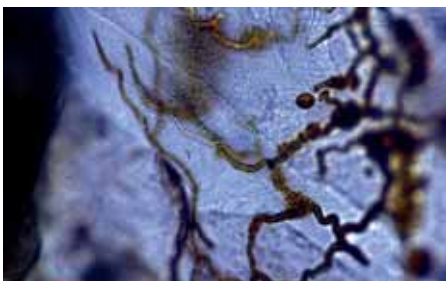


Rapuruton vaikutukset Suomen raputalouteen

Markku Pursiainen ja Satu Viljamaa-Dirks



RIISTA - JA KALATALOUS
TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

5/2014

RIISTA- JA KALATALOUS

TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

5 / 2 0 1 4

Rapuruton vaikutukset Suomen raputalouteen

Markku Pursiainen ja Satu Viljamaa-Dirks



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2014

Kannen kuvat: Jaakko Mattila, Satu Viljamaa-Dirks, Jouni Tulonen

Julkaisujen myynti:
www.rktl.fi/julkaisut
verkkokauppa.juvenes.fi

Pdf-julkaisu verkossa:
www.rktl.fi/julkaisut/
ISBN 978-952-303-137-1 (Painettu)
ISBN 978-952-303-138-8 (Verkkojulkaisu)

ISSN 1799-4764 (Painettu)
ISSN 1799-4748 (Verkkojulkaisu)

Painopaikka: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

Sisällys

Tiivistelmä	4
Sammandrag	5
Abstract	6
1. Rapurutto, jokirapukantojen tuholainen nro 1	7
2. Monivaiheinen elinkierto	9
2.1. Rihmastona ravun kuoressa, parveilutiönä isännästä toiseen	9
2.2. Epidemiologia ja ruttotyypit	10
3. Amerikassa loinen, Euroopassa tappaja	13
3.1. Keski- ja Etelä-Euroopassa rapukuolemat alkoivat jo vuonna 1859	13
3.2. Suomessa rapurutto on tarkassa seurannassa	13
3.2.1. Rapukuolemahavainnot 1893–2000	14
3.2.2. Rapuruttomääritykset vuoden 1990 jälkeen	17
3.2.3. Rapuruton levinneisyys 1990–2012	17
4. Rapuruton uusiutuminen	20
4.1. Toistuvien rapukuolemien ongelma	20
4.2. Uusiutuviissa rapuruttotapauksissa on tietty malli	22
4.3. Rapuruttohavaintojen määrään vaikuttavia tekijöitä	23
5. Jokiraputuhojen vaikutukset raputaloudessa	25
5.1. Rapuruttovesistöjen laajuus	25
5.2. Saalismenetykset 1910–2000	26
5.3. Taloudelliset menetykset	27
6. Rapuruton haittojen hallinta	29
6.1. Täplärapukannat	29
6.2. Jokirapukannat	29
6.3. Rapuruton häviäminen tai hävittäminen vesistöistä	30
6.4. Rapuruton leviämisen ehkäisy	31
Kiitokset	33
Viitteet	34

Tiivistelmä

Rapuruton aiheuttaja *Aphanomyces astaci* on lähtöisin Pohjois-Amerikasta. Taudinaiheuttajan evoluutio on tapahtunut Pohjois-Amerikan monien rapulajien loisena ja johtanut eriytyneisiin genotyyppeihin, joista Suomessa on tavattu kahta, vanhaa jokiraputyypin (As) ja uudempaa täpläraputyypin rapuruttoa (Ps1).

Rapurutorihmasto elää ravun kuoressa ja kasvaessaan erittää rasvoja ja proteiineja hajotavia entsyymejä, jotka ravun hemolymfaan jouduttuaan toimivat solumyrkkyjen tapaan. Taudinaiheuttaja leviää suvuttomasti parveiluitioiden välityksellä. Käytännössä rapuruton ainoita isäntäeläimiä ovat makean veden ravut.

Aiemmin luultiin rapuruton tappavan kaikki vesialueen jokiravut ja häviävän sen myötä itsekin. Nyttemmin tiedetään, että ruton käymään jokirapupopulaatioon voi jäädä henkiin tartunnan saaneita rapuja ja tauti ei etenekään isäntäeläimen menehtymiseen. Rapukanta saattaa palautua, mutta piilevä rutto voi aktivoitua ja aiheuttaa uuden rapujen joukkotuhon.

Rapuruton on arvioitu olevan taloudellisesti merkittävin maamme luonnonvaraisiin lajeihin vaikuttava sisävesikalatalouden tautiongelman. Vuosina 1893–2013 Suomessa on kirjattu runsaat 1 200 tapausta 951 erilliseltä vesialueelta. Kahdesti samalla vesialueella on todettu 161 tapausta, kolmesti 38 ja vielä neljännekin kerran 6 vesialueella. Uusiutumisasiä on tavallisimmin 15–35 vuotta. Yleisintä uusiutuminen on suurissa yli 500 hehtaarin järvisissä. Piilevä rapurutto lienee tärkein jokirapukantojen palautusistutusten epäonnistumisen syy.

Jokiravun levinneisyysalueen kaikkiaan lähes 39 000 järvestä rapuruttoa on tavattu vain parista prosentista, mutta näiden vesiala on huomattava, lähes 1,2 miljoonaa hehtaaria (43 % koko järvalasta). Laskennallisesti ruton takia menetettiin vuosina 1910–2000 arviolta 12,6 miljoonan ravun saalis vuodessa, 90 vuoden aikana arvoltaan lähes 630 miljoonaa euroa. Menetyksiin on lisättävä myös tarve tuoda ruokarapuja ulkoa ja monet tuloksettomat jokirapukantojen hoitoponnistelut ja loppuneet ravustusmahdollisuudet.

Rapuruton haittoja voidaan parhaiten hallita, kun tiedostetaan tärkeimmät rapuruttoon liittyvät seikat. Täplärapujen Ps1-tyyppin rapurutto on lähes aina läsnä täplärapupopulaatioissa. Siksi täplärapujen kotiuttaminen uusille vesialueille edellyttää aina kalaviranomaisen lupaa asianmukaisine riskinarvioineineen. Piilevän rapuruton johdosta on monia jokirapukantoja-kin pidettävä mahdollisina rapuruton kantajina varsinkin, jos kanta on kokenut ruton aiheuttaman tuhon viimeisten 20–30 vuoden aikana. Tämän vuoksi jokirapujakaan ei tule siirtää vesistöstä toiseen varmistamatta niiden tautivapautta ennalta.

Asiasanat: *Aphanomyces*, jokirapu, rapukantojen hoito, rapurutto, ravustus, täplärapu

Pursiainen, M. & Viljamaa-Dirks, S. 2014. Rapuruton vaikutukset Suomen raputalouteen. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 5/2014. 37 s.

Sammandrag

Kräftpesten förorsakades av *Aphanomyces astaci* och härstammar från Nordamerika. Evolutionen av sjukdomsalstraren ägde rum i Nordamerika där den var en parasit hos många kräftarter och ledde till differentierade genotyper, varav man i Finland påträffat två slag av kräftpest; den gamla flodkräftstypen (As) och den nyare signalkräftstypen (Ps1).

Kräftpestmycel lever i kräftans skal och då det växer utsöndrar det enzymer som bryter ned fett och proteiner och då det hamnar i kräftans hemolymfa fungerar det som ett cellgift. Sjukdomsalstraren förökar sig könlöst med svärm孢子. I praktiken är sötvattenskräftor de enda värdjuren för kräftpest.

Tidigare trodde man att kräftpesten utrotade alla flodkräftor i ett vattenområde för att därefter också själv försvinna. Numera vet man att i en flodkräftpopulation som drabbats av kräftpest kan några smittade kräftor överleva och sjukdomen leder inte heller till att värdjuret dör. Kräftbeståndet kan återhämta sig, men den dolda pesten kan aktiveras och leda till en ny massförstörelse av kräftor.

Man har beräknat att kräftpesten är det ekonomiskt mest betydande sjukdomsproblemet inom insjöfiskerinäringen som inverkar på arter som lever i naturliga bestånd. Åren 1893–2013 bokfördes i Finland drygt 1 200 fall inom 951 separata vattenområden. Man har konstaterat 161 fall där samma vattenområde har drabbats två gånger, 38 fall där samma vattenområde drabbats tre gånger och 6 fall där samma vattenområde drabbats ännu en fjärde gång. Intervallen har vanligen varit 15–35 år. Oftast förnyas kräftpesten i stora sjöar på över 500 hektar. Den dolda kräftpesten torde vara den viktigaste orsaken till att återinplanteringen av flodkräftsbestånd har misslyckats.

Bland inalles 39 000 sjöar inom flodkräftans spridningsområde har kräftpesten endast påträffats i ett par procent av sjöarna, men deras vattenareal är betydande, nästan 1,2 miljoner hektar (43 % av hela sjöarealen). Man har beräknat att till följd av pesten förlorades under åren 1910–2000 en fångst på uppskattningsvis 12,6 miljoner kräftor per år, dvs. under 90 år förlorades kräftor till ett värde av cirka 630 miljoner euro. Till förlusterna måste också adderas behovet av att importera matkräftor och resultatlösa försök att återuppliva flodkräftbestånden och att möjligheten till kräftfiske tog slut.

Olägenheterna med kräftpesten kan bäst hållas under kontroll då man är medveten om de viktigaste orsakerna till kräftpest. Kräftpest av typ Ps1 hos signalkräftor är nästan alltid närvarande i en signalkräftpopulation. Därför krävs alltid vid inplantering av signalkräftor på nya vattenområden ett tillstånd av fiskerimyndigheter och behöriga riskutvärderingar. Till följd av den dolda kräftpesten måste många flodkräftsbestånd också anses som potentiella bärare av kräftpest, i synnerhet om beståndet har drabbats av en förstörelse på grund av pest under de senaste 20–30 åren. Därför ska inte heller flodkräftor flyttas från ett vattendrag till ett annat, utan att man först försäkras om de inte bär på sjukdomen.

Nyckelord: *Aphanomyces*, flodkräfta, kräftfiske, kräftpest, signalkräfta, skötsel av kräftbestånd

Pursiainen, M. & Viljamaa-Dirks, S. 2014. Kräftpestens effekter på kräftnäringen i Finland. *Viltushållning och fiskeri – Undersökningar och utredningar 5/2014*. 37 s.

Abstract

The causative agent of the crayfish plague, *Aphanomyces astaci*, originates in North America. The plague has evolved alongside many North American crayfish species and consists of several genotypes. Of these, two types can be found in Finland – the old *Astacus* type (As) and the newer *Pacifastacus* type (Ps1).

The hyphae of the plague live in the cuticle of the crayfish and, while growing, excrete enzymes which decompose fats and proteins. In the hemolymph of the host crayfish, these fats and proteins act like cell toxins. *Aphanomyces* spreads asexually as zoospores. Fresh water crayfish species are practically the only host animals of the plague.

It was originally assumed that the crayfish plague would kill all individuals in a local crayfish population, after which the plague would disappear from the area entirely. It is now known that some infected crayfish individuals do not die, but remain as plague carriers. While the crayfish population may recover, the latent plague could become active and cause another incidence of mass mortality amongst the local population.

In economic terms, the crayfish plague is thought to be the most significant disease problem in freshwater fisheries. In the period 1893–2013, there were over 1,200 crayfish kills in 951 water areas. Two consecutive kills occurred in 161 water areas, three in 38 and four in 6 water areas. The common time span between these events is 15–35 years. Lakes of over 500 hectares are the most sensitive during regeneration. The latent crayfish plague may be the most important reason for lack of success in restocking with noble crayfish.

Of the 39,000 lakes within the noble crayfish distribution area, the plague has been reported in less than two per cent, but the lake area is remarkable for its size, covering almost 1.2 million hectares (43% of total lake area). The estimated loss in annual crayfish catches in 1910–2000 was 12.6 million noble crayfish, with an estimated value of almost 630 million euros over a 90 year period. Imports of crayfish for food, unsuccessful crayfish management, and lost possibilities to practice crayfish fishery should be added to these losses.

The crayfish plague can be controlled if key signs of the plague's nature and presence are observed. The Ps1-type plague is almost always present in signal crayfish populations. For this reason, the introduction of signal crayfish must be licensed by the fisheries authorities and a risk evaluation must be performed. Due to latent crayfish plague, many noble crayfish populations must be considered as possible plague carriers, particularly if the population has been affected by the plague at any time during the last 20–30 years. Noble crayfish should not, therefore, be transferred from one water area to another without being examined to confirm their disease free status.

Keywords: *Aphanomyces*, crayfish management, crayfish plague, noble crayfish, signal crayfish

Pursiainen, M. & Viljamaa-Dirks, S. 2014. The effects of crayfish plague on Finland's crayfish economy. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 5/2014. 37 p.

1. Rapurutto, jokirapukantojen tuholainen nro 1

Rapurutto on tuhonnut eurooppalaisia makeavesirapukantoja jo 1860-luvun alusta lukien. Suomeen tauti tuli vuonna 1893 (Järvi 1910). Rapuruton leviämisen ensi vuosikymmeninä Manner-Euroopan lukemattomien raputuhojen syytä ei tiedetty, ja vasta 1900-luvun alussa aiheuttajaksi kuvattiin sienen kaltainen patogeeni (Schikora 1906). Taudin kulkua alettiin ymmärtää, kun Nybelin (1936) eristi ja viljeli taudin aiheuttajan. Kyseessä on munasienien luokkaan (Oomycetes) ja vesihomeiden lahkoon (Saprolegniales) kuuluva laji *Aphanomyces astaci*, joka lienee maailman tutkituin selkärangattomien eläinten taudinaiheuttaja (Souty-Crosset ym. 2006). *Aphanomyces*-sukuun kuuluu 30–40 lajia, joista useat ovat eläin- tai kasviloisia.

Rapurutto on lähtöisin Pohjois-Amerikasta, jonka monissa rapulajeissa *Aphanomyces astaci* elää loisena. Koska Euroopassa *Aphanomyces astaci* on vieraslaji, joka aiheuttaa erittäin suurta tuhoa alkuperäislajeille, se on nimetty yhdeksi maailman 100 haitallisimmasta vieraslajista (IUCN, Invasive Species Specialist Group, http://www.issg.org/worst100_species.html). Suomessa rapurutto on Kansallisessa vieraslajistrategiassa määritelty erityisen haitalliseksi vieraslajiksi (Niemi-Laitinen 2012).

Rapuruton seurauksena varsinkin Keski- ja Etelä-Euroopassa ja Venäjällä runsaat ja hyödynnetyt makeavesirapujen kannat romahtivat (mm. Ackefors 1999), mutta ruttotuhojen mittakaavasta eri maissa on vain vähän tietoja. Turkista, johon rapurutto tuli vasta 1984, on kuitenkin hyvät tiedot kapeasaksirapujen (*Astacus leptodactylus*) kantojen ja rapujen viennin romahduksesta ja sen jälkeen tehokkailla kotiutusistutustoimilla saavutetuista tuloksista (Harlioğlu 2008). Saalisromahdusten seurauksena syntyvistä taloudellisista menetyksistä ei käytännössä ole eriteltyjä tietoja lainkaan, lähinnä niihin viitataan yleisesti vieraslajikysymyksen käsittelyn yhteydessä (Chucholl 2013).

Suomessa rapuruton on arvioitu olevan taloudellisesti merkittävin luonnonvaraisiin lajeihin vaikuttava sisävesikalatalouden tautiongelma (Viljamaa-Dirks ym. 2008). Sen vuoksi menetetty suora ravustajatulo on suuri – etenkin suhteutettuna sisävesikalataloutemme mittakaavaan. Lisäksi rapuruton läsnäolosta syntyy huomattavia välillisiä seurannaisvaikutuksia ja kustannuksia. Menetyksen taloudellista puolta ei kuitenkaan ole suoranaisesti laskettu. Eräs vähälle huomiolle jäänyt seikka on, että rapuruton seurauksena useimpien eteläisen Suomen sisävesien ravintoverkoista hävisi äkillisesti suurikokoinen, kaikkiruokainen pohjaeläin. Tuon häviämisen vaikutuksia ekosysteemiin ja välillisesti muuhun kalatalouteen ei tunneta lainkaan.

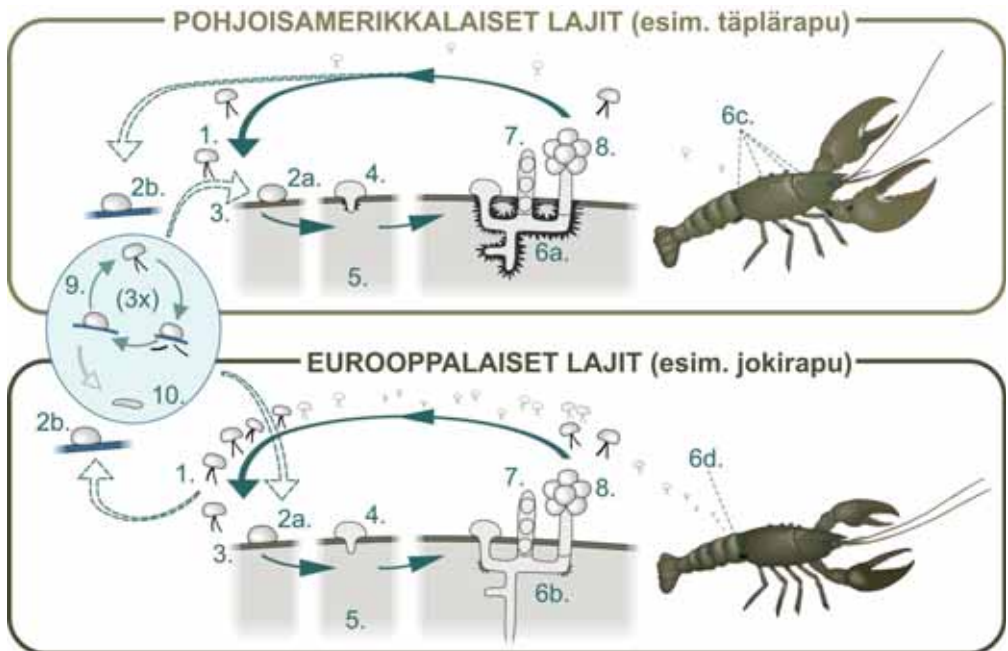
Rapuruttoon itseensä liittyy monia huonosti tunnettuja piirteitä. Kokonaisuuden hahmotamista, tutkimista ja tutkimustulosten tulkintaa vaikeuttavat erilaiset rapuruttotyypit ja niiden sisäinen muuntelu sekä rapulajien ja niiden erillisten, ilman geenivaihtoa olevien populaatioiden mahdolliset erot taudin vastustuskyvyssä. Maantieteellisten ja ilmastollisten olosuhteiden merkitys rapurutolle, sen isäntäeläimille ja niiden keskinäiselle suhteelle on toistaiseksi jäänyt vähälle huomiolle (Capinha ym. 2012).

Tämä kirjoitus kokoaa yhteen rapuruttoon ja sen ominaisuuksiin liittyvät keskeiset seikat ja esittelee rapuruton haittojen etenemistä ja laajuutta kuvaavia tunnuslukuja ja tarkasteluja Suomessa. Yhteenveto perustuu suurelta osin olemassa olevaan ja julkaistuun aineistoon täydennettynä joillakin uusimmilla esiintymistiedoilla. Kirjoituksessa arvioidaan kuitenkin aiempaa laajemmin myös rapuruton aiheuttamia saalismenetyksiä ja taloudellisia vaikutuksia sekä pohditaan rapuruton hävittämistä vesistöistä.

2. Monivaiheinen elinkierto

2.1. Rihmastona ravun kuoressa, parveilutiöinä isännästä toiseen

Rapuruton luontaisia isäntäeläimiä ovat makean veden ravut, vaikka rapuruton taudinaiheuttajan on osoitettu pystyvän tarttumaan myös joihinkin muihin kymmenjalkaisiin äyriäisiin (Svoboda ym. 2014). Rapuruttorihmasto elää ravun kuoressa ja leviää isännästä toiseen suvuttomasti kahdella siimalla (flagella) varustettujen parveilutiöiden (zoospori) välityksellä (Cerenius ja Söderhäll 1992). Kaavamaisesti rapuruton elinkierto on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Rapuruton elinkierto, kun isäntäeläimenä on amerikkalainen rapulaji (ylhäällä) tai eurooppalainen laji.

Piirros on laadittu Iñaki Diéguez-Uribeondon kaaviota (Souty-Crosset ym. 2006) mukaillen. **Selite:**

1. siimallinen uimaitiö (zoospori);
- 2a. siimensa irrottanut ravun kuoreen tarttunut koteloitunut itiö (kysta);
- 2b. siimensa irrottanut lepävää kysta vieraalla alustalla;
3. ravun kuoren pinta;
4. itävä kysta;
5. ravun kuorikerros;
- 6a. melanisaation ympäröimä rihmasto amerikkalaisessa ravussa;
- 6b. eurooppalaisessa ravussa kasvava rihmasto, jossa satunnaisesti melanisaation merkkejä;
- 6c. ravun kuoressa näkyvää melanisaatiota amerikkalaisessa ravussa;
- 6d. eurooppalaisen ravun kuoressa joskus näkyvää melanisaatiota;
7. ensivaiheen itiöitä itiöemässä;
8. alkuvaiheen kystat itiöertussa;
9. kysta palaa uimaitiöksi (uusiutuminen jopa kolme kertaa);
10. elinkelvoton (kuollut) kysta (isäntäeläintä ei löytynyt).

Rapuruton parveilutiön liikkuva vaihe on suhteellisen lyhyt, tunneista muutamiin päiviin kestävä jakso, jolloin sen on löydettävä isäntäeläin. Isäntäeläimen löydyttyä itiöt irrottavat siimensa, muodostavat ympärilleen suojakuoren ja asettuvat kystaksi kutsuttuna vaiheena paikoilleen uuden isäntäeläimen kuorelle. Jos kasvualueella ei ole löytynyt tai se osoittautuu sopimattomaksi, kysta palautuu parveilutiöksi ja isäntäeläimen etsintä käynnistyy uudelleen. Tämä jopa 3 kertaa toistuva parveilutiö–kysta–parveilutiö-kierto lisää oleellisesti taudinaiheuttajan mahdollisuuksia löytää sopiva isäntäeläin (kuva 1, kohdat 9–10). Kystana itiö elää vain lyhyen aikaa, 1–2 päivää, joten sitä ei voi pitää monille sienille ja bakteereille tyypillisenä kuivumista, säteilyä tai mekaanista rasitusta kestäväenä varsinaisena lepoitovaiheena (Cerenius ja Söderhäll 1992).

Ravun kuoreen kiinnittynyt itiö tuottaa solunulkoisia entsyymejä, jotka mahdollistavat rihmaston tunkeutumisen kuoreen ja liuottavat kuoresta ravinteita ruttokasvuston käyttöön. Rapurutolle tyypillinen ominaisuus on kitinaasientsyymien tuotto, jonka aktivoimiseksi ei tarvita suoraa kosketusta kitiiniin, kuten suvun ei-patogeenisilla lajeilla (Anderson ja Cerenius 2002). Näin rapurutto on sopeutunut hajottamaan ravun kuoreissa muiden yhdisteiden alla olevaa kitiiniä tehokkaasti, ja kuoreen kasvaa vähitellen rutolle tyypillinen rihmasto. Kasvaessaan rihmasto erittää rasvoja ja proteiineja hajottavia entsyymejä (Cerenius ym. 2009), jotka rapurutolle vastustuskyvyttömän ravun hemolymfaan jouduttuaan toimivat solumyrkkyjen tapaan ja johtavat isäntäeläimen kuolemaan.

Kun ravun kuori on vaurioitunut tai infektoitunut, muodostaa ravun immuunijärjestelmä vahingoittuneen kohdan ympärille melaniinipigmentistä suojan. Amerikkalaisilla rapulajeilla tämä suojareaktio on kehittynyt evoluution myötä niin voimakkaaksi, että ruttosienen rihmaston kärkien eteneminen, ja siten rutan leviäminen kuoressa, estyy (kuva 1, kohta 6a). Amerikkalaisilla ravuilla on niissä loisena elävän rapuruton jatkuvan läsnäolon johdosta ruttovastustuskyky koko ajan aktiivisena (Cerenius ym. 2003). Vastustuskykyä voivat kuitenkin kuormittaa ja heikentää muut rapuloiset tai taudit ja ympäristöstä johtuvat stressitilanteet, jolloin isäntärapu saattaa lopulta menehtyä (Cerenius ja Söderhäll 1992).

Eurooppalaisilla makean veden ravuilla melanisaatioreaktio on suuren itiömäärän sattuessa kohdalle liian hidas tai heikko estämään rutan kasvua, joten rihmasto kasvaa nopeasti ja syvemmälle ravun kudoksiin, ja siksi isäntäeläin useimmiten menehtyy (kuva 1, kohta 6b). Eurooppalaiset ravut, kuten meidän jokirapumme, pystyvät kuitenkin jossakin määrin vastustamaan rutturihmaston kasvua. Mikäli itiöhyökkäys ei ole raju, voi rapuruttosieni jäädä piileväksi, latentiksi tartunnaksi myös eurooppalaisilla lajeilla. Tätä toisinaan paljain silminkin näkyvää heikkoa melanisaatiota esittää kohta 6d kuvassa 1. Jokirapupopulaatioon voi siis jäädä akuutin, suurta kuolleisuutta aiheuttaneen ruttoepidemian jälkeen yksilöitä, jotka ovat saaneet tartunnan ja kantavat tautia mukanaan, mutta eivät siihen menehdy. Tämä havainto on varmistettu sekä yksittäisen vesialueen rapuruttohistorian seurannassa (Viljamaa-Dirks ym. 2011a) että laajassa kartoittavassa tutkimuksessa (Viljamaa-Dirks ym. 2012).

2.2. Epidemiologia ja ruttotyypit

Aiemmin luultiin, että rapurutto tappaa kaikki vesialueen ravut ja häviää sen myötä itsekkin. Pitkään jouduttiin kuitenkin ihmettelemään sitä, että rapurutto ilmaantui toistuvasti saman vesistön rapukantaan. Tämä tulkittiin johtuvaksi suurten reittivesien monimuotoisuudesta ja

puhuttiin kroonisesta rapuruttovesistöstä. Tämän tulkinnan lähtökohta oli se, että jossakin osassa vesistöä on käynnissä akuutti ruttoepidemia, ja jossakin toisessa osassa vesialuetta on terve osapopulaatio, joka saa sitten rutosta kärsivästä osapopulaatiosta ruttotartunnan ja vuorollaan tuhoutuu. Rapuruttoepidemiasta olisi tämän käsityksen mukaan täytyntä jäädä jäljelle joitakin täysin tartunnalta välttyneitä yksilöitä, joiden turvin elpyminen tapahtuu. Vielä 1990-luvulla Cerenius ja Söderhäll (1992) kehottivat välttämään termiä krooninen ruttovesistö vedoten siihen, että rapurutto voi jatkaa olemassaoloaan vain niin kauan, kuin vesistöissä on koko ajan uusia, terveitä tartutettavia rapuja parveiluitioiden saavutettavissa. Nytemmin tiedetään, että rutan käymään jokirapupopulaatioon voi jäädä henkiin rapuja, jotka ovat saaneet ruttotartunnan, mutta tauti ei etenekään isäntäeläimen menehtymiseen saakka (Viljamaa-Dirks ym. 2011a, 2012). Rapukanta saattaa tällöin myös runsastua jopa pyyntivahvaksi, jolloin rutto voi aktivoitua ja aiheuttaa uuden rapujen joukkotuhon. Fürst (1995) itse asiassa kuvaa tapahtuman kulun, vaikka joissakin rapuyksilöissä piilevän rutan mahdollisuutta ei ollut tuolloin vielä tunnistettu. Tällaisia rapukuoleman jälkeen tapahtuneita elpymisiä ja uusia romahduksia ilman tiedossa olevia rapukannan hoitotoimenpiteitä on kuvattu myös Suomesta.

Jokirapukannoissa on näiden rutan epidemiologiaan liittyvien piirteiden seurauksena havaittavissa kolme erilaista kehitysmallia, joista ensimmäinen on perinteinen, toinen perustuu eri puolilta maata saatuihin käytännön havaintoihin ja kolmas on todennettu viime vuosina ensin samalla vesialueella toistuvien rapurutto-diagnoosien avulla (Viljamaa-Dirks ym. 2011a) ja sittemmin kartoittamalla ruttohistorialtaan erilaisia jokirapupopulaatioita (Viljamaa-Dirks ym. 2012):

1. jokirapukanta häviää täydellisesti, jolloin rapuruttokin häviää kyseiseltä vesialueelta;
2. jokirapukanta romahtaa, mutta vesialueelle jää taudinkantajyksilöitä, ja rapukanta elpyy, mutta elpymistä seuraa uusi rapujen joukkokuolema;
3. jokirapukanta romahtaa hyvin harvalukaiseksi, populaatioon jää taudinkantajyksilöitä, mutta jokirapupopulaatio jää pysyvästi hyvin harvalukaiseksi.

Selviteltäessä rapuruttotapausten alkuperää Keski-Euroopassa rapuruton esiintyminen ja epidemiat on tähän saakka kytketty vieraan amerikkalaisen rapulajin esiintymiseen. Tässä on unohdettu se, että ensimmäinen vieras rapulaji tuotiin Keski-Eurooppaan vasta vuonna 1890, kolmekymmentä vuotta ensimmäisten rapuruttokuolemien jälkeen. Koska rapuruttoepidemioita ei ole dokumentoitu Suomen ja Ruotsin tapaan eikä rapukantoja hoideta samalla tavalla kuin meillä, ei luultavasti ole havaittu epidemioiden uusiutumisia. Rapuruton aiheuttajan piirrettä asettua piileväksi joihinkin populaation yksilöihin onkin Keski-Euroopan maissa alettu selvittää vasta viime vuosina kartoittamalla rapuruttosien esiintymistä alkuperäisissä rapukannoissa ja todettu se varsin yleiseksi (mm. Filipova ym. 2013, Kušar ym. 2013, Rezinciuc ym. 2013).

Rapuruton evoluutio Pohjois-Amerikan mantereella on tapahtunut yhdessä samanaikaisesti siellä hyvinkin erilaisissa olosuhteissa esiintyvien monien eri rapulajien kanssa. Kehitys on johtanut eriytyneisiin rapuruton genotyyppeihin, jotka voidaan määrittää (Huang ym. 1994). Euroopassa on tähän mennessä löydetty viisi eri tyyppiä (Rezinciuc ym. 2013). Suomessa on näistä tavattu kaksi, vanha ns. jokiraputyypin rapurutto (As-tyyppi), jota on ollut maassa jo 1800-luvun lopulta, ja täplärapujen mukana 1960-luvulla tullut täpläraputyypin rapurutto (Ps1-tyyppi) (Viljamaa-Dirks ym. 2013). Ruotsissa on Kanadasta tuoduista

täpläravuista kerran eristetty myös toinen täpläraputyypin rapurutto (Ps2-tyyppi) (Huang ym. 1994). Keski-Euroopassa esiintyvistä amerikkalaista alkuperää olevista *Orconectes*-suvun ravuista on eristetty niin ikään oma rapuruttotyyppinsä (Kozubíková ym. 2011) ja Etelä-Eurooppaan tuoduista amerikkalaisista punaisista suoravuista (*Procambarus clarkii*) myös oma tyyppinsä (Diéguez Uribeondo ym. 1995). Tarkempaa vertailua kaikkien erilaisten ruttotyyppien keskinäisistä virulenssieroista ei toistaiseksi ole tehty, joskin meillä Suomessa on selvää näyttöä siitä, että täpläravun Ps1-tyypin rapurutto on jokirapukannoissa nopeammin ja varmemmin tappava kuin vanha As-tyyppi (Viljamaa-Dirks ym. 2007, Viljamaa-Dirks 2008, Makkonen ym. 2012, Jussila ym. 2013). Jokirapujen ruttokartoituksen yhteydessä eri vesistöissä on As-tyyppiä olevilla rapuruttokannoilla osoitettu olevan suurta vaihtelua taudinaiheutuskyvyssä (Viljamaa-Dirks ym. 2013). Tämä voi olla osoitus meille eri reittejä ja useita kertoja tuodun ruttotyyppin perinnöllisen muuntelun laajuudesta, josta eristyneisiin jokirapupopulaatioihin on sattuman kautta kulkeutunut tai rapukuoleman jälkeen jäänyt jokin tietty osa alkuperäisestä rapuruton muuntelusta, eräänlainen ”kanta”. Makkosen ym. (2012) mukaan kyse voi olla myös rapuruton paikallisiin oloihin sopeuttavasta evolutiivisesta kehityksestä ja jopa jokirapukantojen vastustuskyvyn kehittymisestä.

3. Amerikassa loinen, Euroopassa tappaja

3.1. Keski- ja Etelä-Euroopassa rapukuolemat alkoivat jo vuonna 1859

Rapuruton historian Euroopassa on kuvannut Alderman (1996) ja täydentänyt Souty-Crosset ym. (2006). Todennäköisesti tauti on tullut Eurooppaan jonkin laivan pilssivesissä tahattomasti kulkeutuneen amerikkalaisen rapulajin mukana. Ensimmäinen rapujen joukkokuolema todettiin Italiassa Lombardiassa vuonna 1859, josta tauti levisi nopeasti lähialueille. Toinen suuri rapukuolemapesäke ilmaantui Ranskan keskiosiin Plateau de Langre'n alueelle vuonna 1874. Tästä pesäkkeestä alkoi varsinainen ruton eteneminen läpi Euroopan.

On ilmeistä, että rapurutto levisi nopeasti rapujen mittavan kansainvälisen kaupan välityksellä, mutta tautia ovat levittäneet myös ravustajat. Tartunnan saaneita rapuja on todennäköisesti käytetty myös istutuksissa. Saksaan rapurutto tuli vuonna 1877, Itävaltaan 1879 ja edelleen Latviaan 1886, Venäjälle 1892 ja lopulta Suomeen 1893. Suomesta rapurutto kulkeutui edelleen Ruotsiin vuonna 1907.

Ensimmäinen tunnettu amerikkalaisen rapulajin tarkoituksellinen tuonti Eurooppaan tapahtui vasta vuonna 1890, rapuruton levittyä ympäri mannerta jo 30 vuoden ajan. Amerikkalaisia kääpiörapuja (*Orconectes limosus*) tuotiin tuolloin Saksaan nykyisen Puolan alueelle (Souty-Crosset ym. 2006). Toinen merkittävä amerikkalaisen rapulajin tuonti oli vuonna 1959 täplärapu (*Pacifastacus leniusculus*), jonka levittäminen eri maihin aiheutti selkeän ruttotapausten kasvun Euroopassa vuodesta 1969 alkaen.

Rapuruttoa on 1970-luvulla ja sen jälkeen tavattu ensimmäisen kerran Norjassa (1970), Englannissa (1981), Turkissa (1984) ja Irlannissa (1986). Monet 1970-luvulla ja sen jälkeen tapahtuneet rapuruton aiheuttamiksi todetut rapukuolemat on tulkittu seuraukseksi täplärapujen maahantuonnista ja istuttamisesta. Näin todennäköisesti on ainakin Englannissa ja Kreikassa (1982), kun taas Turkissa ei Aasian puolella ollut täplärapuja (Harlioğlu 2004) rapuruttotartunnan aikaan, ja sieltä eristetyt rapuruton todettiin olevan As-tyyppiä (Huang ym. 1994). Espanjassa ja muualla Etelä-Euroopassa rapurutto on levinnyt myös vuonna 1973 tuodun amerikkalainen punaisen suoravun (*Procambarus clarkii*) välityksellä (Rezinciuc ym. 2013). Kaiken kaikkiaan Eurooppaan on tuotu eri käyttötarkoituksiin Pohjois-Amerikasta kolme muutakin rapulajia edellä mainittujen lisäksi (Holdich ym. 2010), ja kaikkia on pidettävä potentiaalisina oman ruttotyypinsä kantajina. Lisäksi akvaarioissa pidettäviksi on tuotu yli sata lajia, joista osaa esiintyy jo karkulaisena Keski-Euroopan vesistöissä (Chucholl 2013).

3.2. Suomessa rapurutto on tarkassa seurannassa

Rapujen joukkokuolemiin, joille ei löydy taustalla vaikuttavaa ympäristötekijää, on todennäköisesti useimmissa tapauksissa syynä rapurutto. Läheskään kaikkia tapauksia ei ole kuitenkaan diagnoosein vahvistettu. 1960-luvulta 1980-luvulle lukuisia rapukuolematapauksia todettiin rapuruton aiheuttamiksi Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen toimesta (Westman ja Nylund 1978). Samanaikaisesti myös Valtion eläinlääketieteellinen laitos (VELL) teki satunnaisia ruttomäärityksiä. Kuitenkin vasta 1990-luvulla Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitos (EELA) ja sen seuraaja Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira) ovat systemaattisesti diagno-soineet rapuruttoa laitokselle toimitetuista näytteistä.

Vuodesta 2004 alkaen kaikki raputautidiagnoosit on keskitetty Eviran Kuopion toimipaikkaan (Viljamaa-Dirks ym. 2008). Kuopion toimipaikka on vuodesta 2009 toiminut kansainvälisen eläintautijärjestön OIE:n rapuruttovertailulaboratoriona. Tämä keskittäminen on johtanut nopeutuneeseen kehitykseen sekä rapuruton diagnostiikassa että yleisemmin rapuruttoon kytkettyjen tapahtumien selvittämisessä ja tutkimuksessa. Evirassa on kehitetty menetelmää, jolla DNA-tutkimuksella saataisiin selville myös todetun rapuruton tyyppi (Heinikainen ja Viljamaa-Dirks 2010). Vuodesta 1996 alkaen on Evirassa, aina kun se on ollut mahdollista, määritetty, edustaako todettu rapurutto As- vai Ps1-tyyppiä (Viljamaa-Dirks ym. 2009). Edellä mainitun ruttotapausten määrittämishistorian vuoksi rapuruttotapauksia tarkastellaan jäljempänä kahdessa osassa, ensin ajanjaksolta 1893–2000 raputautirekisteriaineistosta (Mannonen ym. 2006) ja toisaalta vuodesta 1990 alkavalta ja vuoteen 2012 päättyvältä jaksolta yksinomaan EELAn ja Eviran diagnooseihin perustuvasta aineistosta, joita koskevat tiedot on pääosin julkaistu (ks. lähemmin Raputaloustarkastukset 2006–2010).

Rapurutto kuuluu välittömästi eläintautiviranomaisille ilmoitettavien eläintautien luokkaan (Viljamaa-Dirks ym. 2011b). Ilmoitusvelvollisuus on kaikilla, jotka havaitsevat ravuissa rapuruttoon viittaavaa, eli esimerkiksi kuolleita rapuja löydettyäessä. Rapunäytteiden tutkimustulokset toimitetaan eläinlääkintäviranomaisten lisäksi näytteiden lähettäjälle ja mm. alueellisille kalatalousviranomaisille.

3.2.1. Rapukuolemahavainnot 1893–2000

Rapuruton eteneminen Suomessa tunnetaan useimpiin muihin maihin verrattuna poikkeuksellisen hyvin. Ensimmäisen kerran rapuepidemiasta, kuten ilmiötä tuolloin kutsuttiin, mainitaan kalastustentarkastelijan vuosikertomuksessa vuonna 1899, mutta rapukuolemahavainnoja oli Karjalan Kannaksen vesissä tehty jo vuosina 1893 ja 1894, joten 1893 on katsottava rutan Suomeen tulon vuodeksi (Järvi 1910). Rapurutto levisi samanaikaisesti myös Etelä-Saimaaseen Mikkelin ja Lappeenrannan välille, koska alueelta raportoitiiin myöhemmin rapujen katoamisesta juuri vuonna 1893.

Vuosina 1894 ja 1895 rapuepidemia levisi jo Mäntyharjun kirkonkylän seuduille, Kymijoen vesistön kaakkoisimpiin osiin. Järvi (1910) mainitsee myös epidemian jälkeen tuolla alueella tehdyistä rapukannan palautusitutussyrityksistä, jotka olivat osoittautuneet tuloksettomiksi. Järven (1910) katsaus ulottuu vuoteen 1909, johon mennessä rapukuolemia oli todettu 78 vesistöissä (taulukko 1).

Kokemaenjoen vesistöissä rapuepidemiasta ei tavattu merkkiäkään ennen vuotta 1906, mutta kesällä 1907 ravut olivat pyyntikauden alkaessa (15. heinäkuuta) laajoilta alueilta kadonneet. Järvi (1910) kirjoittaa, että Vanajaveden Raudunselällä (Rautunselkä) oli heinäkuun 1907 alussa kuolleita rapuja rannoilla niin paljon, että ilma haisi pilaantuneelle. Myös Kymijoen vesistöissä ilmeni tämä toinen epidemia-aalto vuosina 1907–1909 (Vesijärvi, Vesijako, Vehkajärvi). Vuonna 1909 ravut hävisivät Karvianjoesta (Merikarvianjoki). Viimeisin Järven (1910) merkintä koskee Säskylän Pyhäjärveä, jossa 2.7.1909 lehtiutuisen mukaan epidemian merkit oli tavattu Säskylän lähistöltä.

Järven (1910) selvityksen jälkeen rapukuolemista on runsaasti mainintoja eri julkaisuissa ja kirjoituksissa. Koko maan kattavan tarkastelun teki Westman (1973) täpläravun koeistutusten alkuvuosina. Yhteenveto kaikista raportoiduista rapukuolemista ja luettelo rapurutto

koskevista kirjoituksista vuoteen 2000 saakka on koottu Raputautirekisteriin (Mannonen ym. 2006). Rekisterin taustalla oleva sähköinen tietokanta on Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen käytössä, ja seuraava tarkastelu on tehty tietokanta-aineistosta.

Raputautirekisterin tietoja on tätä raporttia koostettaessa tarkistettu ja puuttuvia tietoja täydennetty mm. paikkatietojen ja järvirekisterin avulla. Koko joukko samaan vesialueeseen samana vuonna liittyneitä tapauksia on poistettu, koska kyse mitä ilmeisimmin on samasta epidemiasta saaduista erillisistä ilmoituksista. Lisäksi rekisteriin kirjautuneet samaa vesialuetta koskevat peräkkäisten vuosien tapaukset on tulkittu samaan epidemiaan kuuluviksi, koska osa ilmoituksista perustuu muistikuviin. Jos tapausten väli on ollut 5 vuotta tai enemmän, on samaakin vesialuetta koskeva merkintä tulkittu uudeksi tapaukseksi. Mikäli rekisterissä ei annettu rapukuolematapauksen vuosilukua, on tarkistuksessa käytetty ilmoitus- tai lähdevuotta. Muutamat täpläräpuja koskevat rapuruttohavainnot on tästä aineistosta poistettu.

Lisäksi tietokannasta on poistettu sellaiset havaintoilmoitukset, joihin ei ole raportoitu liittyneen rapujen joukkokuolemaa eikä rapuruttoja ole todettu. Myös selkeästi vesistön pilaantumiseen tai rakentamiseen liittyvät rapukuolemailmoitukset on poistettu, joskaan rapuruton mahdollisuutta ei näistä voi aina sulkea pois. Aineistossa on silti edelleen samaan epidemiaan liittyvää päällekkäisyyttä varsinkin jokiympäristöissä. Samalle joelle on sen eri osiin (eri valuma-alueille) rekisteröitynyt peräkkäisinä tai muutaman vuoden välein todettuja rapukuolemia, ja on mahdotonta sanoa, kuuluuko yläjuoksun rapukuolema alajuoksulta sinne nousseeseen tartuntaan, vai onko tauti peräisin muualta.

Raputautirekisteriaineistossa vuosilta 1893–2000 on tarkistusten jälkeen yhteensä 1 085 ruttotapausta kaikkiaan 904 paikannetulla erillisellä vesialueella.

Paikallistettujen rapuruttotapausten määrä on tarkastelujaksolla ollut keskimäärin 9,2 tapausta vuodessa. Eniten rapukuolemia on todettu 1950- ja 1960-luvuilla, keskimäärin yli 24 tapausta vuodessa (taulukko 1). Vuodesta 1970 alkaen näyttää tilanne vakiintuneen noin kymmenen vuotuisen rapuruttotapaukseen.

Taulukko 1. Erillisillä vesialueilla todetut rapuruttotapaukset 1893–2000 ryhmiteltynä päävesistöalueittain ja ajanjaksoittain Raputautirekisterin (Mannonen ym. 2006) aineiston perusteella.

Pää-Va	1893-1910	1911-1930	1931-1950	1951-1970	1971-1990	1991-2000	Yhteensä
01-14	17	34	54	269	116	64	554
15-36	62	63	53	171	36	18	403
37-58	0	0	9	23	11	21	64
59-73	0	0	0	8	20	1	29
81-99	0	9	7	13	4	2	35
Yhteensä	79	106	123	484	187	106	1 085
Keskim./v	4,39	5,30	6,15	24,20	9,35	10,60	9,19

Pää-Va 01-14: Itään laskevat vesistöt, Vuoksen vesistöalue, itäiseen Suomenlahteen laskevat vesistöt ja Kymijoen vesistöalue.

Pää-Va 15-36: Suomenlahteen ja Saaristomereen laskevat vesistöt, Kokemäenjoen vesistöalue ja Karvianjoen vesistöalue.

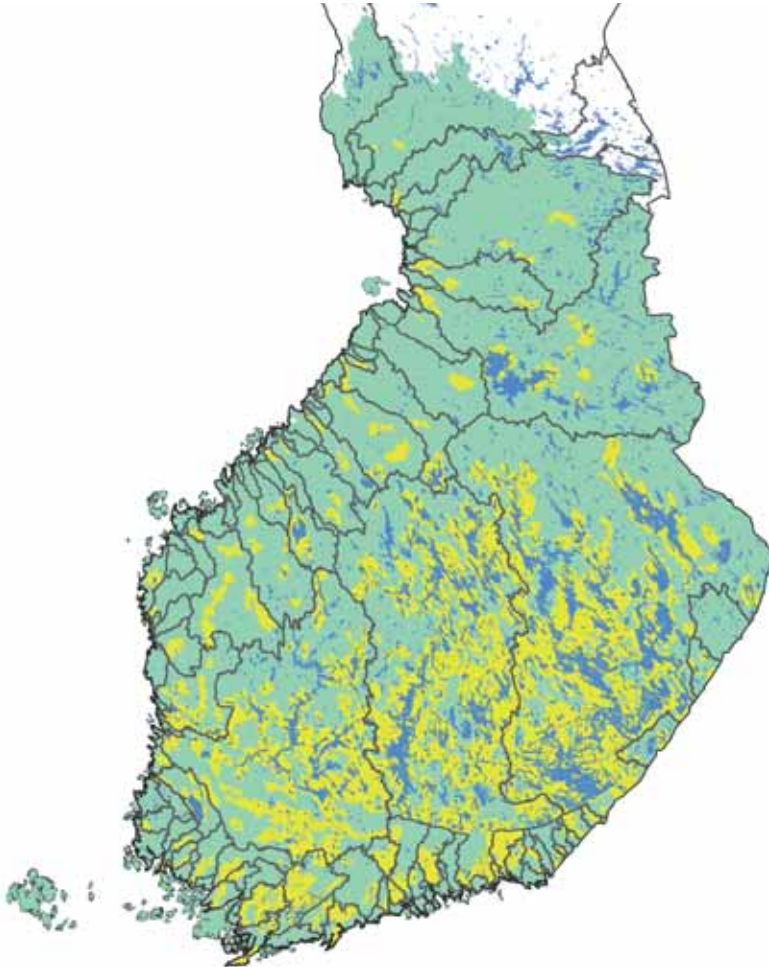
Pää-Va 37-58: Selkämereen ja Perämereen laskevat vesistöt Oulujoen päävesistöalueen etelärajaan.

Pää-Va 59-73: Oulujoen vesistöalue ja sen pohjoispuoliset vesistöt jokiravun levinneisyysalueella.

Pää-Va 81-99: Itämereen laskevat pienet rannikkovesistöt ja Itämeren saarien sisävedet ml. Ahvenanmaa.

Taulukon 1 päävesistöalueista kaksi ensimmäistä (01-14 ja 15-36) kuuluvat vähintäänkin eteläosiltaan jokiravun luontaiseen levinneisyysalueeseen (Järvi 1910, Pursiainen 2012). Pääosa (68 %) rapuruttotapauksista on tapahtunut suurilla Vuoksen (224 rekisteröityä tapausta), Kymijoen (282) ja Kokemäenjoen (235) vesistöalueilla, joilla erillisten järvien ja vesialueiden määräkin on suurin. 1920-luvun loppuun mennessä suurin osa merkittävistä jokiravun luontaisen levinneisyysalueen rapuvesistä oli jo kohdannut rapuruton.

Vuosina 1893–2000 todettujen rapukuolemien laajuudesta saa käsityksen, kun rapuruttotapaukset kuvataan kartalla (kuva 2) maamme vesistöjen 3. jakovaiheen valuma-alueetasolla. Tämä korostaa suurten järvien ja niiden lähivesien valuma-alueita. Toisaalta jokivesissä varsinkin Pohjanmaalla nämä 3. jakovaiheen valuma-alueet, joilta rapukuolema on rekisteriin ilmoitettu, ovat edellisiin nähden pieniä. Tämä ei useinkaan ole suhteessa raputuhon laajuuteen ja merkitykseen – useimmitenhan jokiympäristössä rapuruton aiheuttama tuho on laaja, jopa koko joen mittainen – havaintoja ei vain ole joka valuma-alueelta rekisteröitynyt.



Kuva 2. Rapuruton levinneisyys (keltainen korostus) vuosina 1893–2000 kolmannen jakovaiheen valuma-alueina Raputautirekisterin (Mannonen ym. 2006) perusteella. Taustaväritys kuvaa jokiravun nykyistä levinneisyyttä.

3.2.2. Rapuruttomääritykset vuoden 1990 jälkeen

EELAn ja Eviran toimesta diagnoosein varmennetut rapuruttotutkimustulokset ajanjaksolta 1990–2010 on julkaistu mm. vuotuisissa Raputalouskatsauksissa (Viljamaa-Dirks ym. 2006, 2008, 2009, 2010 ja 2011b), ja vuosien 2011–2012 tiedot yhdistetään kokonaisuuteen jäljempänä tässä kirjoituksessa. Lähes kaikki vuosien 1990–2000 rapuruttohavainnot sisältyvät myös Raputautirekisterin (Mannonen ym. 2006) aineistoon, mutta koska ruttotyypin määrittäminen alettiin tehdä Evirassa vuonna 1996, on tarkoituksenmukaista käsitellä varsinaiset näytteisiin perustuvat varmennetut diagnoositulokset omana kokonaisuutenaan. Satunnaisia täpläräpukannoista tehtyjä ruttomäärityksiä ei ole tässäkin otettu tarkasteluun.

Rapukuolemissa Eviraan toimitettujen näytteiden koot vaihtelevat yhdestä jopa kymmeneen rapuihin. Aiemmin diagnoosin vahvistamiseksi tarvittiin eläviä tai juuri kuolleita rapuja tuoreena, mutta nykyisin näyteravut voidaan toimittaa tutkittaviksi myös pakastettuina tai etanoliin säilötyinä. Pitkälle pilaantuneista ravuista ei kuitenkaan millään menetelmällä saada luotettavaa vastausta. Diagnosointia merkittävästi aikaisemmasta nopeuttava molekyyli-geneettinen PCR-menetelmä (Vrålstad ym. 2009) perustuu rapuruton DNA:n tunnistamiseen näytteestä, ja siksi DNA ei saa hajota pilaantumisprosessissa.

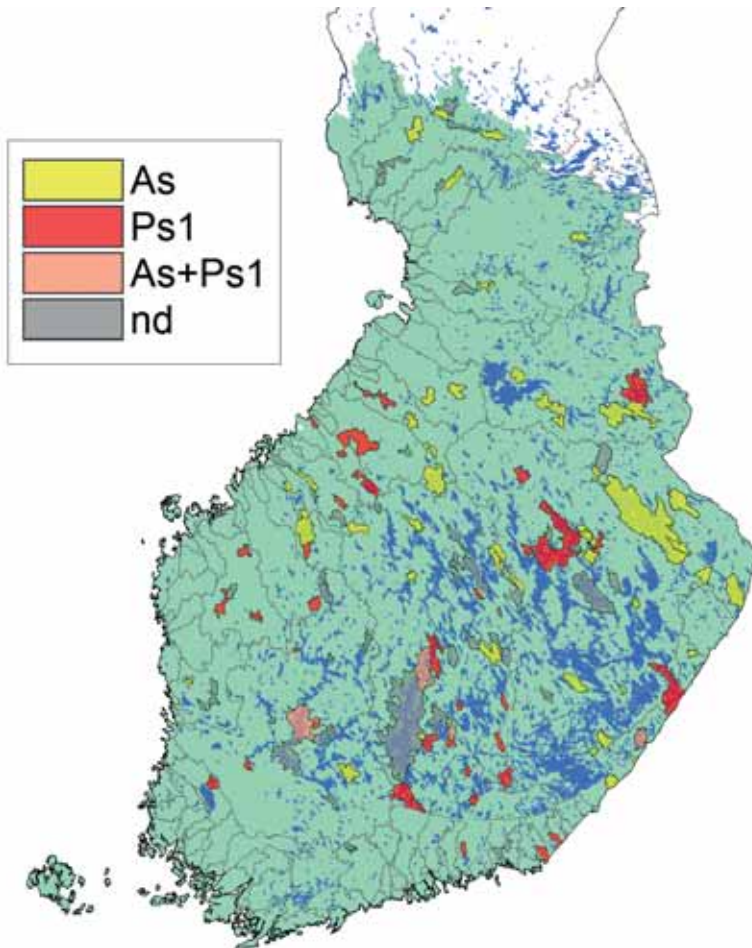
3.2.3. Rapuruton levinneisyys 1990–2012

Eviran (EELAn) rapuruttohavaintojen listauksen suhteen on menetelty samoin kuin edellä Raputautirekisteriaineistoa tarkasteltaessa, siis poistettu luettelosta samaan paikkaan, aikaan ja niin ollen myös epidemiaan liittyvät diagnoosit. Monesti on niin, että rapunäytteitä otetaan esimerkiksi järvestä ja siitä lähtevästä tai siihen laskevasta joesta samanaikaisesti, eli käytännössä samasta jokirapupopulaatiosta. Kuitenkin, mikäli epidemiaa esiintyy usealla toisiinsa yhteydessä olevalla valuma-alueella, eli ilmiselvästi kuuluvat samaan etenevään tartuntaan, tapaukset on ruton levinneisyyden laajuutta tarkasteltaessa käsitelty erillisinä. Vastaavalla tavalla peräkkäisten vuosien näytteet samalta vesialueelta on myös katsottu kuuluviksi samaan epidemiaan, mutta mikäli näytteiden väli on 5 vuotta tai enemmän, on ruton katsottu uusiutuneen tai kyseessä on erillinen epidemia.

Eviran laboratorioon tulleen näytteen laatu on usein niin kehno (pilaantuminen, muu sienikasvusto tms.), että rapuruton diagnosoiminen ei onnistu, vaikka merkit vahvasti ruttoon viittaavatkin. Tällaiset, merkinnällä ”mahdollisesti rapurutto” tms., on kuitenkin karsittu aineistosta. Niiden mukaan ottaminen sellaisenaan olisi vaatinut muiden, esimerkiksi ympäristömuutoksista johtuvien syiden poissulkemista, mikä on jälkikäteen vain harvoin mahdollista. Vastaavasti, mikäli samalta vesialueelta on kaksi alle 5 vuoden välein saatua näytettä, joista toisesta ei ole voitu diagnosoida ruttotyyppejä, mutta toisesta se on saatu selville, on määrittämätön tietuerivi poistettu. Ne samaan vesialueeseen alle 5 vuoden välein sattuneet tapaukset, joissa on tavattu ensin As-typin rutto ja sitten Ps1-typin rutto, on käsitelty erillisinä (kuva 3).

Rapuruton piilevän luonteen käytyä selväksi on eräissä paikoissa haluttu selvittää ruton läsnäoloa ja kartoittaa sen etenemistä joko paikallisten tahojen aloitteesta tai tutkimustarkoituksessa. Ruton esiintymistä ja levinneisyyttä on kartoitettu myös Ps1-typin ruton diagnosoiminnan jälkeen tilanteissa, joissa vesistöistä ei ole havaintoja täplärävusta ja on haluttu

varmistua joko rapuruton häviämisestä tai täpläravun läsnäolosta. Menetelminä ovat olleet rapujen sumputtaminen kohdevesialueella tai koepyyntit ja populaatiotason näytteet (60–120 yksilöä). Nämä ns. kartoitusnäytteet, mikäli niistä on rapurutto todettu, on otettu aineistossa huomioon, vaikka varsinaisesta kyseiseen ajankohtaan sijoittuvasta rapukuolemasta ei olisi-kaan kyse. Näin on menetelty siksi, että rapuruton läsnäolo on varmennettu ja kyseinen vesialue on selkeästi rapuruton mahdollinen leviämislähde.



Kuva 3. Eviran (EELAn) dignoosein varmennettujen rapuruton eri tyyppien esiintyminen jokiravuihin vuosina 1990–2012 kolmannen jakovaiheen valuma-alueina. Taustaväritys kuvaa jokiravun nykyistä levinneisyyttä.

Taulukko 2. Rapuruttdiagnoosit päävesistöalueilla (Pää-Va) vuosina 1990–2012. Rapuruttyyppi (As tai Ps1) on määritetty vuodesta 1996 lukien, mutta aina se ei näytteen laadusta johtuen ole ollut mahdollista (nd).

Pää-Va	1990-1997			1998-2005			2006-2012			Yhteensä			Kaikki yhteensä
	As	Ps1	nd	As	Ps1	nd	As	Ps1	nd	As	Ps1	nd	
01-14	1	1	13	23	11	5	10	12	10	34	24	28	86
15-36	0	0	3	2	3	7	1	3	2	3	6	12	21
37-58	0	0	5	8	3	1	2	10	0	10	13	6	29
59-73	0	0	0	2	0	0	10	2	5	12	2	5	19
81-99	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	3	4
Yhteensä	1	1	22	35	17	14	23	28	18	59	46	54	159
Keskim./v	0,13	0,13	2,75	4,38	2,13	1,75	3,29	4,00	2,57	2,57	2,00	2,35	6,91

Pää-Va 01-14: Itään laskevat vesistöt, Vuoksen vesistöalue, itäiseen Suomenlahteen laskevat vesistöt ja Kymijoen vesistöalue.

Pää-Va 15-36: Suomenlahteen ja Saaristomereen laskevat vesistöt, Kokemäenjoen vesistöalue ja Karvianjoen vesistöalue.

Pää-Va 37-58: Selkämereen ja Perämereen laskevat vesistöt Oulujoen päävesistöalueen etelärajaan.

Pää-Va 59-73: Oulujoen vesistöalue ja sen pohjoispuoliset vesistöt jokiravun levinneisyysalueella.

Pää-Va 81-99: Itämereen laskevat pienet rannikkovesistöt ja Itämeren saarien sisävedet ml. Ahvenanmaa.

4. Rapuruton uusiutuminen

4.1. Toistuvien rapukuolemien ongelma

Vuosikymmenien kuluessa monet rapuvesien omistajat ja ravustajat ovat havainnoineet jokirapukantojen kasvavan rapukuoleman jälkeen jopa pyyntivahvoiksi ja sitten taas häviävän. Mikäli rapukanta ei kasva pyyntivahvaksi ennen kuin kato käy, ei tapahtumasta luultavasti aina kerrota tai sitä kirjata muistiin, todetaan vain. Siitä syystä, vaikka asia on yleisesti tiedossa, rapukuolemien (-ruton) uusiutumisia ei liene kirjattu lähellekään niin usein kuin niitä on tapahtunut. Raputautirekisterin (Mannonen ym. 2006) ja Eviran (EELAn) diagnoositulosten perusteella rapurutotapaus on paikannettu vähintään kerran 951 erillisellä vesialueella. Näistä samassa vesistössä on toistamiseen rekisteröitynyt 161 tapaus, joista edelleen 38 vesistössä rapurutto on raportoitu esiintyneen kolmesti. Vielä neljännekin kerran rutto on rekisterin mukaan havaittu 6 vesialueella (taulukko 3).

Taulukko 3. Rapuruttovesistöjen (kohteiden) määrä ja ruton toistuvuus ja väliajat (vuosia) alueittain samalla vesialueella Raputautirekisterin (Mannonen ym. 2006) aineiston perusteella vuosina 1893–2000 täydennettynä Eviran (EELAn) diagnoosituloksilla 1990–2012.

Pää-Va	Vesialueita yhteensä	1. uusiutuminen		2. uusiutuminen		3. uusiutuminen	
		Määrä	Väli	Määrä	Väli	Määrä	Väli
01-14	493	78	23,5	15	28,7	3	12,7
15-36	325	63	32,2	18	26,7	3	27,3
37-58	59	13	28,1	3	13,7		
59-73	42	4	18,8	2	9,5		
81-99	32	3	19,5				
Yhteensä	951	161	27,1	38	25,6	6	20,0

Pää-Va 01-14: Itään laskevat vesistöt, Vuoksen vesistöalue, itäiseen Suomenlahteen laskevat vesistöt ja Kymijoen vesistöalue.

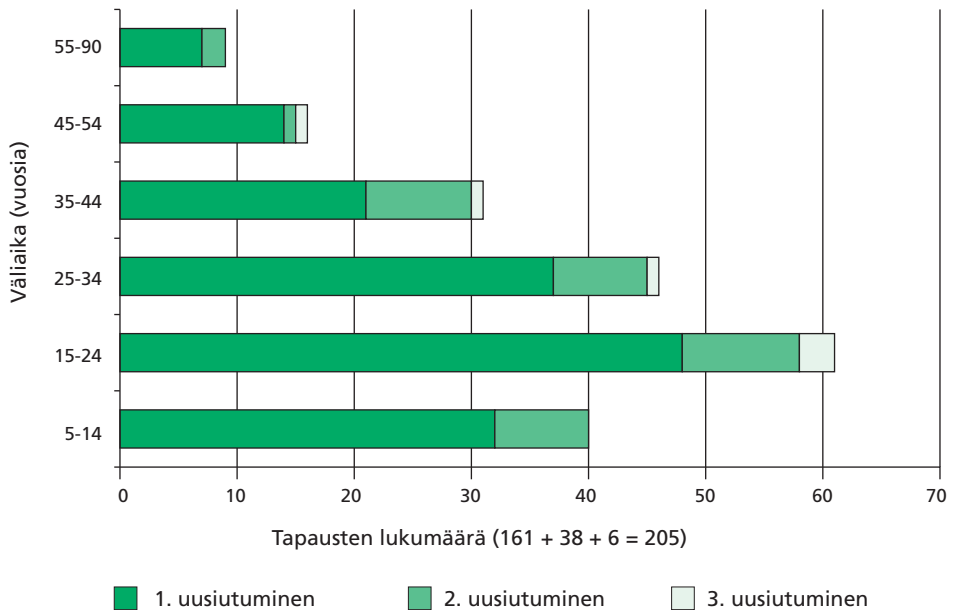
Pää-Va 15-36: Suomenlahteen ja Saaristomereen laskevat vesistöt, Kokemäenjoen vesistöalue ja Karvianjoen vesistöalue.

Pää-Va 37-58: Selkämereen ja Perämereen laskevat vesistöt Oulujoen päävesistöalueen etelärajaan.

Pää-Va 59-73: Oulujoen vesistöalue ja sen pohjoispuoliset vesistöt jokiravun levinneisyysalueella.

Pää-Va 81-99: Itämereen laskevat pienet rannikkovesistöt ja Itämeren saarien sisävedet ml. Ahvenanmaa.

Kaikkiaan tarkasteltavassa aineistossa on 205 samalle vesialueelle paikannettua rapuruton uusiutumishavaintoa. Ruton uusiutumisen väliajan vaihtelu on suuri (5–90 v), keskimäärin se on koko aineistossa ollut $26,6 \pm 16,6$ (keskihajonta) vuotta. Aineistosta ei voida havaita eroa ruton toistuvuusjaksojen pituudessa pohjoisten ja eteläisten vesistöjen välillä, joskin aineisto Pohjois-Suomesta on pieni. On myös syytä todeta, että lyhyet toistuvuusjaksot (5–10 vuotta) saattavat kuvastaa samaa tartuntaa, joka on edennyt hitaasti ja esiintyy rekisterissä sen vuoksi erillistapauksina (alle 5 vuoden välein tapahtuneet peräkkäiset tapaukset on poistettu aineistosta). Selvästi yleisimmin rutto näyttää uusiutuvan 15–35 vuotta edellisestä tapauksesta (kuva 4). Jokien (n = 255) ja järvien (n = 696) välillä ei ole eroja toistuvuudessa



Kuva 4. Rapuruton uusiutumisen väliajat ensimmäisestä ruttotapahtumasta toiseen, kolmanteen ja neljänteen. On luonnollista, että hyvin pitkän aikavälein uusiutuvia ruttotapauksia on ehtinyt ruton 120-vuotisen historian kuluessa tapahtua vain muutamia.

Rapuruton uusiutumisväliä koskeva tarkastelu ei ole aineistosta johtuen yksiselitteinen. Kuten edellä kuvattiin, monet ilmoitetutkin mahdollisesti ruton aiheuttamat joukkokuolemat puuttuvat nyt käsitellystä aineistosta, koska niistä ei ole saatu näyttöä tai näyttö on ollut niin huonokuntoisia, ettei rapuruttoa ole pystytty niistä määrittämään. Todennäköisesti hyvin monia uusiutumistapauksia ei ole lainkaan havaittu tai niistä ei ole raportoitu. Varsinkin silloin, jos rapukuolema on tullut ennen kuin ravustus on alkanut uudelleen, on joukkokuoleman havaitsematta jäämisen todennäköisyys suuri. Erkamon ja Rajalan (2012) Etelä-Savon kalavesien osakaskunnille tekemän tiedustelun perusteella Raputautirekisteriin (Mannonen ym. 2006) oli kirjautunut vain 42 % osakaskuntien esimiesten tiedossa olleista rapujen joukkokuolemista Etelä-Savossa. Hyvin pitkän aikavälin jälkeen tapahtuneet ruttoepidemian uusiutumiset voivat myös olla täysin erillisiä tapahtumia, eli kyseessä on uusi tartunta, mutta toisaalta väliaikoina on voinut tapahtua myös raportoimattomia tai huomaamatta jääneitä rapukuolemia. Edellä todetun perusteella on selvää, että tämä tarkastelu aliarvioi ruton toistuvuutta ja yliarvioi ruton uusiutumiseen kuluva aikaa. Tämä tarkastelu puutteistaan huolimatta vahvistaa sitä yleistä käsitystä, että rapukannan vahvistuttua ja ravustuksen alettua ruttokuoleman jälkeen rapurutto vie kannan uudelleen. Jokirapukannan runsastuminen pyyntivahvaksi vie Erkamon ym. (2011) mukaan kotiutusistutuksen jälkeen vähintään 15 vuotta, usein enemmän. Erkamo ja Rajala (2012) toteavat todennäköisimmäksi jokiravun palautusistutuksen epäonnistumisen syyksi rapuruton, ja nyt, kun piilevän As-tyypin rapuruton esiintymisestä on selkeät tutkimusnäytöt, tämä käsitys vahvistuu.

4.2. Uusiutuviissa rapuruttotapauksissa on tietty malli

Monissa vesistöissä tehtyjen havaintojen ja myös tutkimustietojen (Viljamaa-Dirks ym. 2012) mukaan rutan käymä jokirapukanta usein hiipuu toistuvien ruttojaksojen myötä vähitellen hyvin harvalukuiseksi, kasvamatta enää koskaan pyyntivahvaksi. Näissä tapauksissa on myös ilmennyt, että taudinkantajyksilöiden osuus kannasta on suhteellisen suuri. On myös tapauksia, erityisesti suurehkoissa järviältaissa, joissa rapurutto on käynyt tiettävästi vain kerran ja jäljelle on jäänyt hyvin harva rapukanta, joka ei elvy itsekseen eikä palaa istutustenkaan avulla. Tällaisten ilmiöiden syntymekanismia on aiemmin ollut vaikeampi selittää. On mahdollista, että rapuruton lisäksi on myös muita tekijöitä, jotka pitävät kannan harvalukuisena.

Perinteinen käsitys kroonisesta rapuruttovesistöistä on ennen muuta liitetty suuriin ja monimuotoisiin järviin. Tämä sopii hyvin myös piilevän rapuruton kehittymiseen, rapukannan runsastumiseen uudelleen ja toistuviin rapuruttokuolemiin. Rapuruttoaineisto käsittää 683 erillistä järviältaista, ja niistä 89:ssä rutto on uusiutunut ainakin kerran ja näistä edelleen kahdesti 23:ssa ja vielä kolmannen kerran rapuruttokuolema on todettu viidessä järviältaassa. Uusiutuvien rapuruttokuolemien suhteen näyttää selvältä, että painopiste on suurten altaiden puolella (taulukko 4). Samaan johtopäätökseen päätyivät myös Erkamo ja Rajala (2012) Etelä-Savon rapukantojen hoitotuloksia analysoidessaan.

Taulukko 4. Rapuruttojärvien kokoluokat ja rutan toistuvuus Raputautirekisterin (Mannonen ym. 2006) aineiston perusteella vuosina 1893–2000 täydennettynä Eviran (EELAn) diagnoosituloksilla 1990–2012.

Uusiutumiset	Eri kokoluokan järvien lukumäärä							Keskikoko ha
	< 1 ha	1- <5 ha	5-50 ha	50-500 ha	500- <5000 ha	>5000 ha	Yhteensä	
Ei	1	28	164	241	102	30	566	1 226
Kerran		1	5	42	31	10	89	2 382
Kahdesti			2	6	10	5	23	5 535
Kolmesti					3	2	5	31 497
Yhteensä	1	29	171	289	146	47	683	1 743
Kerran-%	0,0 %	3,4 %	2,9 %	14,5 %	21,2 %	21,3 %	13,0 %	
Kahdesti-%	0,0 %	0,0 %	1,2 %	2,1 %	6,8 %	10,6 %	3,4 %	
Kolmesti-%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,1 %	4,3 %	0,7 %	

Mitä useampi rapuruton uusiutuminen, sitä suurempi näyttää järvien keskikoko olevan. Yli 500 hehtaarin järvistä vähintään joka viidennessä (21 %) rapuruttokuoleman on todettu uusiutuneen ainakin kerran.

Aiemmin rapuruton kroonisuus selitettiin nimenomaan suurissa järvissä osapopulaatiosta toiseen siirtyvän tartunnan aiheuttamaksi. Rapuesiintymien hajanaisuus on varmasti yksi rutan säilymiseen vaikuttavista tekijöistä, vaikkakin rutan on osoitettu pystyvän säilymään myös pienessä järvessä epidemian jälkeen henkiin jääneiden rapujen turvin (Viljamaa-Dirks ym. 2011a).

4.3. Rapuruttohavaintojen määrään vaikuttavia tekijöitä

Rapuruttotapausten vuotuinen määrä oli suhteellisen vakaa ensimmäisistä tapauksista 1893 aina vuoteen 1950 asti (taulukko 1). Voimakas tapausten määrän lisäys ajanjaksolla 1951–1970 on todennäköisesti seurausta edellisinä vuosikymmeninä tehdyistä rapuistutuksista, joiden tuloksena rapuvesien määrä luontaisen levinneisyyden pohjoispuolella lisääntyi ja samalla tarjoutui rapurutolle uusia jokirapukantoja. Jo Järvi (1910) raportoi jokirapua levitetyn moniin vesiin. 1950- ja 1960-luvuilla on erillisten jokirapuvesien määrä ollut todennäköisesti huipussaan, koska 1920- ja 1930-lukujen istutuksiin perustuvat populaatiot olivat kehittyneet tuottosiksi ja samalla otollisiksi ruton puhkeamiselle. Piilevän rapuruton mahdollisuudesta ei tiedetty, ravustus yleisty, ravustajat liikkuvat monilla vesillä saman kauden aikana, rapukauppa oli vilkasta ja ruttoriskiä ei osattu huomioida.

Rapuihin ja rapurutotutkimukseen liittyvät hankkeet ja kohonnut mielenkiinto rapuja kohtaan on myös lisännyt rapuruttohavaintojen tai rapukuolemailmoitusten määrää. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ruttotiedustelu (Westman 1973) näkyy ilmoituspiikkinä, koska monet muistitietoihin perustuvista havainnoista kirjautuivat 1960-luvulle (koko 1960-luvulla 341 tapausta, huippuvuonna 1968 peräti 80).

1980-luvulla laaditut rapukantojen alueelliset hoito-ohjelmat niihin liittyvine selvityksiineen, sekä vilkastunut joki- ja täplärapujen istutustoiminta, ovat myös aktivoineet ilmoittamista. Tuolloin ja vielä 1990-luvullakin rapukuolemista raportoivat monet alueelliset kalatalousalan toimijat ja ympäristökeskukset.

Oleellinen rapuruttohavaintoihin vaikuttava tekijä 1990-luvulta alkaen on ollut täpläravun laajentunut istutustoiminta ja levinneisyys (ks. Pursiainen 2012). Rapuruttoa on todettu jokirapukannoissa tänä ajanjaksona selvästi vähemmän Etelä-Suomessa (päävaluma-alueet 1–36) kuin edeltävän 20 vuoden aikana (vrt. taulukko 1). Näistäkin tapauksista moni on täpläravun Ps1-tyyppin rapuruttoa, seurausta täplärapukantojen läheisyydestä. Vastaavasti vanhaa As-tyyppin rapuruttoa on tällä alueella todettu suhteellisen vähän.

Pohjanmaan, Kainuun ja Etelä-Lapin päävesistöalueilla (37–73) rapurutto tapauksien osuus kaikista vuosina 1990–2012 diagnosoiduista rapurutoista on huomattavan suuri (30 %) verrattuna ajanjaksoon 1893–2000, jolloin vain 9 % tapauksista rekisteröityi näille alueille. Tälle on mahdollisesti syynä vilkas jokirapujen kotiutus- ja palautusistutustoiminta erityisesti Pohjanmaan jokialueilla, missä rapukannat kärsivät jokunen vuosikymmen sitten sekä rapurutosta että jokirakentamisesta. Paikallisia kantoja saatiin aikaan, mutta samalla luotiin otollista maaperää rapuruton leviämislle. Tällöinkään ei piilevän rapuruton mahdollisuutta osattu vielä lainkaan huomioida.

Pohjanmaan ja Kainuun vesistöalueilla on Ps1-tyyppin rapuruttojen osuus kaikista Ps1-diagnooseista huomattava (80 %). Tähän lienee useitakin syitä. Etelä-Suomen vesistä jo melko suuri osa on täplärapuvesiä, joten jokirapukuolemia todetaan vähän tai niistä ei raportoida. Toinen tärkeä syy Ps1-tyyppin rapuruton leviämiseen jokirapuvesiin on todennäköisesti täplärapujen kuljetteleminen ja sumputtaminen tai muu huolimaton käsittely jokirapuvesien äärellä. Aina ei ehkä ole jokirapujen kotiutusistutusten yhteydessäkään välttytty kontakteista täplärapupopulaatioihin.

Täplärapukantojen runsastuminen on nostanut koko maan raputalouden arvoa ja merkitystä (Savolainen ym. 2012). Runsaat täplärapusaaliit ja rapukulttuurin kehitys sekä rapujen tunnettuuden lisääntyminen ovat johtaneet siihen, että rapujuhlia ja ravustusta halutaan harjoittaa yhä laajemmin (Savolainen ym. 2013). Rapuja kuljetetaan maan sisällä eri suuntiin, kalliita jokirapuja enimmäkseen etelään ja täplärapuja pohjoiseen, pyynnistä kuluttajille. Tämänsuuntainen kehitys vaikuttaisi jatkuvan, ja varsinkin täplärapujen mukana kulkeutuu myös rapuruttoa, ellei löydy keinoja vaaran vähentämiselle.

5. Jokiraputuhojen vaikutukset raputaloudessa

5.1. Rapuruttovesistöjen laajuus

Rapuruton aiheuttamien tuhojen vaikutuksia Suomen raputalouteen voi tarkastella niinä vesistöaloina ja rantaviivan pituuksina, joilla rapuruton tuhoja on koettu. Näillä suureilla saa mielikuvan siitä, miten suuri on ollut raputalouden tuotantopotentiaalin menetys ja myös, miten laajalla alueella ravustuksen harjoittaminen, rapukauppa ja koko rapukulttuuri on rapurutosta kärsinyt. Koska on selvää, että kaikista rapuruttopauksista ei tietoja ole saatu rekisteröityä, aliarvioivat tässä esitettävät luvut raputuhojen todellista laajuutta ja vaikuttavuutta.

Rapurutto on todettu kaikkiaan 951 erillisellä vesialueella ainakin kerran, joillakin vesillä useita kertoja. Näistä järviä on 696 ja jokia ja puroja 255. Rapuruttovesien määrä näyttää varsin pieneltä, kun sitä tarkastellaan jokirapujen levinneisyysalueen erillisten vesialueiden määrää vasten. Virtavesien lukumäärä ei ole tiedossa, mutta järvien lukumäärästä vain alle 2 %:sta on rekisteröity esiintyneen rapuruttoa (taulukko 5). Pinta-alatieto on käytettävissä 683 järvestä, koska joukossa on muutamia (13) järviä, joiden pinta-ala ei ole järvirekisterissä.

Taulukko 5. Rapuruttojärvien (kohteiden) määrä ja osuus koko jokirapujen levinneisyysalueen järvien määrästä järvikokoluokittain. Jokirapualueen järvien määrä Pursiaisen (2012) mukaan.

	Eri kokoluokan järvien lukumäärä						Yhteensä
	< 1 ha	1- <5 ha	5-50 ha	50-500 ha	500- <5000 ha	>5000 ha	
Jokirapualue	1 930	19 091	14 073	3 232	429	79	38 834
Rurttovesiä	1	29	171	289	146	47	683
Osuus %	0,05 %	0,15 %	1,22 %	8,94 %	34,03 %	59,49 %	1,76 %

Rapuruttojärvien kokoluokittelusta voi päätellä kaksi seikkaa. Pikkujärvistä, vaikka niissä rapuja ja rapuruttoa olisikin esiintynyt, ei juurikaan raportoida, koska sekä lukumäärä että osuus järvistä on niin pieni. Vasta yli 500 hehtaarin järvistä rapuruttoa on rekisteröity yleisesti, eniten luonnollisesti yli 5 000 hehtaarin suurjärvistä. Toinen ja varsin todennäköinenkin seikka on, että 5–500 hehtaarin vesissä rapuruttopauksia on myös suhteessa selvästi vähemmän kuin suuremmissa vesissä. Niissähän Erkamon ym. (2008) mukaan myös rapukantojen istutus-hoito on ollut yli 500 hehtaarin järviä tuloksekkaampaa.

Koska rapurutto on rekisteröitynyt valtaosassa jokiravun nykyisen levinneisyysalueen suurimpia järviä, on luonnollista, että rapuruton tuhojen laajuus on järvipinta-alana suuri, peräti 1,19 miljoonaa hehtaaria ja rantaviivan pituutena yli 43 000 km (taulukko 6)

Taulukko 6. Rapuruttojärvien määrä, järviala ja rantaviivan pituus päävesistöalueittain.

Pää-Va	Järviä	Järviala (ha)	Rantaviiva (km)
01-14	402	915 475	33 571
15-36	242	191 408	7 686
37-58	11	31 791	655
59-73	13	49 800	1 089
81-99	28	2 238	209
402	696	1 190 713	43 210

Pää-Va 01-14: Itään laskevat vesistöt, Vuoksen vesistöalue, itäiseen Suomenlahteen laskevat vesistöt ja Kymijoen vesistöalue.

Pää-Va 15-36: Suomenlahteen ja Saaristomereen laskevat vesistöt, Kokemäenjoen vesistöalue ja Karvianjoen vesistöalue.

Pää-Va 37-58: Selkämereen ja Perämereen laskevat vesistöt Oulujoen päävesistöalueen etelärajaan.

Pää-Va 59-73: Oulujoen vesistöalue ja sen pohjoispuoliset vesistöt jokiravun levinneisyysalueella.

Pää-Va 81-99: Itämereen laskevat pienet rannikkovesistöt ja Itämeren saarien sisävedet ml. Ahvenanmaa.

Jokiravun nykyisen levinneisyysalueen koko järviala on 2,76 miljoonaa hehtaaria ja rantaviivan pituus 151 000 kilometriä (Pursiainen 2012). Tästä valtavasta sisävesien kapasiteetista ja potentiaalisesta ravuntuotantoalasta rapurutto on aiheuttanut tuhoja 43 %:lla alasta ja 29 %:lla rantaviivan pituudesta. Tässä on syytä korostaa, että jokikilometrit eivät ole luvuissa mukana ja samalla todeta, että rapuruttovesien pinta-ala on suurempi kuin jokiravun luonnollisen levinneisyysalueen vesiala 0,72 miljoonaa hehtaaria.

Rapuruton laaja levinneisyys ja sen myötä suuri menetetty ravuntuotantoala merkitsevät sitä, että paljon puhuttu vesistöarakentamisesta ja vesien pilaantumisesta johtuva jokiravun elinolojen heikentyminen on ollut rapuruttoannon kannalta kuitenkin suhteellisen vähämerkityksistä verrattuna rapurutto aiheuttamiin saalismenetyksiin. Tosin paikallisesti vesistöarakentamisen ja vesien pilaantumisen aiheuttamat haitat ovat olleet merkittäviä, sillä ne ovat usein kohdistuneet jokialueille, jotka ovat olleet parhaita jokirapuvesiä. Säännöstelykään, joka vaikuttaa erityisesti suurissa järviältaissa ja jokivesissä, ei näytä ainakaan aikuisiin rapuihin suuresti vaikuttavan (Tulonen ym. 2007a, 2007b), joskin vuorokausisäännöstely virtavesissä heikentää jopa ratkaisevasti monien Pohjanmaan jokien rapujen poikastuotantoa (Pursiainen ja Westman 1984).

5.2. Saalismenetykset 1910–2000

Rapuruton tulo ja sen aiheuttamat tuhot Venäjällä ja Keski-Euroopassa johtivat siellä rapujen tarjonnan vähenemiseen, ja sen seurauksena kysyntä kasvoi Suomessa. Järvi (1910) valaisee tätä kehitystä tullitilastoista ajanjaksolta 1866–1909 kokoamiensa vientilukujen avulla. Eniten rapuja vietiin vuonna 1900 runsaat 15 miljoonaa yksilöä (sisältää myös ravun lihan). Järvi (1910) arvioi kotimaisen ravunkulutuksen olleen suuruusluokkaa 4–5 miljoonaa rapua vuodessa, mitä hän pitää kuitenkin melko suurena arviona suhteutettuna jokiravun silloisen levinneisyysalueen noin 1,4 miljoonan asukasluukuun. Järven vientitilastosta ja arvioimasta kotimaan kulutuksesta saadaan kuitenkin käsitys maamme rapusaaliista tuona aikana.

Vuosina 1866–1895 elettiin lähes jatkuvaa rapujen viennin kasvun aikaa, mutta vuodesta 1895 vuoteen 1906 näyttää vienti, ja rapusaalis, vakiintuneen. Koska tuona ajanjaksona rapurutto ei ensimmäisen maamme itäosiin kohdistuneen vaiheen jälkeen merkittävästi levinnyt, eivätkä kotiutusistutusten vaikutukset suuremmin vielä näkyneet saaliin kasvuna, voitaneen saaliiden arvioida kuvanneen silloisten rapuvesien tuottoa ja vastaavan kestävä ravustuksen tasoa Etelä- ja Lounais-Suomessa. Kotimaan 4,0 miljoonan ravun kulutusarvio huomioiden vuosien 1895–1906 keskisaalis oli 16,5 miljoonaa rapua (vaihtelu 14,1–20,1 milj. rapua). Rapuruton tulo Kokemäenjoen vesistöön vuonna 1906 puolitti viennin jo vuoteen 1909 mennessä, johon Järven (1910) tarkastelu päättyy.

Jokirapusaaliista ajalta 1910–1986 on hyvin vaikea saada tietoja. Westman ja Järvenpää (1991) selvittivät tullitilastojen avulla rapujen vientiä (ja tuontia) tuolta ajalta, mutta koska tilaston numeerinen aineisto on kadonnut, voidaan vientilukuja arvioida julkaisussa olevan grafiikan avulla vain karkeasti. 1910-luku ja 1940-luvun sotavuodet ovat luonnollisesti olleet hyvin vähäisen viennin ja ravustuksen aikaa. 1920-luvun alusta alkaneella 20 vuoden jaksolla rapujen vienti on ollut suuruusluokkaa 1,8–2,4 milj. jokirapua vuodessa. Toinen vientihuippu osui 1950-luvulle (1,2–1,5 milj. vuodessa). Mutta jo 1960-luvun alkupuolelta lähtien vienti hiipui vähitellen lähes olemattomiin. Westmanin ja Järvenpään (1991) laatimasta kaaviosta tehdyn arvion perusteella ajanjakson 1910–1985 vienti on ollut 0,96 miljoonaa rapua vuodessa. Jos asetetaan oman vuosikulutuksen tasoksi hieman vuosisadan alkua pienempi 3 miljoonaa rapua, olisi keskisaalis tuona aikana ollut noin 3,9–4,0 miljoonaa rapua vuodessa. Arvio käsittää vaikeat ajat 1910-luvulla ja sotavuodet, joten esitetty luku on todennäköisesti jonkin verran todellisuutta pienempi.

Varsinainen rapusaalistilastointi aloitettiin vasta vuonna 1986 osana vapaa-ajankalastus-tilastoja (Savolainen ym. 2012). Vuosina 1986–2000 saatiin keskimäärin 3,3 miljoonaa jokirapua vuodessa. Kun nämä luvut ja edellä tehty arvio yhdistetään, päädytään siihen, että kotimaan saalis on ajanjaksolla 1910–2000 ollut noin 3,9 miljoonaa jokirapua vuodessa.

Rapuruton aiheuttamat saalismenetykset, huolimatta käytettävissä olevan saalisaineiston puutteista, on arvioitava maan mittakaavassa erittäin suuriksi. Lähtökohtana voitaneen pitää vuosien 1895–1906 keskisaaliin ja sen jälkeisen ajan keskisaaliin erotusta, siis noin $16,5 - 3,9 = 12,6$ miljoonaa jokirapua vuodessa. Siirtoistutusten seurauksena jokiravun levinneisyysalueen vesistöjen pinta-ala ja rantaviivan pituus ainakin nelinkertaistuivat 1900-luvulla luonnontilaiseen levinneisyyteen nähden (Pursiainen 2012), joten rapuruton aiheuttama saalismenetykset olisi ollut merkittävästi suurempi ilman levinneisyyden laajentamisen myötä kasvanneita ravustusmahdollisuuksia.

Laskennallisesti rapurutto on vähentänyt maamme rapusaalista ajanjaksolla 1910–2000 ainakin 1,26 miljardin rapuyksilön verran. Siinä spekulatiivisessa tilanteessa, että rapurutto ei olisi koskaan maahamme tullut, olisi laajentuneelta levinneisyysalueelta voitu ravustaa huomattavasti 1900-luvun alkuvuosia enemmän rapuja.

5.3. Taloudelliset menetykset

Rapuruton aiheuttama taloudellinen menetys on vaikea määrittellä, koska se koostuu paitsi suoranaisestä saaliin ja sen arvon tai myyntitulon menetyksestä, myös lukuisien rapukantojen tuloksettomien elvytysyritysten välittömistä kustannuksista sekä usein suuresta määrästä

talkootyötä. Erkamon ja Rajalan (2012) mukaan rapurutto on yleisin syy jokirapujen palautusitustusten tuloksettomuuteen. On myös selvää, että rapuruton torjunta on aiheuttanut ja jatkuvasti aiheuttaa merkittäviä menoja ja rajoitteita, joita voidaan myös pitää välillisinä kustannuksina. Lisäksi rapuruton diagnosointi ja siihen liittyvä tutkimus lisäävät raputalouteen omat ylimääräiset menoeränsä.

Taloudellisista vaikutuksista suora saaliin arvon menetys voidaan suuntaa antavasti arvioida käyttämällä laskennallista saalismenetystä ja pyytäjän ravuista saamaa yksikköhintaa. Käytännössä on kuitenkin vaikea selvittää, mikä on ollut jokiravun toteutunut yksikkö- eli rantahinta viime vuosisadalla, ja mikä se olisi ollut siinä tilanteessa, että rapurutto ei olisi romahduttanut kantoja, jolloin rapuja olisi ollut runsaasti saatavilla. Jonkinlaisen käsityksen rapusaaliin arvosta voi kuitenkin saada yhdistelemällä muutamia tietoja.

Järven (1910) kokoamista vientimääristä ja tullitilastoisiin kirjatuihin hintatiedoista pystyy laskemaan viedyistä ravuista saadun yksikköhinnan. Ajanjaksolla 1895–1906 viedyn jokiravun hinta on vuoden 2012 rahassa mitaten vaihdellut 0,09–0,15 euron välillä. Korkeimmat hinnat on saatu jakson lopulla, mikä kuvastaa rapujen kysynnän jatkuvaa kasvua kohdemaissa. Tuottajahinta on toki ollut tätä alempi, jakson lopulla ehkä noin kaksi kolmannesta vientihinnasta, eli 0,1 €/rapu. Rahan arvon muutos on huomioitu Tilastokeskuksen rahanarvokertoimia käyttäen ja tässä oletettu, että se kuvastaa yleistä hintakehitystä.

1990-luvulla ennen siirtymistä euroon sanottiin jokirapujen keskihinnan olleen noin 5 mk/kpl, mikä vastaa suunnilleen yhden euron tasoa. Hinta vaihtelee nykyisin suuresti kokoluokittain (Savolainen ym. 2011). Suomalaisten pienten (10–11 cm) jokirapujen ostohinnat tukkukaupassa olivat vuonna 2012 alimmillaan 1,80 € ravulta (Savolainen ym. 2013). Tässä hinnassa on osittain jo mukana välittäjäportaan kustannuksia. Vuonna 2010 sisävesien ammatikalastajien ilmoittama täplärapuista saatu keskihinta puolestaan oli 0,87 € ravulta (Savolainen ym. 2013). Joki- ja täplärapun hintatasot ovat alkaneet selkeästi eriytyä.

Ajanjaksolla 1910–2000 maamme rapusaalis koostui yksinomaan jokiravuista, täplärapu tuli mukaan merkittävässä määrin vasta vuoden 2000 jälkeen. Tällä perusteella voidaan sanoa jokirapujen ns. rantahinnan nousseen vuoden 2012 rahassa tasolta 0,1 euroa vähintään noin 1,0 euroon ravulta vuoteen 2000 mennessä, mahdollisesti korkeammaksikin. Jos jokirapujen rantahintaa nostetaan tasaportain viiden vuoden jaksoissa vuoden 1910 tasolta 0,1 € vuoden 2000 tasolle 1,0 €, ja kerrotaan vastaavilla 5 vuoden suuruusluokkaa kuvaavilla saaliin alenemilla, päädytään tuolta 90 vuoden jaksolta rapuruton aikaansaaman taloudellisen menetyksen arvoon 628 miljoonaa euroa, keskimäärin 6,98 miljoonaa euroa vuodessa.

Toinen jollakin tasolla konkreettisesti arvioitavissa oleva rapuruton aiheuttaman taloudellisen menetyksen arvo on kauppatase. Westman ja Järvenpää (1991) totesivat tullitilastoista, että rapuja alettiin tuoda pieniä määriä jo 1960-luvun lopulla. Savolaisen ym. (2012) mukaan 1990-luvun lopulla (1996–2000) makeavesirapuja tuotiin yhteensä noin 1,2 miljoonaa yksilöä vuodessa ja ajanjaksolla 2006–2010 jo 3,2 miljoonaa yksilöä. Tuontiravut ovat pääosin pakastettuja. Tuonnin arvo vaihtelee nykyisessä globaalissa kaupassa paljon riippuen tuontimäärästä ja alkuperämaasta, mutta liikkuu Savolaisen (2012) mukaan keskimäärin 0,5–1,0 miljoonan euron tasolla vuodessa, mikä voitaneen lähes suoraan lisätä rapuruton aiheuttaman saalismenetyksen arvoon.

6. Rapuruton haittojen hallinta

6.1. Täplärapukannat

Lähes kaikissa ja varsinkin suuremmissa täplärapuvesissä lienee tilanne se, että täplärapujen Ps1-tyyppin rapurutto on tartuttamiskykyisenä, parveiluitiöitä varsin laajalla lämpötila-alueella lähettävänä, aina läsnä (Strand ym. 2013). Tämän johdosta jokirapu voi menestyä täplärapujen kanssa rinnakkain samoissa vesissä ainoastaan eristyneissä pikkujärvissä, mikäli niihin on onnistuttu kotiuttamaan ruttovapaa täplärapukanta (esim. Westman ym. 1999).

Rutottomanakin istutetut täplärapukannat näyttävät runsastuttuaan saavan yleensä enemmän tai myöhemmin rapuruttotartunnan, joka saattaa ilmaantua aiheuttaen merkittävän kannanromahduksen (Erkamo ym. 2009, Tulonen ja Erkamo 2010). Tällainen romahdus voi olla seurausta siitä, että täplärapujen ruton vastustuskyky ei ole ollut täysin aktivoitunut, kun rapuruttokaan ei ole populaatiossa läsnä. Useimmiten romahtaneet täplärapupopulaatiot kuitenkin elpyvät, mutta eivät yhtä vahvoiksi ja tuottaviksi kuin ennen ruton ilmaantumista (Tulonen ja Erkamo 2010).

Viljely- ja koeolosuhteissa on havaittu, että täplärapunaaraiden poikastuotanto vähenee sitä enemmän, mitä voimakkaampana rapuruttotartunta täpläravuissa näkyy (Pursiainen ja Määttänen 2008). Myös luonnossa rapuruton on joissakin olosuhteissa todettu pienentävän merkittävästi täplärapupopulaation tuottoa (Tulonen ja Erkamo 2010). Ps1-tyyppin rapurutto näyttää voivan aiheuttaa täplärapukannassa samankaltaisen kehityksen kuin piilevänä esiintyvä As-tyyppin rapurutto monissa jokirapukannoissa; populaatiot ovat tuottamattomia ja harvalukuisia, raputalouden kannalta merkityksettömiä. Ilmiön taustalla olevia tekijöitä ei tunneta.

Täpläravuista ei ole luonnonvesissä voitu koskaan diagnosoida As-tyyppin rapuruttoja, vaikka täpläravut ovat varmasti altistuneet tämän vanhan ja laajalle levinneen ruttotyypin tartunnalle monissa suomalaisvesissä. Tämän on arvioitu johtuvan siitä, että täpläravuilla aktiivisena oleva rapuruton vastustuskyky on niin voimakas, että Ps1-tyyppiä heikompi As-tyyppin rapurutto tulee täysin torjutuksi jälkiä jättämättä jo täpläravun kuoren pintaosissa. Näin ollen täpläravut eivät voisi toimia As-tyyppin rapuruton levittäjinäkään (Viljamaa-Dirks, S. suull. ilm.). Altistettaessa täplärapuja koeolosuhteissa suurelle itiömäärälle on As-tyyppin rapurutto saatu tarttumaan ja aiheuttamaan kuolleisuutta myös täpläravuissa (Aydin ym. 2014). Tällaista tilannetta tuskin luonnonoloissa pääsee syntymään, sillä vastaavia itiöpitoisuuksia esiintyy vain tiheän jokirapupopulaation sairastuessa akuuttiin rapuruttoon.

Täplärapujen kotiuttaminen uudelle vesialueelle vaatii kalatalousviranomaisen luvan, jonka edellytyksenä on lupahakemuksessa esitetyt perustelut ja riskinarviointi. Jokirapukantojen suojelemiseksi niille soveltuvimmat alueet on varattu vain jokiravuille riippumatta niiden ns. ruttostatuksesta (Muhonen ym. 2012).

6.2. Jokirapukannat

Suomessa jokirapuja on ollut ja on edelleen todennäköisesti tuhansia erillisiä populaatioita, joista osa on runsaita, tuottoisia ja raputalouden kannalta merkityksellisiä – ovathan jokirapusaaliit edelleen tasolla 1,5 miljoonaa yksilöä vuodessa (Savolainen ym. 2012). Mutta suuri osa

jokirapukannoista on hyvin harvalukuisia ja tuottamattomia, mikä nykyisten tietojen nojalla johtuu pääosin piilevästä As-tyypin rapurutosta. Harvalukuisista jokirapupopulaatioista, joiden tiedetään käyneen läpi vähintään yhden rapuruttoepidemian, on löytynyt oireettomia As-tyypin rapuruttoa kantavia yksilöitä (Viljamaa-Dirks ym. 2011a, 2012, 2013).

Koska jokirapukanta voi kasvaa pyyntivahvaksi, vaikka rapurutto olisikin piilevänä läsnä joissakin rapuyksilöissä, on As-tyypin rapuruton löytyminen jopa tiheästä ja pyyntivahvasta populaatiosta mahdollista (Jussila ym. 2011a). On kuitenkin syytä muistaa, että erittäin herkkiin PCR-menetelmiin voi liittyä väärän positiivisen diagnoosin mahdollisuus tai kontaminaatio näytteenoton ja kuljetuksen yhteydessä tai laboratoriossa. Näytteenotto tulisi sen tähden toistaa ainakin kahdesti ja hyvin heikko PCR-tulos tulisi varmentaa kahdessa eri laboratoriossa (Viljamaa-Dirks ym. 2012). Mikäli rapuruton läsnäolo tiheässä jokirapupopulaatiossa varmistuu, voidaan tämän hetken tietojen nojalla olettaa, että näytteenotto ja tutkimus on tehty aikana, jolloin rapuruton virulenssi on rapupopulaatiossa hyvin alhainen ja ravut hyväkuntoisia, eli niiden yleisvastustuskyky on suuri. Akuutti, laajaa kuolleisuutta populaatiossa aiheuttava rapurutto voisi siten teoriassa alkaa koska tahansa. Erityisen ongelmalliseksi tiheässä jokirapukannassa esiintyvä piilevä rapurutto koituu, jos kannasta tehdään siirtoistutuksia ravuttomiin vesiin, tällöinhän rapuruttokin leviää.

Rapuruttojen uusiutumistapausten keskimääräinen väli aika, runsas 20 vuotta, osuu yksiin kotiutetun jokirapupopulaation runsastumisen kanssa (Erkamo ym. 2008). Erkamo ja Rajala (2012) olettavat pyynnin alkamisen olevan yhteydessä rapuruton puhkeamiseen ja viittaavat mm. mahdollisuuteen, että taudinaiheuttaja on voitu tuoda ulkopuolelta. Toisaalta tiedetään, että täpläravuissa rapurutto voi aiheuttaa kuolleisuutta ulkoisen stressin seurauksena, jolloin myös rapuruton tuottamien parveiluitioiden määrä runsastuu moninkertaiseksi normaalitilanteesta (Strand ym. 2012). Jokiravuillakin kannan runsastuminen, lajinsisäinen kilpailu, pyynnin alkaminen, alamittaisten rapujen käsittely, sumputukset ym. saattavat olla sellaisia stressitekijöitä, jotka aikaansaavat rapuruton itiötuotannon moninkertaistumisen (piilevää) ruttoa kantavissa yksilöissä. Suuri parveiluitioiden määrä aiheuttaa sitten populaatiossa epidemian, joka ruokkii itseään kiihtyvällä vauhdilla, kunnes jokirapukanta on jälleen romahtanut.

Piilevän rapuruton johdosta on monia jokirapupopulaatioitakin pidettävä mahdollisina rapuruton kantajina, ja mikäli tiedetään rapuruton aiheuttaneen samalla vesialueella rapukuoleman viimeisten 20–30 vuoden aikana, jopa todennäköisinä kantajina. Tämän vuoksi jokirapujakaan ei tule siirtää vesistöstä toiseen varmistamatta niiden tautivapautta Evirassa suoritettavien tutkimuksin. Sen sijaan kroonisesti ruttoisiakin jokirapukantoja kannattaa hyödyntää tehokkaasti pyytämällä rapuja kauppaan ja kulutukseen. Tällöin on vain huolehdittava siitä, että ravustukseen liittyviä stressitekijöitä vähennetään ja mm. rapujen sumputusta pyyntivedessä tulisi välttää. Rapujen väliaikaiseen varastointiin ja säilytykseen olisi siis hyvä kehittää muita keinoja.

6.3. Rapuruton häviäminen tai hävittäminen vesistöä

Rapuruttosienellä ei tiedetä olevan muita isäntiä kuin makean veden ravut tai niiden kanssa samoissa vesistöissä elävät makean veden taskuravut, eikä parveiluitiöillä ole varsinaisia kestonuotoja. Näin rapurutto voi esiintyä vain siellä, missä on rapuja. Ja toisin päin, rapurutto häviää siitä

vesialueesta, järvestä tai joesta, jossa rutto on todettu, varmuudella vasta kun viimeinenkin rapu on hävinnyt. Näin ollen rapuruton hävittäminen edellyttää joki- tai täplärapukannan täydellistä hävittämistä, mikä on mahdollista vain joillakin myrkkykemikaaleilla tai äkillisellä pH-arvon muutoksella. Tämäkin on tähänastisten kokemusten perusteella todettu erittäin vaikeaksi ja soveltunee vain hyvin pieniin lampiin tai puroihin (Bills ja Marking 1988, Peay ym. 2006, Edsman, L. suull. ilm.), eikä onnistu lainkaan tuhoamatta samalla suurinta osaa muusta vesieliöstöstä kaloja myöten.

Suomessa esiintyvien rapuruttotyyppien ero virulenssissa voisi joissakin rajatuissa ympäristöissä olla käyttökelpoinen työkalu. Ps1-tyyppin rapurutto on erittäin virulentti ja selkeästi tehokkaampi jokirapujen tappaja kuin vanha As-tyyppin rapurutto. Kaikissa tartutuskokeissa jokirapujen kuolevuus Ps1-tyyppin rapuruttoon on ollut sataprosenttinen (Jussila ym. 2013), eikä luonnosta ole koskaan tavattu sellaista jokirapua, joka osoittaisi heikkoa (piilevää) Ps1-tyyppin ruttotartuntaa. Tuottamalla suuri määrä Ps1-tyyppin rapuruton parveiluitiöitä piilevää As-tyyppin rapuruttoa kantavaan ja harvalukuiseksi ilmeisen pysyvästi jääneeseen jokirapupopulaatioon olisi ehkä mahdollista hävittää jokirapukanta kokonaan. Tällöin vesistöstä häviäisi sekä As-tyyppin että Ps1-tyyppin rapuruttokin, kun isäntäeläimiä ei enää olisi. Prosessin jälkeen kyseiselle vesialueelle voitaisiin kotiuttaa tutkitusti ruttovapaa jokirapukanta. Menetelmää ei ole testattu, mutta sen etuna myrkkyyihin tai esimerkiksi kalkilla aiheutettuun nopeaan pH:n muutokseen olisi, että rapurutto ei vaikuta millään muulla tavalla ympäristönsä eliöihin ja ekosysteemiin kuin tappamalla ravut.

Vaikka edellä mainittua menetelmää ei ole testattu, on eräänlainen osatesti järjestynyt itsestään. Erään pienehkön noin 500 hehtaarin järven vahvaan jokirapukantaan ilmaantui 2000-luvun alkupuolella rapurutto. Tautimäärityksen kuolleista ja heikkokuntoisista jokiravusta teki Evira, ja silloin osoittautui myös, että kyseessä oli Ps1-tyyppin rapurutto. Kahden vuoden aikana tehtyjen koeravustusten perusteella jokirapukanta hävisi eikä täplärapujakaan saatu. Niin ikään kahtena vuonna talven yli kestäneissä koesumputuksissa jokirapuja ei kuollut, joten järvi katsottiin sekä ravuttomaksi että rapuruttottomaksi. Tämän jälkeen järveen siirrettiin lähialueen vesistöstä, jossa ei tiedetty koskaan olleen rapuruttoja, jokirapuja, ja joitakin vuosia myöhemmin aloitettiin varovainen ja hallittu ravustus. Saaliit ovat olleet lupaavia. Tässä tapauksessa Ps1-tyyppin rapuruttotartunta jokirapukantaan saatiin ilman vesistöön päästettyjä täplärapuja ja jokirapujen palauttaminen tuli mahdolliseksi.

6.4. Rapuruton leviämisen ehkäisy

Rapuruton on sanottu leviävän ennen muuta ravustajien ja heidän välineidensä välittämänä vesistöstä toiseen. Useimmiten on rapuruton leviämiseen liittyvissä tutkimuksissa viitattu vieraiden rapulajien siirtämiseen, mutta jouduttu myös toteamaan, että levittäjänä on voinut olla myös nisäkäs, lintu tai kala (mm. Oidtmann ym. 1999).

Rapuruton on kokeellisesti todettu pysyvän elävänä jopa kulkiessaan kalojen suolen lävitse, mikäli kala oli syönyt sairaan ravun kuorta. Parveiluitiöinä tai pelkkänä rihmastona syötetty rapurutto ei pysynyt hengissä kalojen suolen läpi kulkiessaan, eikä parveiluitiöiden todettu pysyvän hengissä kalojen ihollakaan (Oidtmann ym. 2002). Siten sairaita rapuja syöneiden tai niiden kanssa muuten kontaktissa olleiden kalojen tai lämminveristen eläinten mahdollisuus toimia rapuruton levittäjänä lienee varsin vähäinen.

Viljeltyjen kalojen kuljettamisen on arvioitu olevan myös yksi mahdollinen rapuruton leviämistä. Mikäli rapuruton parveiluitiöitä esiintyy lähettävän kalanviljelylaitoksen vedessä, voivat itiöt siirtyä uuteen vesistöön kuljetusveden mukana. Koeoloissa kalojen kuljetusvesi altaasta, jossa on ollut sairaita rapuja, on siirtänyt tartuntaa yhtä tehokkaasti kuin laskettu keskinkertainen itiömäärä (Alderman ym. 1987). Kuljetusveden käsittely ruttoriskin vähentämiseksi on pienessä mittakaavassa mahdollista suodattamalla tai kemikaalikäsittelyllä (Jussila ym. 2011b). Suurten kuljetusvesimassojen käsittelyyn 5 µm:n suodattimella ei liene mahdollisuuksia, ja kemikaalien käyttö tuo omat ongelmansa. Akuuteissa rapuruttotilanteissa olisi varmintä pidättäytyä kalojen kuljetuksista tai kohdevesistöjen tulisi olla sellaisia, että niissä ei ole rapuja. Myös kuljetusveden vaihto pienentää riskiä oleellisesti. Veden itiöpitoisuuden arviointiin on myös kehitetty menetelmää, jolla ainakin kohtalaiset itiömäärät voidaan todeta (Strand ym. 2012, 2013).

Tärkeimmäksi rapuruton vesistöä toiseen levittäjäksi jäävät itse ravut, joita ihmiset siirtelevät. Täpläravun suhteen riskit melko hyvin tiedostetaan, mutta ongelmallisinta on piilevä rapurutto jokiravuihin. Oireettomien, tautia kantavien jokirapujen siirtoistutus on mahdollistanut As-tyypin rapuruton leviämisen yllättäviinkin paikkoihin kaukana toisesta rapupopulaatiosta tai akuutista rapukuolemasta.

Kalastuslaissa vaaditaan kalaviranomaisen lupa vesistöissä aikaisemmin esiintymättömän lajin istuttamiseen ja uusittavana olevaan kalastuslakiin on sisällytetty rapujen sumputtamisen muualla kuin pyyntivesistöissä kieltävä pykälä. Näiden säädösten noudattaminen edellyttää kansalaisten tietoisuuden kasvattamista, mihin on kiinnitetty erityistä huomiota Kansallisesa rapustrategiassa 2013–2022 (Muhonen ym. 2012). Rapustrategiassa esitetään myös systemaattista rapuruton esiintymisen seuranta ja vaaditaan, että rapuistutuksissa käytetään vain tutkitusti rutottomia istukkaita.

Rapuruttoon liittyvässä tutkimuksessa on tärkeää selvittää rapuruton elinkiertoa erilaisissa ympäristöoloissa. Ennen muuta tulisi tutkia niitä mekanismeja ja isäntäeläimen ja rutan vuorovaikutuksia, jotka liittyvät rapuruton latenttiin, piilevään vaiheeseen ja sitä, mikä saa latentin vaiheen muuttumaan akuutiksi taudiksi.

Kiitokset

Kiitokset Esa Erkamolle kommenteista ja tekstin korjausehdotuksista sekä Jouni Tuloselle kartoista.

Viitteet

- Ackefors, H. 1999. The positive effects of established crayfish introductions. Teoksessa: Gherardi, F. & Holdich, D.M. (toim.) *Crayfish in Europe as Alien Species. How to make the best of a bad situation?* S. 49–61. A.a. Balkema. Rotterdam.
- Alderman, D. 1996. History of the spread of crayfish plague in Europe. Teoksessa: Crustaceans: Bacterial and Fungal Diseases. OIE. *Scientific and Technical Review* 15: 15–23.
- Alderman, D., Polglase, J. & Frayling, M. 1987. *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. *Journal of Fish Diseases* 10: 385–393.
- Anderson, M. & Cerenius, L. 2002. Analysis of chitinase expression in the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci*. *Diseases of Aquatic Organisms* 51: 139–147.
- Aydin, H., Kokko, H., Makkonen, J., Kortet, R., Kukkonen, H. & Jussila, J. 2014. The signal crayfish is vulnerable to both the As and the Ps1-isolates of the crayfish plague. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2014) 413, 03. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2014004>.
- Bills, T.D. & Marking, L.L. 1988. Control of nuisance populations of crayfish with traps and toxicants. *The Progressive Fish Culturist* 50(2): 103–106.
- Capinha, C., Larson, E., Tricarico, E., Olden, J. & Gherardi, F. 2012. Effects of climate change, invasive species, and disease on the distribution of native European crayfishes. *Conservation Biology*, 27(4): 731–740.
- Cerenius, L. & Söderhäll, K. 1992. Crayfish diseases and crayfish as vectors for important diseases. *Finnish Fisheries Research* 14: 125–133.
- Cerenius, L., Bangyeekhun, E., Keyser, P., Söderhäll, I. & Söderhäll, K. 2003. Host prophenoloxidase expression in freshwater crayfish is linked to increased resistance to the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*. *Cellular Microbiology* 5(5): 353–357.
- Cerenius, L., Andersson, M.G. & Söderhäll, K. 2009. *Aphanomyces astaci* and crustaceans. In: Lamour, K. & Kamoun, S. (toim.). *Oomycete Genetics and Genomics: Diversity, Interactions, and Research Tools*. John Wiley & Sons, Inc. S. 425–434.
- Chucholl, C. 2013. Invaders for sale: trade and determinants of introduction of ornamental freshwater crayfish. *Biological Invasions* 15: 125–141.
- Diéguez Uribeondo, J., Huang, T.S., Cerenius, L. & Söderhäll, K. 1995. Physiological adaptation of an *Aphanomyces astaci* strain isolated from the freshwater crayfish *Procambarus clarkii*. *Mycological Research* 99(5): 574–578.
- Erkamo, E. & Rajala, J. 2012. Raputalouden elinkeinopotentialit Etelä-Savossa. *RKTL:n työraportteja 6/2012*. 39 s.
- Erkamo, E., Ruokonen, T., Alapassi, T., Ruokolainen, J., Järvenpää, T., Tulonen, J. & Pursiainen, M. 2008. Rapuistutusten tuloksellisuus. Teoksessa: Pursiainen, M., Ruokonen, T. (toim.). *Raputalouuskatsaus 2007. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 3/2008*: 23–37.
- Erkamo, E., Tulonen, J., Järvenpää, T., Pursiainen, M. & Kirjavainen, J. 2009. Mistä rapurutto tulee? Teoksessa: Pursiainen, M. & Rajala, J. 2009. *Raputalouuskatsaus 2008. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 5/2009*: 27–34.
- Erkamo, E., Rajala, J. & Mattila, J. 2011. Etelä-Savon jokirapuistutusten tuloksia. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 6/2011*: 31–43.
- Filipova, L., Petrussek, A., Matasová, K., Delaunay, C. & Grandjean, F. 2013. Prevalence of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci* in populations of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in France: Evaluating the threat to native crayfish. *PLOS ONE* 8(7): e70157. doi:10.1371/journal.pone.0070157.
- Fürst, M. 1995. On the recovery of *Astacus astacus* L. populations after an epizootic of the crayfish plague (*Aphanomyces astaci* Schikora). *Freshwater Crayfish* 8: 565–576.
- Harlioğlu, M.M. 2004. The present situation of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschenholtz, 1823) in Turkey. *Aquaculture* 230(1–4): 181–187.
- Harlioğlu, M.M. 2008. The harvest of the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschenholtz, 1823) in Turkey: harvest history, impact of crayfish plague, and present distribution of harvested populations. *Aquaculture International* 16: 351–360.

- Heinikainen, S. & Viljamaa-Dirks, S. 2010. PCR method for differentiation of two *Aphanomyces astaci* genogroups directly from crayfish tissue. Conference abstract. *Autumn school in biodiversity of Saprolegnia (oomycetes)* 1.–4.11.2010 Madrid, Spain.
- Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset, C. & Sibley, P.J. 2010. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2009) 394–395, 11. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2009025>.
- Huang, T.S., Cerenius, L. & Söderhäll, K. 1994. Analysis of genetic diversity in the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*, by random amplification of polymorphic DNA. *Aquaculture* 126: 1–9.
- Jussila, J., Makkonen, J., Vainikka, A., Kortet, R. & Kokko, H. 2011a. Latent crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) infection in a robust wild noble crayfish (*Astacus astacus*) population. *Aquaculture* 321: 17–20.
- Jussila, J., Makkonen, J. & Kokko, H. 2011b. Peracetic acid (PAA) treatment is an effective disinfectant against crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) spores in aquaculture. *Aquaculture* 320: 37–42.
- Jussila, J., Kokko, H., Kortet, R. & Makkonen, J. 2013. *Aphanomyces astaci* Ps1-genotype isolates from different Finnish signal crayfish stocks show variation in their virulence but still kill fast. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2013) 411, 10. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2013077>.
- Järvi, T.H. 1910. Über den Krebs (*Astacus fluviatilis* Rond.) und die Krebs epidemien in Finland. *Acta Societas pro Fauna et Flora Fennica* 33(3): 1–41.
- Kozubíková, E., Viljamaa-Dirks, S., Heinikainen, S. & Petrusek, A. 2011. Spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* carry a novel genotype of the crayfish plague agent *Aphanomyces astaci*. *Journal of Invertebrate Pathology* 108: 214–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2011.08.002>.
- Kušar, D., Vrezec, A., Ocepek, M. & Jenčič, V. 2013. *Aphanomyces astaci* in wild crayfish populations in Slovenia: first report of persistent infection in a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* population. *Diseases of Aquatic Organisms* 103: 157–169.
- Makkonen, J., Jussila, J., Kortet, R., Vainikka, A. & Kokko, H. 2012. Differing virulence of *Aphanomyces astaci* isolates and elevated resistance of noble crayfish *Astacus astacus* against crayfish plague. *Diseases of Aquatic Organisms* 102: 129–136. doi: 10.3354/dao02547. <http://www.int-res.com/abstracts/dao/v102/n2/p129-136/>.
- Mannonen, A., Halonen, T., Nylund, V., Westman, K. & Westman, P. 2006. Raputautirekisteri. Raputautien esiintyminen Suomessa vuosina 1893–2000. Maa ja metsätalousministeriö. 44 s. + liitt.
- Muhonen, J., Kirjavainen, J. & työryhmä 2012. Kansallinen rapustrategia 2013–2022. Työryhmämuistio. mmm 2012:10. 42 s. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2012/6EE78vVBs/Kansallinen_rapustrategia_2013-2022.pdf.
- Niemivuo-Lahti, J. (työryhmän ehdotuksen pohjalta koonnut) 2012. Kansallinen vieraslajistrategia. Maa- ja metsätalousministeriö. 103 s. + liitt.
- Nybelin, O. 1936. Untersuchungen über die Ursache der in Schweden gegenwärtig vorkommenden Krebspest. *Meddelanden från Statens Undersöknings-och Försöksanstalt för Sötvattensfisket* 9: 1–32.
- Oidtmann, B., Cerenius, L., Schmid, I., Hoffmann, R. & Söderhäll, K. 1999. Crayfish plague epizootics in Germany – classification of two German isolates of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* by random amplification of polymorphic DNA. *Diseases of Aquatic Organisms* 35: 235–238.
- Oidtmann, B., Heitz, E., Rogers, D. & Hoffmann, R.W. 2002. Transmission of crayfish plague. *Diseases of Aquatic Organisms* 52: 159–167.
- Peay, S., Hiley, P.D., Collen, P. & Martin, I. 2006. Biocide treatment of ponds in Scotland to eradicate signal crayfish. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* (2006) 380–381.
- Pursiainen, M. & Määttänen, K. 2008. Rapuruton siirtyminen emoista poikasiin: haudonta ja poikastuotantovaiheet. Teoksessa: Pursiainen, M., Viljamaa-Dirks, S., Makkonen, J., Kokko, H., Henttonen, P. & Jussila, J. 2008. Rapurutto hallintaan. Epidemiologian ja diagnostiikan verkostohanke. Loppuraportti: 29–36.
- Pursiainen, M. 2012. Joki- ja täpläravun levinneisyys Suomessa. Teoksessa: Pursiainen, M. & Mattila, J. (toim.). Rapujen levinneisyys ja tuotanto Suomessa 2010. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 8/2012: 7–20.
- Pursiainen, M. & Westman, K. 1984. The restoration of the crayfish (*Astacus astacus*) in river Siikajoki, Finland. - *EIFAC/CECPI/T42 (Suppl.)* (Vol. 2): 412–421.

- Rezinciuc, S., Galindo, J., Montserrat, J. & Dieguez-Uribiando, J. 2013 AFLP-PCR and RAPD-PCR evidences of the transmission of the pathogen *Aphanomyces astaci* (Oomycetes) to wild populations of European crayfish from the invasive crayfish species, *Procambarus clarkii*. *Fungal Biology* 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2013.10.007>.
- Savolainen, R., Järvenpää, T. & Särkinen, M. 2011. Rapukauppaa välittäjä- ja tukkuportaassa. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 6/2011: 16–24.
- Savolainen, R., Moilanen, P. & Vihervuori, A. 2012. Rapujen tuotanto ja kulutus Suomessa. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 8/2012: 21–37.
- Savolainen, R., Pursiainen, M., Mattila, J., Arjoranta, T., Moilanen, P. & Rajala, J. 2013. Raputuotanto kasvaa, mistä uusia markkinoita? *RKTL:n työraportteja* 13/2013. 54 s.
- Schikora, F. 1906. Die Krebspest. *Fisherei-Zeitung* 9: 529–532, 561–566, 581–583.
- Souty-Crosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D. & Haffner, P. (eds) 2006. *Atlas of Crayfish in Europe*. Museum national d'Historie naturelle, Paris, 187 s. (Patrimoines naturels, 64).
- Strand, D.A., Jussila, J., Viljamaa-Dirks, S., Kokko, H., Makkonen, J., Viljugrein, H. & Vrålstad, T. 2012. Monitoring the spore dynamics of *Aphanomyces astaci* in the ambient water of latent carrier crayfish. *Veterinary Microbiology* 160: 99–107.
- Strand, D., Jussila, J., Johnsen, S., Viljamaa-Dirks, S., Edsman, L., Wiik-Nielsen, J., Viljugrein, H., Engdahl, F. & Vrålstad, T. 2013. Detection of crayfish plague spores in large freshwater systems. *Journal of Applied Ecology* 51: 544–553. DOI 10.1111/1365-2664.12218. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12218/pdf>.
- Svoboda, J., Strand, D., Vrålstad, T., Grandjean, F., Edsman, L., Kozák, P., Kouba, A., Fristad, R., Koca, S. & Petrussek, A. 2014. The crayfish plague pathogen can infect freshwater-inhabiting crabs. *Freshwater Biology* 59: 918–929. doi:10.1111/fwb.12315. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fwb.12315/pdf>.
- Tulonen, J. & Erkamo, E. 2010. Rapuruton vaikutus kehittyvään täplärapukantaan - kaksi esimerkkiä. Teoksessa: Pursiainen, M. & Rajala, J. 2010 (toim.). Raputalouskatsaus 2009. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 8/2010: 26–33.
- Tulonen, J., Erkamo, E. & Jussila, J. 2007a. Jäätymisen ja jäänpainaman vaikutus rantahabitaattiin ja täplärapujen kuolleisuuteen erilaisilla pohjatyypeillä. *Kala- ja riistaraportteja* 404: 19–24.
- Tulonen, J., Erkamo, E. & Jussila, J. 2007b. Vuorokausisäännöstelyn ja kalapredaation vaikutus jokiravunpoikasten kuolleisuuteen. *Kala- ja riistaraportteja* 404: 42–46.
- Viljamaa-Dirks, S. 2008. Rapuruton epidemiologiset ominaisuudet. Teoksessa: Pursiainen, M., Viljamaa-Dirks, S., Makkonen, J., Kokko, H., Henttonen, P. & Jussila, J. 2008. Rapurutto hallintaan. Epidemiologian ja diagnostiikan verkostohanke. Loppuraportti: 7–12.
- Viljamaa-Dirks, S., Pursiainen, M. & Ruokonen, T. 2006. Rapuruton esiintyminen 1990–2006. *Kala- ja riistaraportteja* 395: 29–42.
- Viljamaa-Dirks, S., Torssonen, H. & Heinikainen, S. 2007. Variation in virulence between crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) strains. Conference abstract, 13th International conference of the EAFP, 17.–22.9.2007, Grado, Italy.
- Viljamaa-Dirks, S., Ruokonen, T. & Pursiainen, M. 2008. Rapuruton esiintyminen 2007. Teoksessa: Pursiainen, M., Ruokonen, T. (toim.). Raputalouskatsaus 2007. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 3/2008: 38–43.
- Viljamaa-Dirks, S., Pursiainen, M. & Tulonen, J. 2009. Rapuruttohavainnot 2008. Teoksessa: Pursiainen, M. & Rajala, J. (toim.). Raputalouskatsaus 2008. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 5/2009: 22–26.
- Viljamaa-Dirks, S., Pursiainen, M. & Rajala, J. 2010. Rapuruttohavainnot 2009. Teoksessa: Pursiainen, M. & Rajala, J. (toim.). Raputalouskatsaus 2009. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 8/2010: 21–25.
- Viljamaa-Dirks, S., Heinikainen, S., Nieminen, M., Vennerström, P. & Pelkonen, S. 2011a. Persistent infection by crayfish plague *Aphanomyces astaci* in a noble crayfish population – a case report. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 31(5): 182–188.
- Viljamaa-Dirks, S., Pursiainen, M. & Rajala, J. 2011b. Rapuruttohavainnot 2010. Teoksessa: Pursiainen, M. & Rajala, J. (toim.). Raputalouskatsaus 2010. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 6/2011: 25–30.

- Viljamaa-Dirks, S., Torssonen, H., Heinikainen, S., Pursiainen, M., Rajala, J., Mattila, J., Laakkonen, M., Partanen, T., Sarajärvi, K. & Korhonen, P. 2012. Rapurutto hallintaan II. *RKTL:n työraportteja* 17/2012: 1–31.
- Viljamaa-Dirks, S., Heinikainen, S., Torssonen, H., Pursiainen, M., Mattila, J. & Pelkonen, S. 2013. Distribution and epidemiology of the crayfish plague agent *Aphanomyces astaci* genotypes from noble crayfish *Astacus astacus* in Finland. *Diseases of Aquatic Organisms* 103: 199–208. doi: 10.3354/dao02575. <http://www.int-res.com/abstracts/dao/v103/n3/p199-208/>.
- Vrålstad, T., Knutsen, A., Tengs, T. & Holst-Jensen, A. 2009. A quantitative TaqMan® MGB real-time polymerase chain reaction based assay for detection of the causative agent of crayfish plague *Aphanomyces astaci*. *Veterinary Microbiology* 137: 146–155.
- Westman, K. 1973. The population of the crayfish *Astacus astacus* in Finland and the introduction of the American crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Freshwater Crayfish* 1: 41–55.
- Westman, K. & Järvenpää, T. 1991. Äyriäisten vienti ja tuonti kautta aikojen. *Kalastusmuseoyhdistyksen julkaisuja – Fiskerimuseiföreningens publikationer* 5: 35–44.
- Westman, K. & Nylund, V. 1978. Suomessa tavatut rapujen loiset ja taudit. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja* 11: 49–69.
- Westman, K., Savolainen, R. & Pursiainen, M. 1999. Development of the introduced North American signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), population in a small Finnish forest lake in 1970–1997. *Boreal Environmental Research* 4: 387–407.



Itella Green

JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0295 301 000

www.rktl.fi