



Erkka Laitinen & Juha-Pekka Vähä
Julkaisu 21/2022

Mustionjoen raakkujen ikämääritykset

Mustionjoen raakkujen ikämääritykset



Aineiston tuottamiseen on saatu Euroopan unionin LIFE Luonto-rahoitusta. Aineiston sisältö heijastelee sen tekijöiden näkemyksiä, eikä Euroopan komissio tai CINEA ole vastuussa aineiston sisältämien tietojen käytöstä.

Projektet har fått finansiering av Europeiska Unionens LIFE-program. Materialet reflekterar synsätt av upphovsmannen, och Europeiska kommissionen eller CINEA är inte ansvariga för användning av materialets innehåll.

The project has received funding from the LIFE Programme of the European Union. The material reflects the views by the authors, and the European Commission or the CINEA is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

Tekijät: Erkkä Laitinen, Juha-Pekka Vähä
Taitto: Tiia Palm

Valokuvat: LUVY

Kansikuva: Mustionjoen raakun kuoripuoliskot levitettyinä. (LUVY / Erkkä Laitinen)

ISBN 978-952-250-267-4

ISSN 1798-2677

Julkaisu on saatavana myös nettisivuiltamme: www.luvy.fi/julkaisut

Kuvailulehti

<i>Julkaisija</i>	Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry PL 51, 08101 LOHJA vesi.ymparisto@luvy.fi 019 323 623 www.luvy.fi	Julkaisu-aika 10/2022
		Julkaisun kieli Suomi
		Sivuja 16
<i>Tekijä(t)</i>	Erkka Laitinen, Juha-Pekka Vähä	
<i>Julkaisun nimi</i>	Mustionjoen raakkujen ikämääritykset	
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Julkaisu 21/2022	
<i>Tiivistelmä</i>	<p>FRESHABIT LIFE IP -hankkeessa on tutkittu Mustionjoen jokihelmisimpukkapopulaation nykytilaa. Vuonna 2016 raakkujen todettiin olevan huonokuntoisia, minkä vuoksi niitä vietiin Jyväskylän yliopiston Konneveden tutkimusaseman kasvatuslaitokseen. Kasvatuslaitoksessa vuosina 2017 tai 2018 kuolleiden jokihelmisimpukoiden (<i>Margaritifera margaritifera</i>) ikää määritettiin sklerokronologisten menetelmien avulla.</p> <p>Raakun kuorinäytteistä laskettujen vuosilustojen määrä oli keskimäärin 82 kpl ja analysoitujen raakkuyksilöiden keskimääräinen elinikä alle 90 vuotta.</p> <p>Siihen nähden, että raakku voi elää hyvissä ja häiriintymättömissä olosuhteissa jopa 200-vuotiaaksi, Mustionjoen raakut kuolevat varsin nuorina.</p> <p>On mahdollista, että Mustionjoen raakkujen heikko elinympäristö lyhentää niiden elinikää.</p> <p>Raakkujen ikämääritykseen ja tuloksiin liittyy kuitenkin paljon epävarmuutta. Näitä ovat aineiston pieni otoskoko, leikkeiden tekemiseen ja prosessointiin liittyvät tekniset haasteet, raakun kuoren luontainen korroosio sekä tutkijan kokemus, joita myös käsitellään raportissa.</p>	
<i>Asiasanat</i>	Karjaanjoen vesistöalue, Mustionjoki, Raasepori, Lohja, jokihelmisimpukka, raakku, pintavedet, vedenlaatu	
<i>Toimeksiantaja</i>	FRESHABIT LIFE IP	

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Raakun merkitys ekosysteemissä	5
3	Mustionjoen olosuhdemuutokset sekä vaikutukset vedenlaatuun ja raakupopulaatioon	6
4	Ikä- ja kasvumääritykset	7
4.1	Raakunkuorien leikkaaminen.....	7
4.2	Värjäys.....	8
4.3	Vuosilustojen määrittäminen.....	8
4.4	Korrodoituneen tai vaurioituneen osan vuosilustojen määrän estimointi	10
5	Tulokset	11
6	Tulosten tarkastelu	12
7	Loppupäätelmät ja jatkotutkimustarpeet	13
8	Summary in English	13
	Lähdeluettelo	14

1 Johdanto

Jokihelmisimpukka eli raakku (*Margaritifera margaritifera*) on Suomen pitkäikäisin eläinlaji, joka on erittäin uhanalainen. Maailmanlaajuisesti raakkua esiintyy Euroopassa sekä Pohjois-Amerikan itärannikon joissa. Suomen eteläisimmät raakkuesiintymät ovat Mustionjoessa, jossa raakku kuuluu kotoperäiseen lajistoon (Törrönen 2016). Mustionjoen raakkupopulaation koko on taantunut voimakkaasti eikä se tämän hetkisen käsityksen mukaan pysty enää uudistumaan (Asp ja Leppänen 2017, Oulasvirta 2010, 2019, Vähä ym. 2017, Leppänen ym. 2018, Mustonen ja Suonpää-Espinola 2021). Tämänhetkinen Mustionjoen raakkupopulaatio koostuu iäkkäistä yksilöistä, jotka ovat eläneet joessa kymmeniä vuosia vaihtelevissa olosuhteissa. Raakut ovat huonokuntoisia eivätkä ne lisäänty joessa. Kanta on nykyisellään luokiteltu kuolevaksi (Taskinen 2021a).

Käsillä olevan työn tarkoituksena on ollut selvittää Mustionjoen raakkukannan ikää sekä populaation kasvun dynamiikkaa. Suomen olosuhteissa raakku on pitkäikäinen laji, jonka yksilöiden kasvukehitystä on mahdollista käyttää myös vedenlaadun muutoksen indikaattorina pitkällä aikavälillä: jos vedenlaatu on ollut heikkoa, tämä näkyy hitaana kasvuna, kun taas vedenlaadun parantuessa kasvu nopeutuu.

2 Raakun merkitys ekosysteemissä

Raakkua voidaan pitää sekä virtavesiekosysteemien avainlajina että indikaattorilajina. Sillä on keskeinen asema ekosysteemien ylläpidossa, mutta indikaattorilajina raakun avulla on mahdollista tehdä myös johtopäätöksiä vesistön ekologisesta tilasta: raakun elinympäristövaatimuksia pidetään varsin tiukkoina, minkä vuoksi raakkupopulaation koon, kehityksen sekä tilan tutkiminen on hyödyllistä koko vesistön tilan tarkastelussa. Veden ja joen pohjan riittävän puhtauden lisäksi raakku on riippuvainen joen lohikalakannasta. (Saarinen ym. 2021.)

Raakun yksilönkehitys on hidas ja monimutkainen. Urokset laskevat spermansa alkukesällä veteen, josta se kulkeutuu naarasyksilön sisään. Hedelmöityneet munat kehittyvät muutamia viikkoja naaraan kiduspussissa. Sieltä ne vapautuvat pieninä toukkina, glokidiona (0,6–0,7 mm). Tällöin ne muistuttavat jo pieniä simpukoita, joiden kuoret kuitenkin pysyvät auki, kunnes ne löytävät sopivan isännän. Yleensä ne kiinnittyvät lohikalojen kiduksiin, minkä vuoksi lohikalat ovat tärkeä osa raakkujen elinkiertoa ja elinvoimaisuutta. Raakut kasvavat luonnollisessa ympäristössään ensimmäisten vuosien aikana noin millimetristä kahteen vuodessa, ja kasvua määrittävät pääosin ravinnon määrä ja veden lämpötila. Aluksi raakunpoikaset ruokailevat ottamalla veteen päätyntä orgaanista materiaalia jalkansa avulla, mutta myöhemmin ne alkavat ottaa ravintonsa suodattamalla vettä kidustensa läpi, jolloin tuloksena on puhdasta vettä. Tähän tarkoitettut hengityspotket eli sifot alkavat kehittyä raakuille niiden ollessa noin 4 mm kokoisia (Degerman ym. 2009). Raakkuyksilö on aikuinen 10–15 vuoden iässä, jolloin sen pituus on noin 6,5 cm. Se jatkaa kuitenkin kasvuaan vielä tämän jälkeenkin yleensä noin 13–15 cm pituiseksi. Aikuinen raakku voi suodattaa 50 litraa vettä vuorokaudessa, millä on positiivinen vaikutus virtavesien vedenlaatuun.

Pohjoisissa olosuhteissa elävien raakkujen odotettu elinikä on huomattavasti korkeampi kuin esiintymisalueensa etelälaidalla elävien yksilöiden: Etelä-Euroopassa raakut elävät harvoin yli 50-vuotiaiksi, kun taas pohjoisilla leveysasteilla ne voivat saavuttaa jopa 200 vuoden iän (Helama ja Valovirta 2008a, Ziuganov ym. 2000, San Miguel ym. 2004, Oulasvirta (toim.) 2006). Pohjoisessa elävät raakut kasvavat myös selvästi eteläisiä hitaammin. Kuitenkin ainoastaan noin puolet eroista eliniässä on selitettävissä eroilla keskilämpötilassa, sillä hydrokemiaalisten tekijöiden osuus arvioidaan yhtä suureksi (Bauer 1992). Kuitenkin myös arviot pohjoisten jokien raakkujen maksimielinajasta vaihtelevat suuresti, vaihteluväliksi on esitetty 130–250 vuotta (Oulasvirta (toim.) 2006). Kaiken kaikkiaan ikätietoja on kuitenkin varsin vähän, minkä vuoksi yleispätevää tietoa keskimääräisestä odotetavissa olevasta eliniästä eri ympäristöissä Suomen olosuhteissa on vaikea määrittää (Taskinen 2021b).

Raakkujen lisääntymiskyky voi säilyä koko niiden elinajan. Vedenlaadun heikentyessä raakut eivät kuitenkaan enää kykene lisääntymään, vaikka jo syntyneet aikuiset yksilöt pysyisivätkin elossa. Tämä merkitsee sitä, ettei populaatio enää kykene uusiutumaan, vaan se vähitellen katoaa, jos kehityksen suuntaa ei ole mahdollista muuttaa. Aiemmin Suomessa runsaana esiintynyt raakku onkin nykyään erittäin uhanalainen, koska virtavesiekosysteemit ovat muuttuneet monin tavoin etenkin 1900-luvun aikana. Erityisesti Etelä-Suomen raakkukannat ovat taantuneet voimakkaasti ja raakkujen lisääntymiskyky on romahtanut. Kaikkiaan Suomessa oli 1900-luvun

alussa yli 200 jokea, joissa raakku eli ja lisääntyi. Nykyisin raakkujokia on noin 90. Niistä vain seitsemän on Oulun eteläpuolella, ja vain yhdessä niistä on lisääntyvä raakkukanta. (Suomen ympäristökeskus 2014.) Raakun ja sen isäntäkalojen elinalueita ovat heikentäneet maa- ja metsätalous, turvetuotanto, jokien perkaukset, säännöstely ja patoamiset, valuma-alueen ojitukset, happamoituminen sekä jätevedet. Maailmanlaajuisesti raakkukanta on vähentynyt Pohjois-Amerikan itärannikolta Pohjois-Eurooppaan ja Venäjälle ulottuvalla levinneisyysalueella 95 prosenttia kuluneen vuosisadan aikana (Leppänen ym. 2018).

FRESHABIT LIFE IP -hankkeessa on tutkittu Mustionjoen jokihelmisimpukan nykytilaa ja aloitettu toimet Suomen eteläisimmän populaation pelastamiseksi. Mustionjoen raakkuesiintymiä inventoitiin ensimmäisen kerran vuonna 2016, jolloin niissä olevien yksilöiden todettiin olevan hyvin huonokuntoisia, ja luontaista lisääntymistä pidettiin epätodennäköisenä. Raakkuja siirrettiin Jyväskylän yliopiston Konneveden tutkimusasemalle suotuisampiin elinolosuhteisiin.

3 Mustionjoen olosuhdemuutokset sekä vaikutukset vedenlaatuun ja raakkupopulaatioon

Mustionjoki on 26 kilometrin pituinen Karjaanjoen vesistön laskujoki. Se alkaa Lohjanjärvestä ja laskee Suomenlahden Pohjanpitäjänlahteen. Mustionjoen alue kuuluu Natura 2000 -kohteisiin. Yhtenä perusteena Natura-alueen perustamiselle on ollut raakun esiintyminen joessa. Mustionjoen Natura-alueeseen kuuluu ainoastaan vesialueita (Suomen ympäristökeskus 2016).

Ensimmäiset kirjalliset raakkuhavainnot Mustionjoesta ajoittuvat vuoteen 1873 (Törrönen 2016). Mustionjoen raakkukanta on kuitenkin supistunut nopeasti ja etenkin 2010-luvulla tapahtuneet muutokset ovat olleet dramaattisia. Esimerkiksi Peltokosken kartoituspisteen kohdalla ei tehty yhtään raakkuhavaintoa vuonna 2017, kun vuonna 1997 yksilöitä oli vielä 25 kappaletta. (vrt. Saarinen ym. 2021.)

Koko Karjaanjoen vesistöalueen pinta-ala on 2 050 km². Se sijaitsee pääosin Uudellamaalla, mutta ulottuu lännessä myös Varsinais-Suomen ja pohjoisessa Hämeen alueille. Vesistöalueella on useita järviä, jokia ja puroja, jotka kattavat 12 % pinta-alasta. Suurimmat järvet ovat Hiidenvesi ja Lohjanjärvi.

Mustionjoen valuma-alueen yläosat ovat suurimmaksi osaksi metsää, kun taas alaosissa on runsaasti maatalousalueita. Alueella on myös happamia sulfaattimaita, jotka ovat kuivalle maalle maankohoamisen seurauksena nousutta entistä merenpohjaa. Ne voivat aiheuttaa riskejä monille vesieliöille, muun muassa raakulle, jos maaperässä oleva sulfaatti pääsee maanmuokkauksen seurauksena kosketuksiin ilman kanssa. Tällöin muodostuu rikkihappoa, joka liuottaa maaperästä metalleja, jotka voivat kulkeutua vesistöön ja samalla laskea veden pH-arvoa.

Mustionjoki oli aikoinaan vuolaskoskinen ja merkittävä vaelluskalajoki. Ihminen on kuitenkin kautta historian valjastanut sitä omiin tarpeisiinsa heikentäen samalla vaelluskalojen menestymismahdollisuuksia. Vuonna 1560 Mustionjoen uoman ympäristöön perustettiin Mustion ruukki ja vuonna 1641 Billnäsin ruukki. Nykyisin Mustionjoessa on lisäksi neljä voimalapatoa: Åminnefors, Billnäs eli Pinjainen, Peltokoski ja Mustionkoski. Åminneforsin pato uusittiin vuonna 1956, jolloin raakkupopulaatiolle elintärkeiden kalojen vaellusyhteys merestä jokeen katkesi ja joen alkuperäinen lohikanta kuoli sukupuuttoon. Vuonna 2020 tilanne kuitenkin parani, kun kahden lähimpänä merta sijaitsevan voimalaitoksen, Åminneforsin ja Billnäsin, yhteyteen rakennetut kalatiet avattiin toukokuussa 2020. Kalatiet mahdollistavat lohikalojen pääsyn lisääntymään raakun nykyisille esiintymisalueille Mustionjoessa.

Mustionjokea perattiin 1950-luvulla voimakkaasti, jotta voimaloiden ylä- ja alapuolisen veden välinen korkeusero olisi mahdollisimman suuri. Myös suurin osa joen sivupuroista suoristettiin ja perattiin ojiksi. Kahden valuma-alueella olevan järven, Kirkkojärven ja Päsärträsketin, pintaa laskettiin noin metrillä. Tämän seurauksena joenvartta ympäröineet tulvaniityt, pensaikko- ja leppäluhdut hävisivät ja tulvaniityt otettiin viljelykäyttöön. Nykyisin viljelyalat ulottuvat monin paikoin lähes joenrantaan saakka. Aiemmin tulvaniityt suojelivat jokea kiintoaine- ja ravinnekuormitukselta, joten niiden häviäminen lisäsi kiintoaine- ja ravinnekuormitusta jokeen, mikä on heikentänyt raakkujen elinolosuhteita.

4 Ikä- ja kasvumääriytykset

4.1 Raakunkuorien leikkaaminen

Tässä työssä näytteinä käytettiin seitsemää raakkuyksilöä, jotka oli viety Mustionjoelta Jyväskylän yliopiston Konneveden tutkimusasemalle syksyllä 2016. Tutkimusasemalla raakut olivat kuolleet vuosina 2017–2018. Raakkujen kuoria oli säilytetty kylmiössä ja niistä teetettiin leikkeet Helsingin yliopiston geologian laitoksella. Raakkujen ikä- ja kasvumääriytyksissä on yleisesti käytetty alun perin dendrokronologiasta peräisin olevia menetelmiä, joissa vuosilustojen määrän perusteella arvioidaan raakun ikää sekä lustojen etäisyyden perusteella puolestaan kasvunopeutta. Vuosilustojen havaitsemiseksi raakunkuoret on leikattava, sillä vuosilustojen määrä lasketaan poikkileikkauksesta. Ennen leikkeiden teettämistä kaikkien kuorten koko (korkeus, pituus, paksuus) mitattiin työntömitalla ja kuoret kuvattiin. Jokaisesta kuoresta mitattiin myös umbon alueen korroosioalan suuruus.

Aikaisemmin leikkauksessa on yleisesti käytetty menetelmää, jossa leikkauslinja kulkee umbosta vinosti kohti kuoren ulkoreunaa (engl. axis of maximum growth, kuva 1 vasemmalla). Kuitenkin myöhemmin (vrt. esim. Helama ja Valovirta 2008b; Helama ym. 2007) on havaittu, että vuosilustojen laskenta on helpompaa, jos leikkauslinja kulkee umbosta suoraan kuoren reunaan pitkin (engl. axis of minimum growth, kuva 1 oikealla), minkä vuoksi myös tässä työssä käytettiin jälkimmäisenä mainittua menetelmää. Leikkauksen yhteydessä raakunkuoret vahvistettiin epoksilla, minkä tarkoituksena on estää kuoren mureneminen niitä leikattaessa. Lopuksi leikkeet hiottiin ja kiillotettiin.

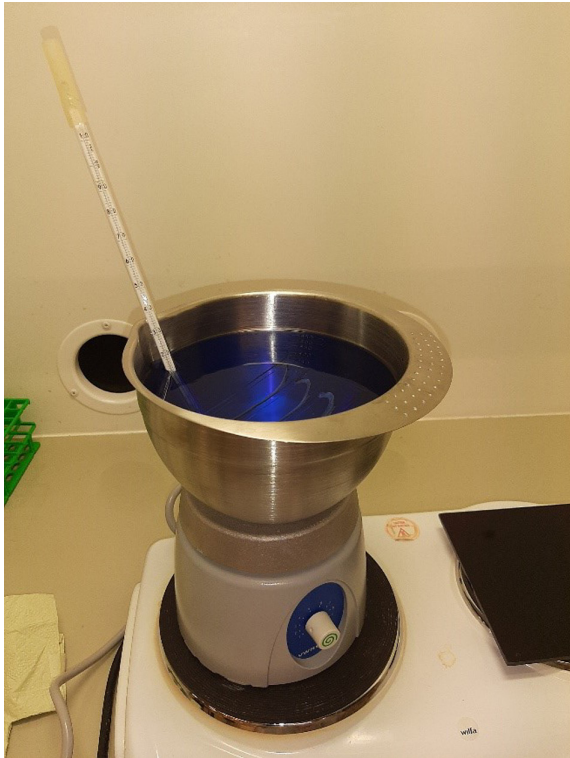


Kuva 1. Kaksi erilaista raakun kuoren leikkausmenetelmää. Axis of maximum growth (vasemmalla) ja axis of minimum growth (oikealla).

4.2 Värjäys

Leikkaamisen jälkeen raakunkuoret värjättiin Mutvei-liuoksessa. Yhteen litraan liuosta käytettiin 500 ml 1-prosenttista etikkahappoa, 500 ml 25 % -glutardialdehydiä sekä brilliant blue -pigmenttiä (vrt. Schöne ym. 2005, Leppänen ym. 2021). Yhdellä litralla Mutvei-liuosta on mahdollista värjätä satoja näytteitä, ja liuosta voi käyttää sen valmistushetkestä noin puoli vuotta eteenpäin. Liuosta on säilytettävä kylmiössä ja muilla kuin ensimmäisellä käyttökerralla siihen suositellaan lisättävän muutama tippa väkevää etikkahappoa. Mutvei-liuoksella on kolme eri tehtävää: se syövyttää kalsiumia, mikä mahdollistaa lustojen tulemisen näkyville, ja samanaikaisesti se toimii kiinnitteenä ja väriaineena. (Schöne ym. 2005.)

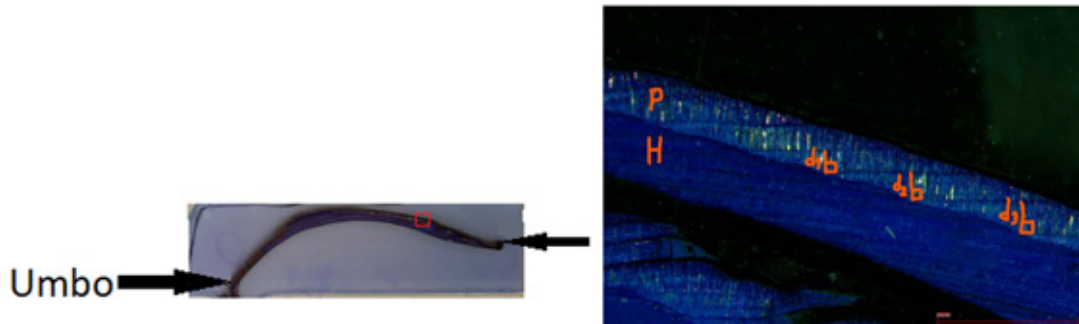
Värjäyksessä liuos lämmitettiin ensin 37–40 asteeseen. Sen jälkeen näytteet lisättiin luokseen, samanaikaisesti liuosta tasaisesti sekoittaen (kuva 2, vrt. Schöne ym. 2005, Helama ja Valovirta 2007). Värjäyksen jälkeen näytteet puhdistettiin ionivaihdetulla vedellä ja niiden annettiin kuivua ennen varsinaista analysointia. On huomioitava, että yksiselitteistä värjäysaikaa näytteille ei ole mahdollista antaa (Leppänen 2020). Siksi on suositeltavaa, että ensimmäisiä näytteitä värjätään alkuvaiheessa esim. noin 15 minuuttia kerrallaan, minkä jälkeen niitä katsotaan mikroskoopilla, jolloin voidaan nähdä, kuinka nopeasti väri näytteisiin tarttuu. Tämä toistetaan niin monta kertaa, kunnes nähdään värin tarttuneen riittävästi. Jos näytteet värjäytyvät liikaa, vuosilustojen laskenta vaikeutuu, vaikkakin ylivärjäytymistä on jonkin verran mahdollista korjata kuvankäsittelyohjelmalla analysointivaiheessa kontrastia kasvattamalla.



Kuva 2. Leikkeiden värjäys Mutvei-liuoksessa. Liuoksen optimaalinen toimintalämpötila on 37–40 celsiusastetta. Koska käytössä ei ollut laitetta, jolla liuosta olisi ollut mahdollista sekoittaa ja lämmittää samanaikaisesti, astia siirrettiin ajoittain viereiselle keittolevylle, jolloin lämpötilaa saatiin nostettua.

4.3 Vuosilustojen määrittäminen

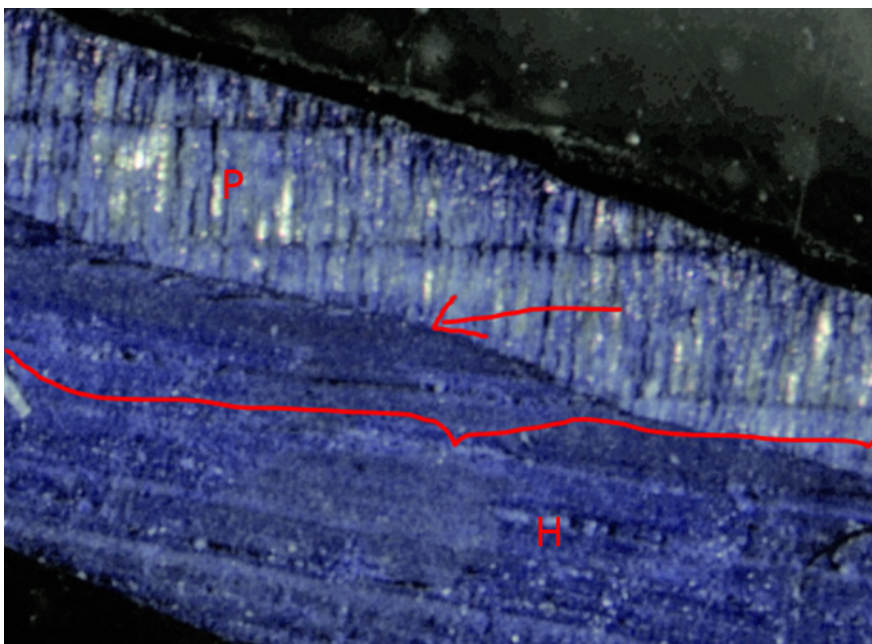
Värjäyksen jälkeen näytteet analysoitiin valomikroskoopilla (Nikon SZM 1000), johon oli integroitu kamera sekä ohjelmisto etäisyysmittaamiseen. Vuosilustojen määrien ja leveyksien laskenta aloitettiin raakun kuoren ulkoreunalta (kauimpana umbosta, kuva 3 vasemmalla), ja itse määrittäminen tehtiin ohuen ulkokuoren (periostracum) alapuolella sijaitsevasta prismakerroksesta (kuva 3 oikealla, merkitty P-kirjaimella). Lustojen leveydet määritettiin kohtisuoraan raakun talviviivoja vastaan yhden mikrometrin tarkkuudella (kuva 3 oikealla, merkitty d_1 , d_2 ja d_3).



Kuva 3. Vuosilustojen määrittäminen. Määrittäminen aloitettiin raakun kuoren ulkoreunalta eli kauimmasta reunasta umbosta katsottuna. Vuosilustojen leveys (eli kahden talviviivan välinen etäisyys) mitattiin prismakerroksesta oikeanpuoleisen kuvan osoittamalla tavalla. Kuvassa kuoren prismakerros on merkitty P-kirjaimella ja helmiäiskerros H-kirjaimella.

Vuosiluston rajat syntyvät talvella, jolloin raakun kasvu pysähtyy. Tuolloin syntyy ns. talviviiva. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, ettei vuosilustojen erottaminen ole ollut täysin ongelmaton, sillä raakujen vuosilustojen sisällä on usein lisäksi muita, ulkonäöltään talviviivoja muistuttavia viivoja (vrt. Helama ym. 2006, Helama ym. 2007). Tällaisia ovat esimerkiksi vuoden aikana tapahtuvan kasvun synnyttämät viivat sekä kuoreen mahdollisesti tulleet vauriot, jotka näkyvät prismakerroksessa. Jos kasvu on nopeaa, talviviivat ovat kauempana toisistaan ja vastaavasti hitaan kasvun aikana ne ovat lähempänä toisiaan. Kuitenkin lisäksi on huomioitava, että raakun kuoren ulkoreunalla lustot ovat huomattavasti tiheämmässä kuin umbon alueella, ts. mitä kauempana umbosta lustoja analysoidaan, sitä tiheämmässä lustoja on.

Talviviivojen erottamisessa muista viivoista on tässä työssä käytetty Helaman ym. (2007) esittämiä kriteereitä: 1) talviviivat jatkuvat prismakerroksesta (P, kuvat 3 ja 4) keskeytyksettä helmiäiskerrokseen (H, kuvat 3 ja 4); 2) talviviivojen kohdalla prisma- ja helmiäiskeroksen välissä on yleisesti aaltomainen viiva; 3) muita kuin talviviivoja näkyy usein talviviivan tai vaurioviivan vieressä, minkä lisäksi talviviivan viereiset vuosikasvun aikana syntyneet viivat ovat yleensä ohuempia kuin vaurioviivan viereiset; 4) kuoren vaurio aiheuttaa kasvupysähdysten, joka saa aikaan vauriokohdasta alkavan viivan. Talviviivojen jatkuminen helmiäiskerrokseen on nähtävillä kuvassa 4. Prismakerroksesta (P) helmiäiskerrokseen (H) jatkuva viiva on osoitettu punaisella viivalla, ja kerrosten välinen rajapinta on merkitty punaisella nuolella.



Kuva 4. Talviviivat jatkuvat prismakerroksesta helmiäiskerrokseen keskeytyksettä (merkitty punaisella viivalla). Prismakerros (merkitty P-kirjaimella) näkyy kuvassa vaaleampana ja helmiäiskerros (merkitty H-kirjaimella) tummempana sinisen sävynä. Rajapinta on merkitty punaisella nuolella.

Kun kaikista näytteistä on laskettu vuosilustot, varsinainen ikä- ja kasvumääritys tehdään yleisesti ristiinajoitusmenetelmällä (vrt. Helama ym. 2006). Tässä työssä menetelmän käyttäminen ei kuitenkaan ollut mahdollista. Ristiinajoituksen onnistumiseksi näytteitä on oltava riittävä määrä, sillä käytännön syistä talviviivojen erottaminen muista on usein vaikeaa, minkä vuoksi pienillä näytemäärillä korrelaatiota ei usein ole havaittavissa. Asiaa käsitellään tarkemmin tulosten tarkastelussa. Ristiinajoituksen onnistuminen edellyttää yleensä myös sitä, että yksilöiden kuolinhetken (tai -vuoden) olisi oltava tiedossa korrelaatioiden havaitsemiseksi.

4.4 Korrodoituneen tai vaurioituneen osan vuosilustojen määrän estimointi

Koska kaikissa näytteissä umbon alueella oli havaittavissa eriasteista korroosiota, korroosion vaurioittaman alueen vuosilustojen määrä oli arvioitava erikseen. Vaurioalueen ala umbon ympäristössä kuitenkin kasvoi usean näytteen kohdalla epoksointikäsittelyn ja leikkauksen yhteydessä, minkä vuoksi ala mitattiin uudestaan vielä leikkeiden tekemisen jälkeen.

Analyysissa käytettyjen raakunkuorien mitat sekä tiedot umbon alueen vaurioalan suuruudesta ennen leikkausta ja leikkauksen jälkeen on esitetty taulukossa 1. Päivämäärä kuvaa raakkukysilön oletettua kuolinpäivää.

Taulukko 1. Analyysissa käytettyjen raakunkuorien tiedot.

Näyte nro	Pvm	Korkeus (mm)	Pituus (mm)	Paksuus (mm)	Korroosio	Korroosio
					ennen käsittelyä	käsittelyn jälkeen
1	17.7.2018	52	117	37	13	13
2	28.6.2018	52	118	35	18	19
3	17.7.2018	47	107	32	17	24
4	28.9.2017	52	110	35	15	15
5	21.6.2017	46	109	33	22	22
6	22.10.2017	50	102	33	19	19
7	22.6.2017	45	103	31	11	17

Edellä mainittiin, että talviviivat ovat sitä lähempänä toisiaan, mitä kauempaa umbosta kuorta tarkastellaan. Siten sellaisessa kuoressa, jossa korroosiota (tai muuta vauriota) on umbon ympäristössä vähemmän, vaurioitunutta aluetta seuraavat talviviivat ovat keskimäärin kauempana toisistaan kuin sellaisessa, jossa vaurioitunut ala on suurempi. Umbon alueen vaurioituneiden vuosilustojen lukumäärä arvioitiin laskennallisesti Helaman ja Valovirran (2007) käyttämällä menetelmällä, jossa valmiiden leikkeiden vaurioalan mittauksen jälkeen raakuista mitattiin kolme ensimmäistä (lähinnä umboa) nähtävillä olevaa vuosilustoa, ja näiden leveyksistä laskettiin keskiarvo. Koska vaurioalan kokoa on mitattu raakun kuoren ulkopinnalta, ja vuosilustojen etäisyyksien määritykset on puolestaan tehty poikkileikkauksen perusteella, näiden välille oli muodostettava kvantitatiivinen suhde. Näytteitä analysoitaessa kuitenkin havaittiin, ettei umbon läheisyydessä kulmaa ollut kuoren ulkopinnalla leikkauksessa syntyneiden vaurioiden vuoksi useinkaan mahdollista mitata. Helama ja Valovirta (2007) esittävät, että kulman suuruus vaihtelee välillä 10°–60° edettäessä raakun ulkokuorta kohden, minkä lisäksi he saivat em. työssä käyttämässään aineistossa keskimääräiseksi kulman suuruudeksi 17°. Samaa lukua on käytetty myös käsillä olevassa raportissa, mikä merkitsee, että kyseessä on varsin karkean tason olettamus.

Käsillä olevassa työssä raakkujen umbon alueen vaurioalan suuruus leikkeiden valmistumisen jälkeen vaihteli välillä 13–24 mm (keskiarvo 18,4 mm). Puuttuvien vuosilustojen määrä arvioitiin Helaman ja Valovirran (2007) käyttämän menetelmän mukaisesti jakamalla näytteet kahteen kategoriaan, joista ensimmäisessä vaurioalan suuruus oli 10–20 mm ja toisessa yli 20 mm. Ensimmäisten nähtävillä olevien vuosilustojen leveyksien mittauksen jälkeen keskiarvoiksi saatiin 1,029 mm (ensimmäinen kategoria, ala 10–20 mm) ja 0,895 mm (toinen kategoria, ala yli 20 mm).

Toisin kuin Helaman ja Valovirran (2007) käsittelemässä aineistossa, tässä työssä käytetyissä näytteissä ei ollut ainuttakaan sellaista, jossa vaurioalan suuruus olisi ollut alle 10 mm. Sen vuoksi tässä yhteydessä ei ollut mahdollista luoda kolmatta kategorialuokkaa, jonka avulla laskentaa olisi ollut mahdollista tarkentaa. Tarkemman arvioinnin esittämiseksi lähtötietoina on käytetty Helaman ja Valovirran (2007) tutkimusta, ja puuttuvat tiedot on estimoitu tästä työstä määritettyjen erotusten suhteiden avulla. Lukuarvoksi saatiin 1,127 mm.

Puuttuvien vuosilustojen määrä umbon ympäristössä (n_{korrr}) on kokonaisuudessaan arvioitu vaurioalan leveyden (d) avulla seuraavasti:

$$d_{\text{tot}} = d_i + d_{ii} + d_{iii} \quad (1)$$

Kaavassa d_{tot} on valmiin leikkien vaurioala kokonaisuudessaan. Muuttujat d_i ja d_{iii} puolestaan kuvaavat vaurioalaluokkia 10–20 mm ja yli 20 mm. Muuttuja d_{ii} puolestaan kuvaa hypoteettista kategorialuokkaa, jossa vaurioalan suuruus olisi alle 10 mm.

Esimerkiksi näytteessä nro 5 umbon alueen vaurioalan suuruus oli kokonaisuudessaan 22 mm, mikä voidaan esittää seuraavasti:

$$d(5) = 10 + 10 + 2 = 22 \text{ mm} \quad (2)$$

Edellä käytetyn kulman avulla on siten mahdollista arvioida puuttuvien vuosilustojen määrä (n_{korrr}):

$$n_{\text{korrr}} = d_i / (1,127 / \sin 17^\circ) + d_{ii} / (1,029 / \sin 17^\circ) + d_{iii} / (0,895 / \sin 17^\circ). \quad (3)$$

Tämän perusteella arvio puuttuvien vuosilustojen määrästä näytteessä 5 saadaan laskettua:

$$n_{\text{korrr}} = 10 / (1,127 / \sin 17^\circ) + 10 / (1,029 / \sin 17^\circ) + 2 / (0,895 / \sin 17^\circ) = 2,594 + 2,841 + 0,653 = 6,089$$

eli noin 6 vuotta. (4)

Raakkujen ikä on mahdollista määrittää laskennallisesti, kun arvio puuttuvien vuosilustojen määrästä sekä laskettujen talviviivojen määrä lasketaan yhteen. On huomattava, että tässä käytetty menetelmä sisältää useita heikkouksia, mutta laskennalla raakkujen eliniästä on mahdollista saada suuntaa antavia arvioita.

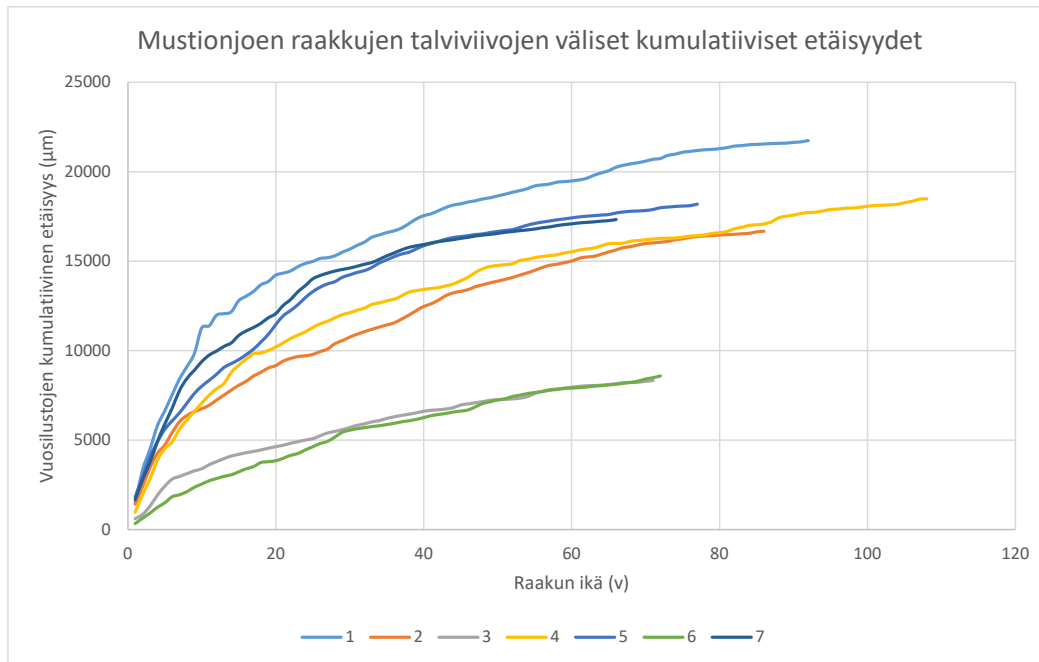
5 Tulokset

Taulukossa 2 on esitetty suuntaa antavat arviot raakkujen i'istä. Taulukko pitää sisällään lasketut vuosilustot sekä umbon ympäristön korrodoituneen tai vaurioituneen osan osuuden.

Taulukko 2. Näytteistä määritetyt vuosilustot sekä korrodoituneen tai vaurioituneen osan vahingoittamien vuosilustojen määrä.

Näyte nro	Lasketut vuosilustot	Korrodoitunut osa	Arv. ikä (v)
1	92	3	95
2	86	5	91
3	71	7	78
4	108	4	112
5	77	6	83
6	72	5	77
7	66	5	71

Kuvassa 5 nähdään tässä työssä käsiteltyjen raakkujen talviviivojen väliset kumulatiiviset etäisyydet umbosta kohti kuoren ulkoreunaa. Etäisyydet on mitattu kuvassa 3 esitettyllä tavalla. Jos näytteen ensimmäisen viivan etäisyys umbosta on d_a sekä ensimmäisen ja toisen viivan välinen etäisyys d_b , kumulatiiviset etäisyydet on määritetty siten, että ensimmäinen piste on kuvaajassa kohdassa d_a ja toinen kohdassa $d_a + d_b$.



Kuva 5. Tutkittujen raakkujen talviviivojen kumulatiiviset etäisyydet raakkujen kuolinhetkellä.

On huomioitava, että kumulatiivisten etäisyyksien perusteella ei ole suoraan mahdollista nähdä raakun kokoa kullakin hetkellä. Talviviivojen etäisyydet toisiinsa nähden ovat pienemmät kuoren ulkoreunalla kuin lähempänä umboa, sillä raakkujen kasvu hidastuu merkittävästi niiden vanhetessa (Bauer 1992).

Kuvasta voidaan kuitenkin nähdä, että raakkujen 3 ja 6 kumulatiivisten etäisyyksien käyrät poikkeavat muista. Raakku nro 3 oli kuollessaan kooltaan näytteistä pienimpiä, minkä lisäksi sen umbon alueen vaurioala oli kaikista näytteistä suurin (vrt. taulukko 1). Myös raakun nro 6 umbon alueen vaurioala oli huomattava. Näiden näytteiden kumulatiivisten etäisyyksien käyrät olisivat mahdollisesti näyttäneet toisenlaisilta, jos niiden umbon alueen vaurioalat olisivat olleet pienempiä, sillä vuosilustot ovat keskimäärin sitä leveämpiä, mitä lähempänä umboa raakun kuorta tarkastellaan.

6 Tulosten tarkastelu

Raakun kuorinäytteistä laskettujen vuosilustojen määrä oli keskimäärin 82 kpl (vaihteluväli 66–108 kpl, n=7) ja analysoitujen raakkuyksilöiden keskimääräinen elinikä hieman alle 90 vuotta. On kuitenkin huomioitava, että raakkujen ikämääritykseen liittyy paljon epävarmuutta ja käsiteltujen näytteiden määrä on kokonaisuudessaan pieni. Näytteiden lukumäärä oli alun perin huomattavasti suurempi, 25 kpl, mutta suurimmassa osassa niistä kuorien vauriot olivat sen verran suuria, ettei niitä ollut mahdollista analysoida. Myös vaurioitunut ala oli umbon alueella usean näytteen kohdalla huomattava, mikä aiheutti huomattavia epätarkkuuksia ikien laskennassa, ja yleisestikin on huomioitava, että korrodoituneen alueen vuosilustojen määrän estimointi sisältää kauttaaltaan suuren määrän epävarmuustekijöitä (Helama 2021). Tulosten perusteella yksi raakku olisi elänyt selvästi yli satavuotiaaksi, mutta on mahdollista, että tämän näytteen kohdalla osa talviviivoista on laskettu virheellisesti. Talviviivojen laskentaa vaikeutti kauttaaltaan se, että prismakerroksen hyvästä värjäytyvyydestä huolimatta väri ei kaikissa näytteissä kunnolla tarttunut helmiäiskerrokseen, mikä vaikeutti talviviivojen erottamista muista viivoista. Myöskään ristiinajoitusta ei ollut mahdollista näytteiden pienen kokonaismäärän vuoksi tehdä, sillä silmämääräisesti raakkujen ulkokuoren vuosilustojen keskinäisissä etäisyyksissä ei ollut havaittavissa lainkaan korrelaatiota. Tässä tutkimuksessa Mustionjoen raakunäytteistä laskettujen vuosilustojen määrä oli keskimäärin jopa 30% suurempi kuin Leppäsen ym. (2020) vastaavalla tavalla käsiteltujen ja analysoimien Mustionjoen raakunäytteiden (keskimäärin 61 kpl; vaihteluväli 55–68 kpl, n=3). Tämä viittaa paitsi haasteisiin vuosilustojen laskemisessa myös siihen, että 90 vuoden keskimääräinen elinikä viimevuosina kuolleille Mustionjoen raakuille saattaa olla yliarvio.

7 Loppupäätelmät ja jatkotutkimustarpeet

Tässä työssä on selvitetty Mustionjoen raakkujen ikää. Raportissa jo aiemmin kerrotuista heikkouksista huolimatta tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että Mustionjoen raakkujen keskimääräinen elinikä on alle 90 vuotta, mahdollisesti jopa vain 70–80 vuotta. Luonnontieteellisen keskusmuseon kokoelmista (Helsingin yliopisto) tutkituista kookkaista jokihelmisimpukan kuorista on mitattu yli sata ja biologisesti kaikkein vanhimmasta jopa 161 vuosikertaa (Helama ja Valovirta 2011). Niiden perusteella on arvioitu, että raakku voi elää hyvissä ja häiriintymättömissä olosuhteissa jopa 200-vuotiaaksi. Näihin arvioihin verrattuna Mustionjoen raakut kuolevat varsin nuorina.

Mustionjoessa tehdyillä toimenpiteillä on ollut kiistatta vaikutus alueen raakkupopulaatioon, sillä populaatio koostuu tällä hetkellä vain iäkkäistä yksilöistä. Kuitenkaan sitä, kuinka paljon ihmistoimet ovat raakkujen keskimääräistä elinikää vesistön alueella lyhentäneet, ei nykytiedon valossa ole suoraan mahdollista sanoa vertailutietojen puuttumisen vuoksi. Tiedetään, että raakku vaatii vedenlaadultaan paljon, ja että nuorten yksilöiden vedenlaatuvaatimukset ovat vielä aikuisiakin tiukemmat, mutta Mustionjoessa vuonna 2020 tehdyn kasvatukseen perusteella jokeen istutetut raakut selvisivät herkästä poikasvaiheestaan siitä huolimatta, etteivät kirjallisuudessa esitetyt vedenlaatuvaatimukset kaikilta osin täyttyneetkään (Saarinen ym. 2021).

Mustionjoen vedenlaatua on kuitenkin syytä parantaa, ja alue on erittäin eroosioherkkää. Maatalousmaiden keskimääräinen todellinen eroosioriski on Mustionjoen valuma-alueella yli 800 kg/ha vuodessa, mikä on noin kaksinkertainen koko Suomen maatalousmaiden keskimääräiseen todelliseen eroosioriskiin verrattuna (Saarinen ym. 2021). Eroosio vaikuttaa sekä veden että uoman pohjan laatuun, joten sen vähentäminen onkin eräs merkittävimmistä keinoista parantaa raakun elinolosuhteita. Eroosiota vähentävät muun muassa peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, suojavyöhykkeet sekä korkeuskäyrien suuntainen kyntö. Mustionjoella eroosioherkimmät alueet sijaitsevat useimmiten metsien laidalla, ja peltojen eroosiokuormasta jopa 50–90 % johtuu salaojien kautta, joten suojavyöhykkeet eivät ole kovinkaan tehokas keino kiintoainekuorman vähentämiseksi (Rankinen 2022). Lisäksi sopiviin kohteisiin rakennettavat luonnonhoitopellot sekä erilaiset vesiensuojelurakenteet kuten kosteikot vähentävät jokeen kohdistuvaa ravinnekuormitusta. Kaikkiaan kunnostuksia on kuitenkin tehtävä koko valuma-alueella, ei ainoastaan lähivaluma-alueella (Saarinen ym. 2021).

8 Summary in English

As part of the FRESHABIT LIFE IP project, the state of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*, hereafter FPM) population in the River Mustionjoki (Southern Finland) was examined. Based on a survey carried out in 2016, the state was poor. In order to provide more favourable living conditions, some living specimens were transported to the University of Jyväskylä research station, located in Konnevesi. Ontogenetic ages of mussels that are known to have died in the research station in 2017 or 2018 were determined by using sclerochronological methods. In this paper, the method of analysis, as well as the main results and certain uncertainty factors regarding them are described.

Based on the results, the freshwater pearl mussels in Mustionjoki reach a reported lifespan of less than 90 years. Untimely death of the FPM individuals may be caused by poor water quality. Based on literature, juvenile mussels have stricter water quality requirements compared to adults, and at present the population in Mustionjoki only consists of old specimens facing severe stress, and being incapable of reproduction.

The most important factors of uncertainty of the results were a small sample size as well as technical issues regarding the preparation and processing the samples. These issues are also discussed in this paper.

Lähdeluettelo

- Asp, T. & Leppänen, J. 2017. Jokihelmisimpukan inventoinnit Mustionjoen Peltokoskella 2017. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, raportti a149/2018.
- Bauer G. 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. Julkaisussa: Journal of Animal Ecology, 61: 425–436.
- Degerman, E., Alexanderson S., Bergengren J., Henrikson, L., Johansson B-E., Larsen, B.M. & Söderberg, H. 2009. Restoration of freshwater pearl mussel streams. WWF Sweden, Solna.
- Helama, S. 2021. Vaurioituneiden alueiden vuosilustojen estimointi. Sähköpostikeskustelu 16.4.2021.
- Helama, S. 2021. Mustionjoen raakkujen ikämääritys. Sähköpostikeskustelu 15.4.2021.
- Helama, S. & Valovirta, I. 2007. Shell morphometry, pre-mortal taphonomy and ontogeny-related growth characteristics of freshwater pearl mussel in northern Finland. Julkaisussa: Annales Zool. Fennici 44: 285–302.
- Helama, S. & Valovirta, I. 2008a. The oldest recorded animal in Finland: ontogenetic age and growth in *Margaritifera margaritifera* (L. 1758) based on internal shell increments. Julkaisussa: Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica 84: 20–30.
- Helama, S. & Valovirta, I. 2008b. Ontogenetic morphometrics of individual freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* (L.)) reconstructed from geometric conchology and trigonometric sclerochronology. Julkaisussa: Hydrobiologia (2008) 610: 43–53.
- Helama, S. & Valovirta, I. 2011. Suolattoman veden simpukan kuoren kasvu ympäristöolojen indikaattorina. Julkaisussa: Vesitalous 4:2011: 32–35.
- Helama, S., Schöne, B.R.; Black, B.A. & Dunca, E. 2006. Constructing long-term proxy series for aquatic environments with absolute dating control using a sclerochronological approach: introduction and advanced applications. Julkaisussa: Marine and Freshwater Research, 2006, 57, 591–599
- Helama, S., Nielsen, J.K. & Valovirta, I. 2007. Conchology of endangered freshwater pearl mussel: conservation palaeobiology applied to museum shells originating from northern Finland. Julkaisussa: Bollettino malacologico 43 (9–12): 161–170.
- Leppänen, J.J., Vähä, J-P. & Taskinen, J. 2018. Jokihelmisimpukka Karjaanjoen vesistöissä – historia, nykytila ja pelastamistoimet. Länsi-Uudenmaan Vesi ja Ympäristö ry: Raportti 149/2018.
- Leppänen J.J. 2020. Näytteiden liotusaika liuoksessa. Suullinen tiedonanto (Loka-joulukuu 2020).
- Leppänen, J.J., Saarinen, T., Jilbert, T. & Oulasvirta, P. 2021. The analysis of freshwater pearl mussel shells using μ -XRF (micro-x-ray fluorescence) and the applicability for environmental reconstruction. Julkaisussa: SN Applied Sciences (2021) 3:1.
- Mustonen, O. & Suonpää-Espinola, A. 2021. Junkarsborgin inventoinnit 2021. Julkaisematon aineisto.
- Oulasvirta, P. (toim.) .2006. Pohjoisten virtojen raakut. Interreg kartoitushanke Itä-Inarissa, Norjassa ja Venäjällä. Metsähallitus, 2006.
- Oulasvirta, P. 2010. Freshwater pearl mussel: Distribution and state of the populations in Finland. Conservation of Freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* populations in northern Europe. Proceedings of the International Workshop. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS, 2010.
- Oulasvirta, P. 2019. Jokihelmisimpukoiden runsauden tutkimus Mustionjoen Åminneforsin osapopulaatiossa 2019.

- Rankinen, K. 2022. Ihmistoiminta vaikuttaa Mustionjoen valuma-alueella raakkuihin. Esitys Freshabit Life IP -hankkeen loppuseminaarissa 15.9.2022, Helsinki.
- Saarinen, M., Ukonmaanaho, L., Rankinen, K., Räsänen, T., Laitinen, E., Tammivuori, J. & Vähä, J-P. 2021. Raakun mahdollisuudet Karjaanjoella : Mustionjoen jokihelmisimpukan (*Margaritifera margaritifera*) kuormitus-tekijöiden moninäkökulmainen kestävyysarviointi. Helsinki: Luonnonvarakeskus 86/2021.
- San Miguel, E., Monserrat, S., Fernández, C., Amaro, R., Hermida, M., Ondina, P. & Altaba, C.R. 2004. Growth models and longevity of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in Spain. Julkaisussa: Can. J. Zool. 82 (2004): 1370–1379.
- Schöne, B.R., Dunca, E., Fiebig, J. & Pfeiffer, M. 2005. Mutvei's solution: An ideal agent for resolving microgrowth structures of biogenic carbonates. Julkaisussa: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 228 (2005) 149–166.
- Suomen ympäristökeskus 2014. Jokihelmisimpukka. Lajien esittelyt: luontodirektiivin lajit. Suomen Ympäristökeskus. Ladattavissa Internet-sivustolta <<http://www.ymparisto.fi/>>. Viitattu 20.12.2021.
- Suomen ympäristökeskus 2016. Natura 2000 -alueet: Mustionjoki. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Mustionjoki\(5984\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Mustionjoki(5984)), viitattu 20.12.2021.
- Taskinen, J. 2021a. Raakkujen stressitaso. Sähköpostikeskustelu 7.4.2021.
- Taskinen, J. 2021b. Raakkujen keskimääräinen elinikä. Sähköpostikeskustelu 2.12.2021.
- Törrönen, J. 2016. Jokihelmisimpukan (*Margaritifera margaritifera*) ja lohikalojen (lohi, *Salmo salar* ja taimen *Salmo trutta*) lisääntymiselle soveltuvat elinalueet vedenlaadulla arvioituna Karjaanjoen vesistön alueella. Pro-Gradu. Itä-Suomen yliopisto.
- Vähä, J-P., Suonpää, A. & Taskinen, J. 2017. Jokihelmisimpukan nykytilan selvitykseen ja pelastamiseen liittyvät maastotyöt vuonna 2016. Freshabit-hankkeen Karjaanjoen kohdealueen raportti Freshabit LIFE IP (Life14/IPE/FI023). Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti a133b/2017.
- Ziuganov, V., San Miguel, E., Neves, R.J., Longa, A., Fernández, C., Amaro, R., Beletsky, V., Popkovitch, E., Kalliuzhin, S. & Johnson, T. 2000. Life Span Variation of the Freshwater Pearl Shell: A Model Species for Testing Longevity Mechanisms in Animals. Julkaisussa: Ambio, 29: 102–105.



Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

PL 51, 08101 Lohja

Puh. 019 323 623

vesi.ymparisto@luvy.fi

www.luvy.fi

ISBN 978-952-250-267-4

ISSN 1798-2677