

Sammaleiden merkitys virtavesiekosysteemeissä

VEERA KOHTAMÄKI

LuK-tutkielma
Biologian tutkinto-ohjelma
Oulun yliopisto
2020

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	2
2.	SAMMALIEN KASVUPAIKAT JA -VAATIMUKSET	3
2.1	LISÄÄNTYMINEN	3
2.2	KASVUPAIKKA.....	3
2.3	RAVINTEET	4
2.4	VIRTAAMAVAIHTELUIDEN VAIKUTUKSET SAMMALYHTEISÖIHIN	4
3.	SAMMALTEN VAIKUTUKSET POHJAEELÄIMIIN	6
3.1	SAMMALEET RAVINNONLÄHTEENÄ	6
3.1.1	<i>Perifyton</i>	7
3.1.2	<i>Detritus</i>	7
3.2	SAMMALEET ELINYMPÄRISTÖNÄ	8
4.	SAMMALIEN MERKITYS KORJAAVASSA EKOLOGIASSA.....	9
5.	YHTEENVETO	11
6.	LÄHTEET	12

1. Johdanto

Virtavesillä on tärkeä rooli veden kiertokulussa sekä ravinteiden ja mineraalien kuljetuksessa. Niiden läpi virtaavan materiaalin ja energian määrä on suurempi kuin missään muussa ekosysteemissä (Allan & Flecker, 1993).

Sammaleet ovat runsas lajiryhmä jokien pohjilla. Ne ovat sopeutuneet vaativimpiinkin elinympäristöihin ja pystyvät sietämään veden kovaa virtausta ja alhaista valon määrää (Suren, 1992). Ne voivat muokata virtavesiekosysteemien rakennetta ja toimintaa ja voivat vaikuttaa muiden lajien, esimerkiksi selkärangattomien, esiintymiseen (Stream Bryophyte Group, 1999). Sammalet myös keräävät perifytonia ja detritusta, jotka ovat tärkeää ravintoa monille selkärangattomille (Suren, 1992). Perifytonilla tarkoitetaan erilaisia leviä, jotka kasvavat pohjamateriaalin pinnalla akvaattisissa elinympäristöissä. Detrituksella taas tarkoitetaan kuollutta orgaanista ainesta. Detritus jaetaan eri luokkiin sen karkeuden mukaan; erittäin hienojakoinen UPOM (ultrafiltered particulate organic matter, <0,45-50 μ m), hyvin hienojakoinen VFPOM (very fine POM, 50 μ m-0,5mm), hienojakoinen FPOM (fine POM, 0,5m-1mm) sekä karkea orgaaninen aines CPOM (coarse POM, >1mm). Kokomääritelmät kuitenkin vaihtelevat huomattavasti eri lähteiden välillä, joten ne ovat vain suunta antavia (Suren, 1992; Hünken & Mutz, 2007).

Sammalilla on myös suuri merkitys korjaavan ekologian prosesseissa. Sammalien määrä vaikuttaa suoraan selkärangattomien esiintyvyyteen, diversiteettiin ja yksilömäärään ja ne ovat siten tärkeä osa ekosysteemiä. Jos jokien luonnontilaan palauttamisessa ei huomioida sammalten vahingoittumista, selkärangattomien palautuminen ei tapahdu toivotulla nopeudella, jos ollenkaan (Muotka & Laasonen, 2002).

2. Sammalien kasvupaikat ja -vaatimukset

2.1 Lisääntyminen

Sammaleet voivat lisääntyä sekä suvuttomasti että suvullisesti. Virtavesiekosysteemeissä ne kuitenkin suosivat suvutonta lisääntymistä ja muodostavat uusia kasvustoja esimerkiksi lehtien tai varsien fragmenteista (Stream Bryophyte Group, 1999). Fragmentit kuitenkin irtoavat helposti ja niinpä niiden kiinnittymisen todennäköisyys onkin alhainen ja vaihtelee alustan tyypin, muodon ja pinnan karkeuden mukaan (Stream Bryophyte Group, 1999).

Suvullinen lisääntyminen on tärkeää geneettisen muuntelun kannalta. Sammalilla on kaksi itiöpesäkettä, siittiöpesäke (antheridium) ja munapesäke (archegonium). Ne voivat sijaita vierekkäin samassa versossa, kasvin eri versoissa tai eri kasviyksilöissä (Stream Bryophyte Group, 1999). Suvullinen lisääntyminen on kuitenkin vaikeaa virtaavassa vedessä, koska itiöiden täytyy kulkea virran mukana siittiöpesäkkeestä munapesäkkeeseen, mikä voi olla vaikeasti toteutettavissa, varsinkin jos itiöpesäkkeet sijaitsevat eri kasviyksilöissä (Stream Bryophyte Group, 1999).

2.2 Kasvupaikka

Akvaattiset sammaleet kasvavat jokien pohjalla ja pärskevyöhykkeillä. Sammaleet kasvavat useammin pienemmissä latvapuroissa kuin isoissa joissa (Suren, 1993). Isoissa joissa vesi on yleensä syvempää ja pohja on tasaisempaa ja epävakaampaa (Suren, 1993). Joen pohjan vakaudella onkin suuri merkitys sammaleiden esiintyvyyteen. Tasainen pohja ei tarjoa kunnollista kiinnittymispintaa sammalille ja on siksi epävakaampaa. Tällöin sammaleet ovat alttiimpia virtauksen vaihteluille ja irtoamiselle, eikä pohja tue niiden kasvua yhtä hyvin (Suren, 1993).

Valon vähäinen määrä ei vaikuta juurikaan sammalien kasvuun ja useinkin niiden biomassassa valoisilla ja varjoisilla paikoilla on samankaltainen (Suren, 1992). Sammaleet pystyvät myös kasvamaan paikoissa, joissa valon intensiteetti on suuri. Tällöin niiden sekundaariset pigmentit estävät liiasta valosta aiheutuvia klorofyllien ja proteiinien vaurioita (Suren, 1992). Valon määrä kuitenkin vaikuttaa sammalten kasvutapaan ja sammalkasvusto on yleensä monipuolisempaa valoisammalla paikalla (Suren, 1993).

Virtaava vesi vaikeuttaa myös sammalien kasvua. Voimakas virta saattaa hajottaa sammalia ja viedä mukanaan suuriakin määriä niiden palasia. Sammalten pitää siis pystyä korvaamaan menetetty biomassa selviytyäkseen virtavesiympäristössä (Stream Bryophyte Group, 1999).

2.3 Ravinteet

Sammalilla on suuri vaikutus jokiekosysteemien ravinnedynamiikkaan (Stream Bryophyte Group, 1999). Ne muodostavat usein suuren osan yhteisön autotrofisesta biomassasta ja niiden kudokset sisältävät runsaasti esimerkiksi hiiltä, typpeä ja fosforia. Sammaleet voivat saada ravinteita jokivedestä, pohjamateriaalista, ilmakehästä sekä sammalmättäystä kierrättämällä.

Sammaleet pystyvät sitomaan typpeä ja fosforia vedestä myös hyvin alhaisista pitoisuuksista ja ne ovatkin vähintään yhtä tärkeitä typen sitoja kuin levät (Stream Bryophyte Group, 1999). Sammalpeitteen lisääntyessä myös nettoalkutuotanto lisääntyy merkittävästi (Slavik ym., 2004).

Sammalten kasvutyyppillä on vaikutusta ravinteiden hankintaan. Suurempi pinta-alan ja tilavuuden suhde tehostaa ravinteiden saantia. Tiheät sammalkasvustot ovat usein vastustuskykyisempiä tulvia ja muita häiriöitä vastaan kuin leväkasvustot ja tuottavat näin korkeamman alkutuotantokapasiteetin (Stream Bryophyte Group, 1999).

2.4 Virtaamavaihteluiden vaikutukset sammalyhteisöihin

Luonnolliset häiriöt ovat merkittävä tekijä virtavesien sammalten yhteisörakenteen säätelyssä (Muotka & Virtanen, 1995). Isoimpia luonnollisen häiriön aiheuttajia ovat tulvat, jotka aiheuttavat esimerkiksi pohjakivien hankausta ja kääntymistä, jolloin sammalkasvustot kivien päällä tuhoutuvat joko osittain tai kokonaan (McAuliffe, 1983). Kivien koolla on suuri vaikutus häiriöiden voimakkuuteen. Pienemmät kivet kääntyvät ja hankautuvat toisiaan vasten herkemmin liikkeessaan virran mukana (McAuliffe, 1983). Suuremmat kivet ovat vakaampia ja pysyvät paremmin paikallaan. Ne myös tarjoavat suhteessa enemmän pinta-alaa kiinnittymistä varten eli kolonisoiva fragmentti tai itiö ”löytää” kiven sitä todennäköisemmin, mitä isompi se on (McAuliffe, 1983). Tämän seurauksena suurempien kivien päällä sammalpeite on usein laajempaa, ja pieniltä kiviltä

sammaleet voivat puuttua kokonaan (Englund, 1991). Suurien kivien sammalkasvustot ovat siten vastustuskykyisempiä ympäristön muutoksia vastaan, jolloin myös niiden häviämiskahki on pienempi (Englund, 1991). Häiriöherkissä joissa vain nopean kolonisaatiokyvyn omaavat sammaleet menestyvät hyvin (Muotka & Virtanen, 1995). Esimerkiksi hidaskasvuinen *Hygrohypnum* ei välttämättä pysty kolonisoimaan pienempiä kiviä kokonaan, sillä ne kääntyvät suurempia kiviä todennäköisemmin ja useammin, jolloin suurin osa kasvustosta tuhoutuu (McAuliffe, 1983). Pohjamateriaalin heterogeenisuus lisää sammalten lajirunsautta (Muotka & Virtanen, 1995), sillä heterogeeninen pohja tarjoaa erityyppisiä kasvualustoja monille erilaisille lajeille.

Vedenpinnan muutokset rajoittavat levinneisyyttä ja aiheuttavat häiriöitä etenkin pienemmissä joissa. Eri sammallajit ovat sopeutuneet hieman erilaisiin ympäristöolosuhteisiin ja niiden kyky sietää kuivia ja upoksissa olevia ajanjaksoja on erilainen (Muotka & Virtanen, 1995). Satunnaiset häiriöt vähentävät dominoivien lajien esiintymistä jolloin myös huonommat kilpailijat pystyvät kolonisoimaan vapautuvia laikkuja (Muotka & Virtanen, 1995). Pinnanvaihtelusta syntyvät mikrohabitaatit luovat kasvupaikan semiakvaattisille sammalille, jotka pystyvät kasvamaan kuivassa, mutta välillä pinnan alle joutuvassa elinympäristössä (Muotka & Virtanen, 1995). Lajit ovat kehittäneet erilaisia strategioita, joilla ne selviävät satunnaisista tulvista. Jotkut lajit ovat kehittyneet vain sietämään ja selviytymään tulvajaksojen yli, kun taas toiset lajit toteuttavat koko elinkaarensa tulvien välissä välttääkseen pinnan alle joutumisen (Muotka & Virtanen, 1995).

Pohjajään muodostuminen voi myöskin aiheuttaa häiriötä sammalille. Pohjajäätä voi muodostua kylminä öinä jokien pohjalle ja päivän lämmitessä se irtoaa pohjasta ja kulkeutuu virran mukana hangaten pohjamateriaalia ja tuhoten sammalkasvustoja (McAuliffe, 1983). Virtaamavaihtelut myös muokkaavat sammalmättäiden rakennetta. Virran ollessa voimakkaampi sammalmättäistä muodostuu tiiviimpiä ja tiheämpiä kasvustoja kuin pienemmissä virtauksissa (Habdija ym., 2004).

3. Sammalten vaikutukset pohjaeläimiin

3.1 Sammaleet ravinnonlähteenä

Sammaleet toimivat harvoin itse ravinnon lähteenä hyönteisille (Suren, 1991). Vaikka sammalten energia- ja mineraalipitoisuudet ovat hyvin samankaltaisia koppisiemenisten kasvien kanssa, ne ovat usein vaikeasti sulavia, minkä vuoksi niistä saatava energia jää vähäiseksi (Goffinet & Vanderpoorten, 2009). Sammalilla on kuitenkin suuri vaikutus detrituksen ja perifytonin määrään virtavesissä (Suren, 1992). Ne keräävät detritusta ja toimivat kasvualustana perifyton-leville. Detrituksen ja perifytonin määrä onkin suurempi sammalkasvustojen seassa kuin pohjakivillä (Suren, 1992). Varjoisilla paikoilla jokiin päätyy enemmän orgaanista ainesta uomaan varjostavista rannan puista ja muusta ympäröivästä kasvillisuudesta. Siitä huolimatta sammaleet keräävät suunnilleen saman määrän orgaanista ainesta sekä valoisilla että varjoisilla paikoilla. Tämä johtuu sammalien morfologisista eroista eri kasvupaikoilla (Suren, 1992). Valoisammalla paikalla sammalmatot ovat tiheämpiä kuin varjoisan paikan maksasammalilla, jolloin orgaaninen aines kerääntyy niihin tehokkaammin (Suren, 1991). Detrituksen ja perifytonin määrien vaihtelut eri paikoilla ovat usein selitettävissä sammalkasvuston erojen perusteella (Suren, 1993).

Suren ja Winterbourn (1992) tutkivat sammalten merkitystä pohjaeläinten ravinnonlähteenä. He käyttivät keinotekoisia sammalia, joiden avulla perifytonin ja detrituksen määrää pystyttiin kontrolloimaan. Näin myös kolonisaatioajan vaikutukset saatiin poissuljettua. Huomattiin, että valoisalla paikalla hyönteiset kolonisoivat tehokkaammin sammalia, joissa perifytonin biomassa oli suurempi. Tämän perusteella voidaan päätellä, että perifytonilla on iso merkitys useimpien pohjaeläinlajien esiintyvyyteen (Suren & Winterbourn, 1992). Varjoisalla paikalla puolestaan vain muutaman lajin tiheys oli suurempi sammalissa, joiden perifytonin ja detrituksen biomassat olivat suurempia. Varjoisilla paikoilla hyönteisten kolonisaatio ei siis ole yhtä riippuvaista detrituksen tai perifytonin biomassasta kuin valoisammilla paikoilla (Suren & Winterbourn, 1992).

3.1.1 Perifyton

Perifytonin määrä valoisalla paikalla on merkittävästi suurempi kuin varjoisalla paikalla, mikä on suoraa seurausta suuremmasta valon intensiteetistä (Suren, 1992). Intensiteetin ollessa suurempi fotosynteesin määrä lisääntyy, mistä seuraa suurempi perifytonin biomassa. Perifytonin ajallinen vaihtelu on kuitenkin Surenin (1992) mukaan suurempaa valoisalla paikalla. Tämä on seurausta erilaisesta yhteisörakenteesta valoisilla ja varjoisilla paikoilla. Valoisilla paikoilla dominoivat piilevät kiinnittyvät heikosti pohjaan ja sammaliin, ja ovat siksi herkempiä esimerkiksi virtauksen vaihteluille (Suren, 1992). Myös alhaisempi virtausnopeus saattaa selittää osan perifytonin vaihtelusta. Perifytonin ajallinen vaihtelu on kuitenkin suurinta valoisan paikan paljailla kivillä (Suren, 1992). Perifytonin biomassa on suurempi sammalkasvustoissa verrattuna paljaisiin kiviin, johtuen sammalkasvuston tarjoamasta suuremmasta pinta-alasta perifytonin kiinnittymiselle (Suren, 1992).

3.1.2 Detritus

Varjoisilla paikoilla on enemmän hyvin hienojakoista orgaanista materiaalia (VFPOM), mikä heijastelee metsäisten jokien suurempaa orgaanisen aineksen määrää (Suren, 1992). Sammaleet sisältävät enemmän orgaanista ainetta kuin paljaat kivet ja orgaanisen aineksen ajallinen vaihtelu on pienempää sammalilla kuin kivillä, lukuun ottamatta hienojakoista orgaanista materiaalia (FPOM) (Suren, 1992). Hankajalkaisten (Copepoda), polttiaisten (Ceratopogonidae) ja raakkuäyriäisten (Ostracoda) tiheydet olivat Surenin (1993) tutkimuksessa merkittävästi suurempia sammalten seassa, luultavasti siksi, että sammalikat sisälsivät enemmän detritusta.

Habdija ym. (2004) huomasivat, että virran voimakkuudella on merkitystä detrituksen laatuun ja määrään. Virtauksen ollessa pienempi sammaleet keräsivät enemmän karkeaa (CPOM) ja hienojakoista orgaanista ainesta (FPOM), kun taas suuremmassa virtauksessa erittäin hienojakoista orgaanista ainesta (UPOM) kerääntyy eniten. Suuremman virtauksen vaikutuksesta sammalmättäistä kasvaa paksumpia ja tiheämpiä, jolloin ne pystyvät keräämään enemmän hyvin hienojakoista UPOM:ia (Habdija ym., 2014). Habdija ym. (2004) huomasivat myös, että hyönteistiheys oli suurimmillaan, kun erittäin hienojakoista ainesta (UPOM) oli eniten.

Detrituksen laadulla on vaikutuksia myös selkärankaisten yhteisörakenteeseen (Habdija ym. 2004). Virtauksen ollessa suurempi merkittävä osa pohjaeläimistä on kerääjiä (collector-gatherer), jotka käyttävät ravintonaan hienojakoista (FPOM) ja erittäin hienojakoista orgaanista ainesta (UPOM). Kun virtaus on pienempi, suurempi osa pohjaeläimistä on kaapijoita (scraper) ja suodattajia/kerääjiä (collector/filterer) (Habdija ym., 2004). Sammalmätäs on silloin vähemmän tiivistä ja se on yleensä epifyyttien peitossa ja kerää myös sestonista orgaanista ainesta (sPOM), mikä on tärkeää ravintoa suodattajille (Habdija ym., 2004).

3.2 Sammaleet elinympäristönä

Virtavesiekosysteemit ovat erityisen alttiita häiriöille ja niissä esiintyvät häiriöt ovat usein ennalta-arvaamattomia (Huttunen ym., 2017). Sammaleet tarjoavat joissa eläville selkärangattomille vakaan kasvu- ja suojapaikan virtauksesta aiheutuvia häiriöitä vastaan ja siten vähentävät selkärangaton yhteisöjen ajallista vaihtelua. Runsassammalisten purojen yhteisöt ovat siis ajallisesti vakaampia, eli niiden ajallinen beta-diversiteetti on alhaisempi kuin vähäsammalisissa puroissa (Huttunen ym., 2017). Sammalmättäiden suojissa vesi myös pidättyy paremmin ja vaihtuu hitaammin, mikä suojaa selkärangattomia tulvia vastaan (Suren, 1991). Hyönteisten kolonisaatio on myös nopeampaa häiriöiden jälkeen runsassammalisissa puroissa niiden tarjoamien suojapaikkojen ansiosta (Korsu, 2004). Sammaleet antavat myös suojaa predaatiota vastaan (Goffinet & Vanderpoorten, 2009). Esimerkiksi monet kasvissyöjägeneralistit, kuten hanhet, käyttävät ravinnokseen mieluummin koppisiemenisiä kasveja kuin sammalia, koska sammaleiden kudokset sisältävät tietyn tyyppisiä kemiallisia yhdisteitä, jotka karkottavat kasvinsyöjiä (Goffinet & Vanderpoorten, 2009). Sammalkasvustoissa hyönteiset ovat siis paremmin suojassa predaatiolta verrattuna koppisiemenisiin kasveihin (Suren, 1991).

Suren ja Winterbourn (1992) huomasivat, että sammalten varsitiheydellä on vaikutusta hyönteistiheyteen varjoisilla paikoilla. Varsitiheyden alentuessa myös hyönteistiheys ja taksonien määrä vähentyivät (Suren & Winterbourn, 1992). Kuitenkaan sillä, kuinka paljon varsitiheys aleni, ei ollut suurtakaan merkitystä hyönteistiheyksiin (Suren & Winterbourn, 1992). Vaikuttaa siis siltä, että on olemassa kynnsarvo, jonka jälkeen varsitiheyden vähenemisellä ei ole suurta vaikutusta. Varsien tiheydellä ei ollut merkitystä perifytonin tai detrituksen määrään (Suren & Winterbourn, 1992). Perifytonin ja detrituksen määrällä

ei siis sinänsä ollut merkitystä alentuneeseen hyönteistiheyteen tässä tutkimuksessa, vaikka niitä yleisesti pidetäänkin tärkeimpinä vesihyönteisten tiheyksiä säätelevinä tekijöinä (Suren & Winterbourn, 1992).

Sammalet ovat myös tärkeitä pohjaeläimille munimispaikkana. Suren (1991) huomasi, että surviaissääsken (*Chironomidae*) toukkien yksilömäärät nousivat aikuisten käyttäessä sammalia munintapaikkana. Siivilöijävesiperhosten (*Hydropsyche*) toukat käyttävät sammalia pyydysverkkojensa tukena. Sammalpeitteen lisääntyminen lisääkin yleensä vesiperhosten dominanssia selkärangattomien yhteisössä (McAuliffe, 1983). Sammaleet voivat kuitenkin myös vähentää selkärangattomien diversiteettiä, vaikka yksilötiheys kasvaisikin. Sammalet tarjoavat vakaan elinympäristön, jolloin tietyt taksonit voivat päästä dominoimaan sammalikossa eläviä pohjaeläinyhteisöjä (Turunen ym., 2018). Sammaleet toimivat myös suojana hiekan negatiivisilta vaikutuksilta (Turunen ym., 2018). Sedimentin lisääntyminen joissa vähentää hyönteisten esiintymistä, mutta sammalet voivat osittain kumota sedimentin negatiivisen vaikutuksen selkärangattomien yhteisöihin (Turunen ym., 2020).

4. Sammalien merkitys korjaavassa ekologiassa

Ihmistoiminta aiheuttaa uhkaa virtavesiekosysteemeille. Padot ja metsien hävittäminen muokkaavat ympäristöä, mutta jo aiemmin maanviljely ja ihmisten liikkuminen ovat olleet tärkeitä ympäristöä muuttavia tekijöitä (Allan & Flecker, 1993).

Elinympäristöjen häviäminen ja pirstoutuminen ovat suurimmat uhat biodiversiteetille (Allan & Flecker, 1993). Jokien perkaaminen on suurin yksittäinen syy virtavesien elinympäristön pirstoutumiseen (Muotka & Laasonen, 2002). Esimerkiksi Suomessa tukinuittoa varten peratut joet ovat menettäneet osan luonnollisesta heterogeenisyydestään (Muotka & Laasonen, 2002). Tämän seurauksena elinympäristöstä tulee yksipuolisempi ja lajien diversiteetti pienenee. Myös metsätaloudella on negatiivisia vaikutuksia virtavesiekosysteemeihin. Esimerkiksi sedimentin lisääntyminen vähentää sammalten lajimäärää (Turunen ym., 2020). Sedimentaatiosta johtuen pohjamateriaalin raekoko pienenee, jolloin se on epävakaampi kasvualusta sammalille. Lisäksi pienet hiekanjyvät saattavat tukehduttaa sammaleita (Turunen ym., 2017). Etenkin soiden ojitus on yksi isoimmista syistä sammalten vähenemiseen (Turunen ym., 2020).

Viime vuosikymmeninä korjaavan ekologian suosio on noussut huomattavasti ja nykyään käytetään paljon resursseja muokattujen elinympäristöjen palauttamiseen luonnontilaan (Louhi ym., 2011). Sammalilla on suuri merkitys jokien korjaavassa ekologiassa eli kunnostuksessa, sillä ne tarjoavat kasvupaikan ja ravintoa monille vesissä eläville selkärangattomille (Muotka & Laasonen, 2002). Kun uomia palautetaan luonnontilaan, kärsivät sammaleet usein raskaalla kalustolla suoritetusta kunnostuksesta (Muotka & Laasonen, 2002). Sammalten määrä vähenee, mistä seuraa myös hyönteisten äkkinäinen väheneminen. Luonnontilaan palauttamisen jälkeen hyönteistiheydet sammalissa kuitenkin kasvavat (Korsu, 2004). Kunnostuksen jälkeen hyönteistiheydet sammalissa olivat korkeammat kuin paljaalla pohjalla, mikä tukee ajatusta siitä, että sammaleet tarjoavat suojaa pitkään häiriöiden jälkeenkin (Korsu, 2014).

Sammalien kasvu on hidasta ja niiden dispersaali kyky rajallista (Stream Bryophyte Group 1999), mistä johtuen niiden palautuminen häiriöiden jälkeen on hyvin hidasta. Muotka ja Laasonen (2002) huomasivat, että kunnostetut joet eivät palautuneet kolmen vuoden aikana luonnollisten jokien tasolle. Monet jokien selkärangattomista ovat riippuvaisia sammaleista ja niiden puuttuminen hidastaa yhteisön palautumista (Louhi ym., 2011).

Myös kunnostukseen käytetyillä menetelmillä on vaikutusta jokien palautumiseen (Turunen ym., 2017). Turunen ym. (2017) huomasivat, että puumateriaalien avulla kunnostettujen jokien pidätyskyky parani, mutta sammalien ei havaittu palautuvan. Kivimateriaalien avulla kunnostettujen jokien sammalyhteisöt kuitenkin paranivat huomattavasti paremmin, koska kiviaines tarjoaa puuta paremman ja vakaamman kiinnittymispinnan sammalille (Turunen ym., 2017).

Tulevaisuudessa jokien luonnontilaan palauttamisessa kannattaisi paremmin huomioida sammalten merkitys ja käyttää kevyempiä laitteita joen pohjan muokkauksessa sekä varmistaa, että sammaleet eivät tuhoudu kunnostustöiden yhteydessä (Muotka & Laasonen, 2002). Lisäksi tulisi käyttää sammalten siirtoistutuksia, jolloin sammaleet pystyisivät uudelleenkolonisoimaan kunnostetun alueen nopeammin. Näin koko ekosysteemin luonnontilaan palauttaminen olisi nopeampaa ja tehokkaampaa (Muotka & Laasonen, 2002).

5. Yhteenveto

Sammaleet ovat sopeutuneet elämään haastavissa olosuhteissa. Ne pystyvät sietämään vähävaloisia elinympäristöjä ja virtauksen aiheuttamia häiriöitä, kuten tulvia ja pohjamateriaalin muutoksia. Vedenpinnan muutokset aiheuttavat haasteita sammalkasvustolle vesirajan lähetyville luoden erityisen mikrohabitaatin semiakvaattisille sammalille, jotka ovat sopeutuneet sietämään sekä kuivia että ajoittain tulvan alle joutuvia olosuhteita.

Joen pohjan tasaisuus ja epävakaisuus vähentävät sammaleiden esiintyvyyttä ja heikentävät niiden menestystä. Tasainen pohja ei tarjoa hyviä kiinnittymispintoja sammaleiden kasvulle ja epävakaa pohja tuhoaa jo valmista sammalkasvustoa kivien kääntyessä.

Sammalilla on suuri vaikutus muiden puroeliöiden toimintaan. Erityisesti selkärangattomien esiintyvyyteen sammalilla on merkittävä vaikutus. Sammaleet keräävät hyönteisten ravintonaan käyttämää detritusta ja perifytonia enemmän kuin joenpohjamateriaali, minkä seurauksena hyönteistiheydet ovat korkeampia sammaleiden suojissa. Kasvupaikka vaikuttaa sammalten morfologiaan sekä niillä olevan perifytonin ja detrituksen määrään. Varjoisilla paikoilla orgaanista ainesta päätyy jokiin enemmän kuin valoisilla paikoilla, mutta koska sammalmätäs jää varjossa harvemmaksi, kerää se suhteessa vähemmän orgaanista ainesta kuin valoisilla paikoilla. Varjoisalla paikalla sammalilla kasvavan perifytonin määrä on myös pienempi.

Sammaleet tarjoavat selkärangattomille vakaan elinympäristön. Niiden suojissa virtaus on heikompaa ja ne antavat myös suojaa sedimentaatiota ja predaatiota vastaan. Runsassammalisissa paikoissa hyönteisten kolonisaatio häiriöiden jälkeen on nopeampaa, ja sammat voivatkin vähentää selkärangatonyhteisöjen ajallista vaihtelua.

Sammaleilla on merkittävä rooli jokiekosysteemien korjaavassa ekologiassa. Jokien kunnostustyöt aiheuttavat häiriöitä, joiden vaikutuksesta sammat saattavat irrota joen pohjasta, jolloin myös selkärangattomien määrä vähenee. Sammalien hidas kasvu ja huono dispersaalikyky hidastavat yhteisöjen palautumista, mikä heijastuu myös pohjaeläinyhteisöjen hitaana palautumisena kunnostuksen jälkeen. Tulevaisuudessa pitäisikin kehittää kunnostusprosesseja, jotka eivät tuhoaisi sammalkasvustoja ja näin myös vakauttaisivat selkärangatonyhteisöjä. Näin jokien palautumista luonnontilaan voitaisiin huomattavasti nopeuttaa.

6. Lähteet

- Allan, J. D. & Flecker, A.S. (1993). Biodiversity conservation in running waters: Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *BioScience*, 43: 32-43. doi:10.2307/1312104
- Englund, G. (1991). Effects of disturbance on stream moss and invertebrate community structure. *Journal of the North American Benthological Society*, 10(2), 143-153. doi:10.2307/1467574
- Goffinet, B. & Vanderpoorten, A. (2009). Introduction to bryophytes. Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511626838
- Habdija, I., Primc, B. Matoničkin K., & Kučinić, M., Radanović, I., Miliša, M., Mihaljević, Z. & Habdija, P. (2004). Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia* 59(5), 577–593.
- Huttunen, K., Mykrä, H., Oksanen, J., Astorga, A., Paavola, R. & Muotka, T. (2017). Habitat connectivity and in-stream vegetation control temporal variability of benthic invertebrate communities. *Scientific Reports*, 7(1) doi:10.1038/s41598-017-00550-9
- Hünken, A. & Mutz, M. (2007). Field studies on factors affecting very fine and ultra fine particulate organic matter deposition in low-gradient sand-bed streams. *Hydrological Processes*, 21(4), 525-533. doi:10.1002/hyp.6263
- Korsu, K. (2004). Response of benthic invertebrates to disturbance from stream restoration: The importance of bryophytes. *Hydrobiologia*, 523(1-3), 37-45. doi:10.1023/B:HYDR.0000033086.09499.86
- Louhi, P., Mykrä, H., Paavola, R., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. (2011). Twenty years of stream restoration in Finland: Little response by benthic macroinvertebrate communities. *Ecological Applications*, 21(6), 1950-1961. doi:10.1890/10-0591.1

- McAuliffe J.R. (1983). Competition, Colonization Patterns, and Disturbance in Stream Benthic Communities. Teoksessa: Barnes J.R., Minshall G.W. (eds) *Stream Ecology*, 137-156. Springer, Boston, MA. doi:10.1007/978-1-4613-3775-1_7
- Muotka, T. & Laasonen, P. (2002). Ecosystem recovery in restored headwater streams: The role of enhanced leaf retention. *Journal of Applied Ecology*, 39(1), 145-156. doi:10.1046/j.1365-2664.2002.00698.x
- Muotka, T. & Virtanen, R. (1995). The stream as a habitat templet for bryophytes: Species' distributions along gradients in disturbance and substratum heterogeneity. *Freshwater Biology*, 33(2), 141-160. doi:10.1111/j.1365-2427.1995.tb01156.x
- Slavik, K., Peterson, B. J., Deegan, L. A., Bowden, W. B., Hershey, A. E. & Hobbie, J. E. (2004). Long-term responses of the Kuparuk river ecosystem to phosphorus fertilization. *Ecology*, 85(4), 939-954. doi:10.1890/02-4039
- Stream Bryophyte Group (1999). Roles of bryophytes in stream ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, 18(2), 151-184. doi:10.2307/1468459
- Suren, A. M. (1991). Bryophytes as invertebrate habitat in two New Zealand alpine streams. *Freshwater Biology*, 26(3), 399-418. doi:10.1111/j.1365-2427.1991.tb01407.x
- Suren, A. M. (1992). Enhancement of invertebrate food resources by bryophytes in New Zealand alpine headwater streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 26(2), 229-239. doi:10.1080/00288330.1992.9516518
- Suren, A. (1993). Bryophytes and associated invertebrates in first-order alpine streams of Arthurs pass, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27(4), 479-494. doi:10.1080/00288330.1993.9516589
- Suren, A. M. & Winterbourn, M. J. (1992). The influence of periphyton, detritus and shelter on invertebrate colonization of aquatic bryophytes. *Freshwater Biology*, 27(3), 327-339. doi:10.1111/j.1365-2427.1992.tb00543.x
- Turunen, J., Aroviita, J., Marttila, H., Louhi, P., Laamanen, T., Tolkkinen, M., Muotka, T. (2017). Differential responses by stream and riparian biodiversity to in-stream restoration of forestry-impacted streams. *Journal of Applied Ecology*, 54(5), 1505-1514. doi:10.1111/1365-2664.12897

Turunen, J., Louhi, P., Mykrä, H., Aroviita, J., Putkonen, E., Huusko, A. & Muotka, T. (2018). Combined effects of local habitat, anthropogenic stress, and dispersal on stream ecosystems: A mesocosm experiment. *Ecological Applications*, 28(6), 1606-1615. doi:10.1002/eap.1762

Turunen, J., Muotka, T. & Aroviita, J. (2019). Aquatic bryophytes play a key role in sediment-stressed boreal headwater streams. *Hydrobiologia*, 847(2), 605-615. doi:10.1007/s10750-019-04124-w