0,0004	0,390 $\pm$ 0,061	0,011 $\pm$ 0,003	0,366 $\pm$ 0,109	0,01 $\pm$ 0,002
17.08.2011							
Haaslava	5	0,177 $\pm$ 0,004	0,004 $\pm$ 0,0004	0,202 $\pm$ 0,003	0,007 $\pm$ 0,0003	-	-
21.09.2018							
Laeva	2	0,207 $\pm$ 0,009	0,004 $\pm$ 0,0001	0,260 $\pm$ 0,008	0,008 $\pm$ 0,0003	-	-
06.09.2018							
Älevi	6	0,229 $\pm$ 0,013	0,004 $\pm$ 0,0003	0,275 $\pm$ 0,014	0,009 $\pm$ 0,0013	-	-
12.09.2018							
Karisto	3	0,186 $\pm$ 0,003	0,004 $\pm$ 0,0002	0,227 $\pm$ 0,007	0,01 $\pm$ 0,0007	-	-
29.08.2018							

Tabel 2. Haaslava kalamajandist ja erinevatest Laeva jõe punktidest kogutud juveniilsete tõugjate otoliitide keskmised ($\pm$ SD) $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ väärtused. Tihti oli otoliidi keemilistes profiilides võimalik eristada erinevaid jälgelementide tasemeid (faase), mis tulenevad veekeemia muutumisest aastate vahel, Emajõe vee sissekandest Haaslava kalamajandi tiikidesse või noortõugjate asustamisest Laeva jõkke. Need erinevad tasemed on tähistatud I-II.

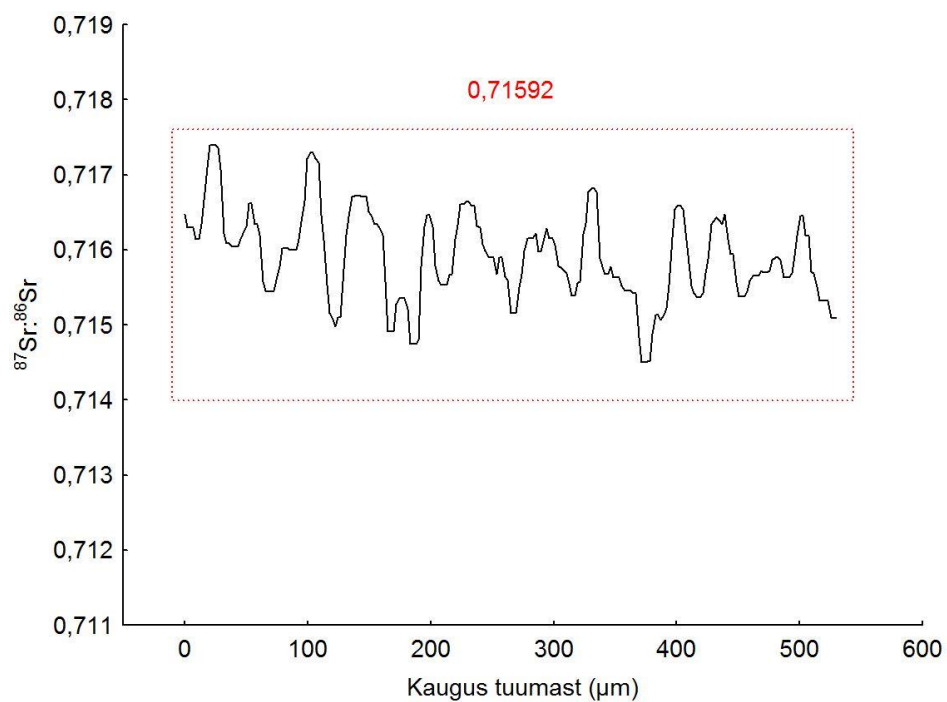
Koht	<i>n</i>	$^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}_I$	$^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}_{II}$
Kuupäev			
Haaslava	6	$0,71521 \pm 0,0002$	-
17.08.2011			
Haaslava	5	$0,71618 \pm 0,0001$	$0,71570 \pm 0,0002$
21.09.2018			
Laeva	2	$0,71573 \pm 0,00003$	-
06.09.2018			
Älevi	6	$0,71591 \pm 0,0002$	$0,715371$
12.09.2018			
Karisto	3	$0,71591 \pm 0,00001$	-
29.08.2018			



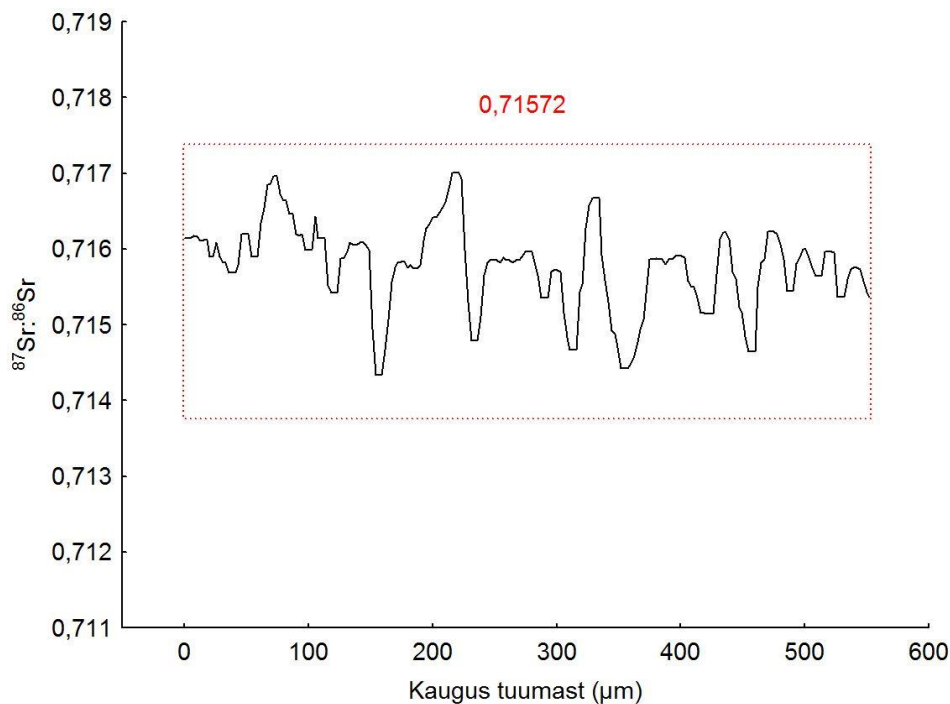
Joonis 1. Haaslava kalamajandist 17.08.2011 kogutud ühesuvisel tõugja otoliidi $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiil. Punase punktiirjoonega on tähistatud profiili osa, kust arvutati keskmine kooremisjärgne $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit.



Joonis 2. Haaslava kalamajandist 21.09.2018 kogutud kahe-suvisse tõugja otoliidi $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiil. Punase punktiirjoonega on tähistatud profiili osa, kust arvutati keskmine koorumisjärgne $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit.



Joonis 3. Karisto ojast 29.08.2018 püütud kahe-suvisse tõugja otoliidi $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiil. Punase punktiirjoonega on tähistatud profiili osa, kust arvutati keskmine koorumisjärgne $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit.



Joonis 4. Laeva jõest Älevilt 12.09.2018 püütud juveniilse tõugja otoliidi $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiil. Punase punktiirjoonega on tähistatud profiili osa, kust arvutati keskmine koorumisjärgne $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit.

Suguküpsed tõugjad

Analüüsi kaasatud suguküpsed tõugjad olid enamjaolt püütud Võrtsjärvest ($n=25$) ja Emajõest Praagalt ($n=14$). Üks tõugjas püüti Karisto ojast ja üks Pede jõest ning kaks tõugjat Emajõest (Pedja jõe suubumise piirkonnas ja I kaevandist). Suguküpsete tõugjate otoliitide koorumisjärgsed keskmised ($\pm\text{SD}$) $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$, $\text{Sr}:\text{Ca}$ ja $\text{Ba}:\text{Ca}$ näidud olid vastavalt 0,71461 (0,00041), 0,213 (0,053) mmol/mol ja 0,006 (0,001) mmol/mol. Kõige madalam tuvastatud $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit oli 0,71391 ja kõrgeim 0,71561. Kõige madalam tuvastatud $\text{Sr}:\text{Ca}$ näit oli 0,136 mmol/mol ja kõrgeim 0,375 mmol/mol. Kõige madalam tuvastatud $\text{Ba}:\text{Ca}$ näit oli 0,003 mmol/mol ja kõrgeim 0,008 mmol/mol.

Enamus (84%) keskmiseid koorumisjärgseid $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näite jäi vahemikku 0,7139-0,7148.

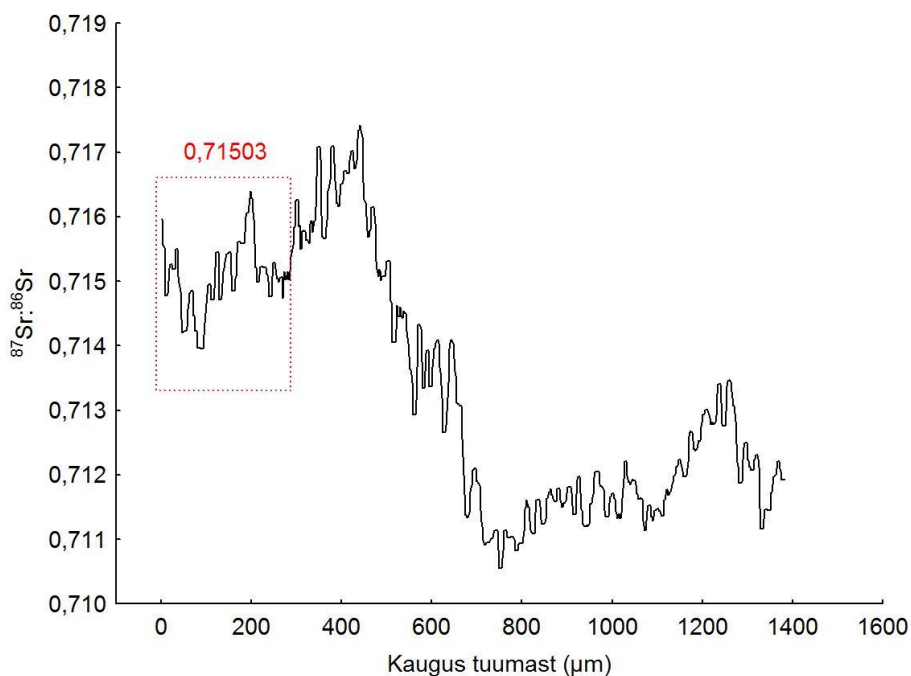
Seega võib järeldada, et nende kalade puhul on tegemist looduslike kaladega, sest Haaslava kalamajandi tiikides kasvanud tõugjate otoliitides nii madalaid näite ei tuvastatud.

Suguküpsete tõugjate valimis esines siiski seitse kala (16%), kelle $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit oli $>0,715$ (Joonis 5), mis ühtib Haaslavalt pärit tõugjate vastava näiduga. Nende samade suguküpsete tõugjate otoliitide koorumisjärgsetes $\text{Sr}:\text{Ca}$ väärtustes tuvastati samuti ajutine $\text{Sr}:\text{Ca}$ väärtuste tõus (Joonis 6), mis oli iseloomulik Haaslava kalamajandi tiikides aastal 2011 kasvanud

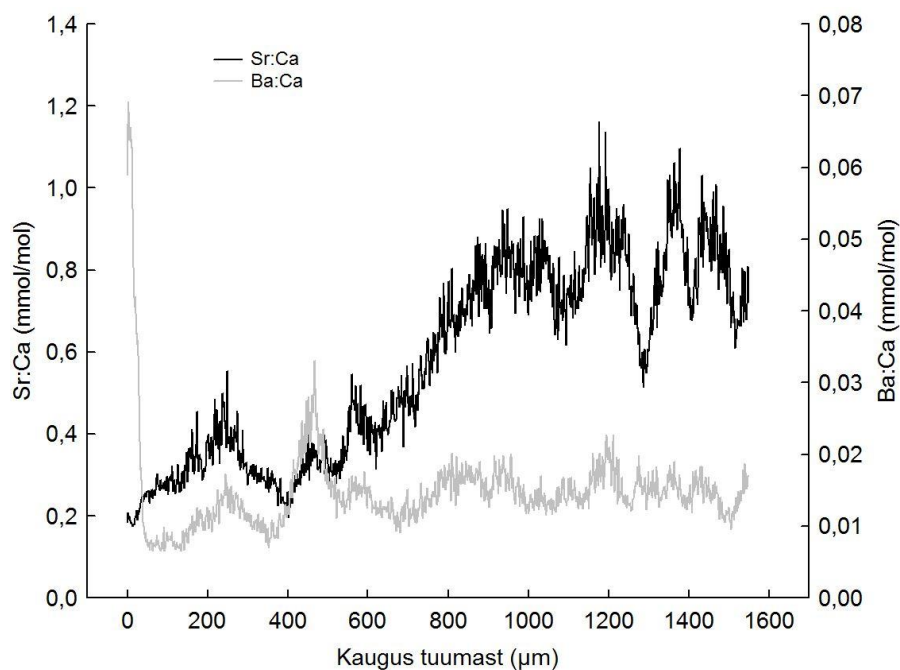
tõugjatele (Emajõe vee sissetungi tõttu). Kaks neist olid püügihetkel kuue aastased (asustatud 2012), kolm seitsme aastased (asustatud 2011), üks üheksa aastane (asustatud 2009) ja üks kümne aastane. Viimane neist ei saanud siiski olla asustatud, sest konkreetne isend püüti Karisto ojast aastal 2013 – seega tõenäoliselt oli tegemist Laeva jões koorunud isendiga. Kokkuvõttes oli suguküpsete valimis seega kuus asustatud tõugjat (14%) ning nad püüti Võrtsjärvest (n=4) ja Praagalt (n=2).

Kuigi enamike analüüsitud tõugja otoliitide $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiilides väga suurt varieeruvust ei leitud (Joonis 7), siis leidus ka mõningaid isendeid kelle profiil varieerus suures ulatuses (Joonis 5). Otoliitide Sr:Ca profiilid varieerusid aga palju rohkem (Joonis 6). Kõrged (>0.4 mmol/mol) Sr:Ca väärtused viitavad Peipsi-Lämmi-Pihkva järvele, kui eeldada, et tõugjas ladestab veest elemente otoliiti samas koguses kui latikas, kelle kohta on meil olemas suurem baasväärtuste andmebaas. Haaslava kalamajandi tiikidest püütud juveniilsete latikate (n=5) otoliitide Sr:Ca väärtused jäid igatahes vahemikku 0,18-0,20 mmol/mol, mis ühtib Haaslava kahesuviste tõugjate vastavate näitudega. Sama vastavus oli ka $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näitudega.

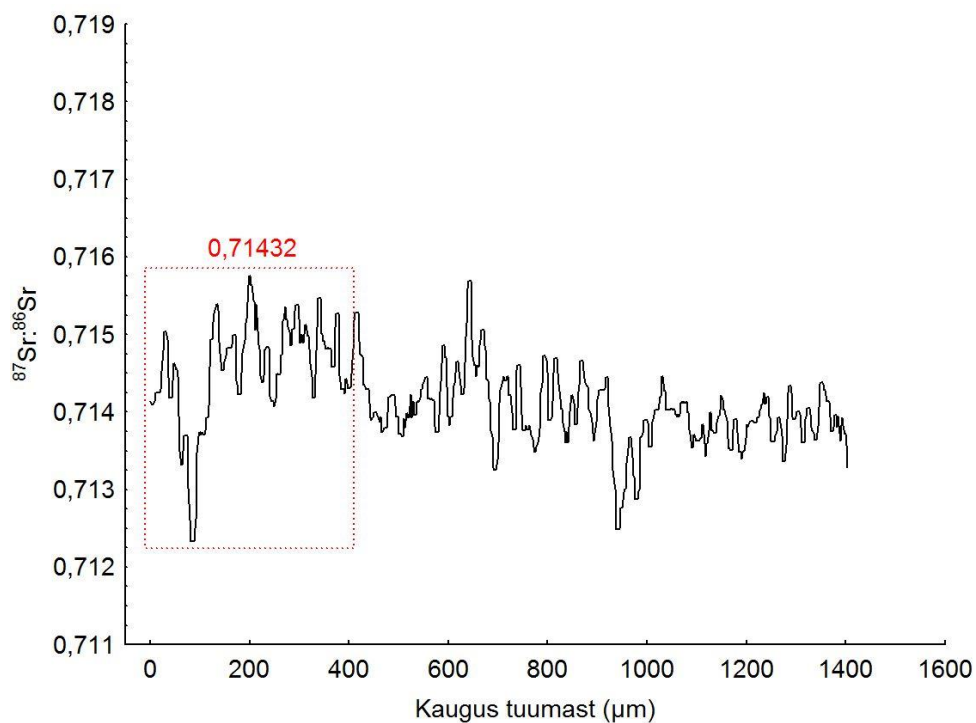
Suguküpsed tõugjad lahkusid koorumis- ja/või turgutusalalt erinevatel aegadel. Oli neid, kes tegid seda koheselt pärast koorumist ja oli ka neid, kes lahkusid alles mõne aasta pärast.



Joonis 5. Emajõeest Praagalt 03.05.2018 püütud asustatud tõugja otoliidi $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ profiil (TL=69 cm, suguküps emane). Punase punktiirjoonega on tähistatud profiili osa, kust arvutati keskmine koorumisjärgne $^{87}\text{Sr}:^{86}\text{Sr}$ näit. Vaata ka jooniselt 6 sama kala otoliidi Sr:Ca ja Ba:Ca profiili.



Joonis 6. Emajõeest Praagalt 03.05.2018 püütud suguküps asustatud tõugja otoliidi Sr:Ca ja Ba:Ca profiil (TL=69 cm, suguküps emane). Sr:Ca väärtuste järsud langused profiili lõpus tähistavad tõenäoliselt hooajalisi (kude?) rändeid. Vaata ka jooniselt 5 sama kala otoliidi $^{87}\text{Sr}:$ ^{86}Sr profiili.



Joonis 7. Võrtsjärvest Tondi saare ümbrusest 06.09.2018 püütud isase suguküpsse 65,5 cm tõugja otoliidi $^{87}\text{Sr}:$ ^{86}Sr profiil. Punase punktiirjoonega on tähistatud profiili osa, kust arvutati keskmine koorumisjärgne $^{87}\text{Sr}:$ ^{86}Sr näit.