

Ennallistamistoimien onnistuneisuus lähteiköillä
sammalyhteisöjen ja elinympäristön rakenteen näkökulmasta

Iina Eskelinen

Pro Gradu -tutkielma
Oulun yliopisto
Biologian tutkinto-ohjelma
Lokakuu 2021

Sisältö

1. Johdanto	5
2. Aineisto ja menetelmät	8
2.1. Vuoden 2009 tutkielman aineisto	8
2.1.2. Vuoden 2009 tutkielman aineiston valinta	9
2.1.3. Lähteikköalueiden rajaus ja taustamuuttujien mittaaminen vuoden 2009 tutkielmassa	9
2.1.4. Lähteikköalueiden luokittelu vuoden 2009 tutkielmassa	10
2.1.5. Kasvillisuusruutujen sijoittelu ja lajiston inventointi vuoden 2009 tutkielmassa ..	11
2.1.6. Vuoden 2009 tutkielman ennallistamistarvetarkastelu	12
2.2. Seuranta tutkimuksen aineisto	12
2.2.1. Aineiston karsinta ja luokittelu seuranta tutkimuksessa	12
2.2.2. Lähteikköalueiden rajaus ja taustamuuttujat seuranta tutkimuksessa	13
2.2.3. Kasvillisuuden inventointi seuranta tutkimuksessa	14
2.3. Maastomenetelmät	15
2.3.1 Koeasetelma.....	15
2.3.2 Inventointi ja mittaukset seuranta tutkimuksessa	16
2.3.3 Rakenteelliset muutokset ja ennallistettujen lähteikköalueiden tarkastelu	17
2.4. Tilastollinen testaus	17
3. Tulokset	18
3.1. Sammalten lajirunsaus	18
3.2. Sammalten peittävyys	19
3.3. Sammalten yhteisörakenne	21
3.4. Mitatut ympäristömuuttujat	23
3.2. Rakenteelliset muutokset elinympäristössä	23
3.2.1. Lohikeidas.....	24
3.2.2. Kauhalampi.....	24
3.2.3. Pimiäkorpi I	24
3.2.4. Pimiäkorpi II	25
4. Tulosten tarkastelu	25
4.1. Lähdesammalten vasteet ennallistamiseen	27
4.2. Lähteisiin kohdistuva ihmistoiminta	27
4.3. Seuranta tutkimuksen rajoitukset	27
4.4. Seuranta tutkimuksen onnistuneisuus	29
5. Johtopäätökset	30
5.1. Seurannan ja jatkotutkimuksen tarve ennallistetuilla lähteiköillä	31
Kiitokset.....	32
Kirjallisuus.....	33
<i>Liite 1: Lähteikköjen kuvaukset</i>	35
<i>Liite 2: Lähteillä tavatut lehti- ja maksasammalet</i>	59
<i>Liite 3: Lähdespesialistilajit</i>	61
<i>Liite 4: Kasvillisuusruudut lähteittäin</i>	62

TIIVISTELMÄ

Lähteet ovat pienvesistöihin kuuluvia avovetisistä allikoista, hetteköistä ja puroista muodostuvia mosaiikkimaisia ja pienipiirteisiä akvaattisten ja terrestristen habitaattien yhdistelmiä. Lähde-ekosysteemien ominaispiirre on kylmän pohjaveden jatkuva virtaus, joka mahdollistaa lähteiden rikkaan biodiversiteetin. Varsinkin lähteillä tavattava hyönteis- ja sammallajisto on omaleimaista ja monimuotoista. Lähteet ovat kärsineet merkittävästi erityisesti ojituksen, pohjaveden saastumisen ja metsätalouden vuoksi, eikä niiden suojelu ole riittävää tai kestäväällä tasolla. Lähteiden heikkoon tilaan on herätty vasta varsin hiljattain, eikä aiheesta ole vielä tehty kattavasti tutkimuksia. Vielä vähemmän on tutkittu lähteiden ennallistamista ja sen ekologisia vaikutuksia. Suomessa on ennallistettu yhteensä noin tuhat lähdeä vaihtelevin laajuuksin ja menetelmin. Tyypillisimmillään lähteen ennallistaminen pitää sisällään ojituksen patoamista tai täyttämistä lähteen luontaisen rakenteen, hydrologian ja tätä kautta lajiston palauttamiseksi. Tämä Pro gradu -tutkielma on seuranta tutkimus vuonna 2009 julkaistulle Ulla Haapaniemen (Jyväskylän yliopisto) Pro gradu -tutkielmalle *Ennallistamistarve lähteiköillä kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen näkökulmasta*. Seuranta tutkimuksessa toistettiin kahdelletoista Lauhanvuoren ja Kauhanevan-Pohjankankaan kansallispuistoon sekä Pohjankankaan ampuma-alueelle sijoittuvalle lähteelle vuonna 2008 perustettujen kasvillisuusruutujen inventointi sammalten osalta. Seuranta tutkimuksen lähteistä yhteensä neljä on ennallistettu ja kolmen ennallistamistoimet sijoittuvat vuosien 2008 ja 2020 inventointien väliin. Seuranta-aineiston pohjalta selvitettiin, olivatko ennallistettujen lähteiden sammalyhteisöt muuttuneet luonnontilaisemmiksi, olivatko luonnontilaisten lähteiden sammalyhteisöt pysyneet muuttumattomina ja olivatko muuttuneiden eli edelleen ihmisvaikutteisten lähteiden sammalyhteisöt taantuneet entisestään. Seuranta tutkimuksen perusteella ennallistetuilla lähteillä ei ollut tapahtunut merkittäviä sammalten yhteisötason muutoksia. Sen sijaan luonnontilaisten lähteiden lähdelajiston peittävyudet olivat alentuneet ja muuttuneiden lähteiden yleislajien peittävyudet olivat kasvaneet merkitsevästi. Seuranta tutkimuksen kompastuskiveksi koitui ennallistamistoimien vaikutusten seuraamisen kannalta kasvillisuusruutujen virheellinen asettelu. Kuitenkin lähteillä suoritetun rakenteellisen tarkastelun näkökulmasta lähteiden ennallistamistoimet olivat onnistuneet odotetulla tavalla ja seuraukset olivat positiivisia. Ihmistoiminnan ja erityisesti ennallistamistoimien vaikutuksia lähteisiin tulee jatkoa tutkia lisää.

ABSTRACT

Springs are a key ecotone of small water bodies between terrestrial and aquatic habitats that consists of a mosaic of spring pools, helocrenic surfaces and streams. The main feature of boreal spring ecosystems is a constant flow of thermally stable groundwater that provides steady circumstances for an exceptionally rich and unique groundwater dependent biodiversity of especially insects and bryophytes. Peatland drainage, groundwater pollution and forestry form a great threat to the state of springs and their protection is not on a sustainable level. Anthropogenic impact to spring ecosystems has been fractionally studied and we still miss essential information on response of aquatic organisms. Even less research has been done about spring habitat restoration. Typically the restoration of springs includes damming and filling of inflow ditches to restore their natural habitat structure, hydrology and eventually, ecology and biodiversity. This Master's thesis is a follow-up for Ulla Haapaniemi's Master's thesis (2009) *Need of restoration in springs based on vegetation community composition and environmental structures* (University of Jyväskylä). In this follow-up study I repeated the inventory of bryophytes from fixed quadrats established in 2008 on twelve springs located in Lauhanvuori and Kauhaneva-Pohjankangas national parks and Pohjankangas shooting range. Overall four of the springs have been restored, three of them between the inventories of 2008 and 2020. The aim of the performed analyses to the follow-up data was to find possible changes in the species composition of restored and human impacted springs and to see if the species composition of pristine springs stayed constant. In the results, there were no significant changes in the species composition of the restored springs and the species composition of human impacted springs has stayed constant. On the contrary, the abundance of specialist bryophytes has decreased significantly on pristine springs. This study doesn't give reliable results about the impacts of performed restorations, since as it turned out, the layout of the quadrats wasn't effective. However, based on a structural examination, all the targets that were set for these particular restorations were fulfilled and the results were positive. The impacts of anthropogenic disturbance and especially the ecological response of springs to restoration needs further research.

1. Johdanto

Hydrosfääri muodostuu kaikesta maapallon nestemäisestä, kiinteästä ja kaasuna esiintyvistä vedestä, joiden yhteenlaskettu kokonaismäärä on vakio. Vesivarannot ovat jatkuvassa liikkeessä virtausten, haihtumisen ja sadannan kautta. Suurin osa maapallon vedestä on merissä. Makean veden osuus kokonaisvesimäärästä on 2,53 %, josta osa on varastoituneena jäätiköihin ja ikiroutaan. (Shiklomanov & Rodda 2003) Makean veden pintavesivarannot muodostuvat järvistä, lammista, joista, puroista ja kosteikoista (Wetzel 2001).

Makeavetisten pohjavesivarantojen osuus maapallon kokonaisvesimäärästä on 0,76 %. Pohjavesivarannot ovat jakautuneet maapallolle epätasaisesti muun muassa sääolosuhteiden ja maankuoren geologisten muotojen vuoksi. Myös pohjavesivarannot ovat jatkuvassa liikkeessä ja ne purkautuvat sijaintinsa perusteella joko pintavesiin, lähteiden kautta maanpinnalle tai merten pohjista suoraan meriin. Maapallon pohjavesivarannoista suurin osa sijaitsee lähellä merenpintaa tai merenpinnan alapuolella, eikä sen kierto hydrosfäärissä ole yhtä aktiivista kuin lähempänä maanpintaa sijaitsevissa pohjavesivarannoissa. (Shiklomanov & Rodda 2003)

Ihmiskunta on täysin riippuvainen pohjavesivarantojen jatkuvuudesta ja pysyvyydestä ja niiden tarjoamista ekosysteemipalveluista. Pohjavesiekosysteemit varastoivat ja puhdistavat vettä, tuhoavat patogeenejä sekä ihmisperäisiä epäpuhtauksia ja saasteita, kierrättävät ravinteita ja minimoivat tulvien sekä kuivuuden haitallisia vaikutuksia. Näiden ominaisuuksien lisäksi pohjavesiekosysteemit toimivat ihmiskunnalle makean veden lähteenä. Maailmanlaajuisesti 20 % viljelysten kasteluvedestä, 40 % teollisuuden käytettävästä vedestä ja 33 % juomavedestä tulee juurikin pohjavesistä. Euroopassa pohjavesistä käytettävän juomaveden osuus on vielä globaalia tasoa korkeampi, 75 %. (Griebler & Avramov 2015)

Maan pintakerrokseen tai suoraan pinnalle yhteydessä olevat pohjavesivarannot ja niiden purkautumispisteet muodostavat monenlaisia ekosysteemejä, kuten kosteikkoja, jokia ja lähteitä (Kløve ym. 2011; Kløve ym. 2014). Lähteet ovat paikkoja, joissa vettä läpäisevän ja läpäisemättömän maakerroksen rajapinnassa purkautuu pohjavettä maan pinnalle (Raatikainen 1989; Aapala ym. 2013). Borealisilla alueilla lähteet sijaitsevat tyypillisimmillään harjujen ja moreenimaiden juurilla maaston taitekohtia mukaillen, mutta niitä esiintyy myös soilla kaukanakin kivinäismaista. Näin on erityisesti Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa, missä pohjavesialueet ovat tyypillisesti sidoksissa soihin ja soistumiin (Aapala ym. 2013). Pohjaveden purkautumistavan perusteella lähteet voidaan jakaa lähteen purkautumispaikasta alkunsa saaviin purolähteisiin eli reokreeneihin, vaihtelevan kokoisia altaita muodostaviin allikkolähteisiin eli limnokreeneihin ja eri paksuisia sekä -kovuisia hetteikkö- ja tihkupintoja muodostaviin hetteikkölähteisiin eli helokreeneihin (Raatikainen 1989; Kontula & Raunio 2018). Lähteet voivat olla pieniä ja muodostaa suppea-alaisia habitaatteja, tai epäselvästi rajautuvia laajojen lähdepintojen ja erilaisten purkautumistapojen muodostamia kokonaisuuksia, lähteikköjä (Ulvinen 1955; Juutinen 2007).

Lähteet jakautuvat sijaintiensa perusteella epätasaisesti eri maakuntiin. Kartoitetuista lähteistä lähes kolmasosa sijaitsee Lapissa, kun taas Keski-Pohjanmaalla niitä on vain hieman yli sata. Lapin jälkeen runsaslähteisimpiä maakuntia ovat Pohjois-Savo, Keski-Suomi ja Pohjois-Karjala. Kussakin näissä maakunnissa sijaitsee muutama tuhat kartalle merkittävä lähde (Ala-aho ym. 2014). Vesikemialtaan, ravinteisuudeltaan ja lämpötilaltaan stabiilin kylmän veden jatkuva virtaus on maanpinnalle purkautuvien lähteiden ominaispiirre (Lehosmaa ym. 2008), joka onkin edellytys lähteiden ja niihin sidoksissa olevien ekosysteemien rikkaalle biodiversiteetille (Orellana ym. 2012; Kløve ym. 2014). Lähteet ovat pohja- ja pintaveden sekä akvaattisten ja terrestristen habitaattien yhdistelmiä (Ward & Tockner 2001; Cantonati ym. 2012; Lehosmaa ym. 2018), joissa tapahtuu runsaasti energiavirtausta ja ravinteiden kiertoa vesi- ja maaekosysteemien välillä ja myös niiden mikrobi-, kasvi- sekä eläinlajistot ovat usein riippuvaisia toisistaan (Wetzel 2001). Lähdehabitaateilla elää omaleimainen planktonlevästä ja

eläimistö (Airaksinen & Karttunen 2011) sekä pohjaveden jatkuvasta virtauksesta täysin riippuvainen hyönteis- ja kasvilajisto (Jyväsjärvi ym., 2018).

Pohjoisten lähteiden vallitseva kasviryhmä ovat sammalet, joihin kuuluu monia pohjavesiriippuvaisia lajeja (Lehosmaa ym., 2017 a). Lähteet ovatkin yksi sammalten kuudestatoista globaalisti merkittävästä elinympäristöstä (Hallingbäck & Hodgetts 2000; Vitt & Wieder 2009; Juutinen 2011). Lähdevaikutteisia habitaatteja suosivia sammallajeja ovat mm. purosuikerosammal (*Brachythecium rivulare*), hetehiirensammal (*Bryum weigelii*), isonäkingsammal (*Fontinalis antipyretica*), hetealvesammal (*Chiloscyphus polyanthos*) ja lettolehväsammal (*Rhizomnium pseudopunctatum*) (Eurola ym. 2015 b). Osa lähteiden sammallajeista on reliktejä eli jäänteitä jääkautta edeltäneeltä ajanjaksolta, kuten lähteillä tavattavat harsosammal (*Trichocolea tomentella*) ja poimulehväsammal (*Plagiomnium undulatum*) (Ulvinen ym. 2002). Lähteiden biologiseen luokitteluun käytetään usein sammalia, jotka kertovat lähdevaikutteisuuden ilmenemisen lisäksi yksiselitteisesti lähteiden trofiatasosta ja esimerkiksi kalkkivaikutuksesta. (Eurola ym. 2015 b) Oman lähderyhmänsä muodostavatkin kalkkimaiden huurresammallähteiköt, joiden luontotyyppi koostuu täysin uniikista kasvilajistosta (Kontula & Raunio 2018).

Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan on merkitty noin 32000 lähettä todellisen lähteiden määrän ollessa vielä tätä runsaampi (Lehosmaa ym. 2018). Luontotyyppinä lähteet on arvioitu ihmistoiminnan seurauksena Etelä-Suomessa erittäin uhanalaisiksi ja muualla maassa vaarantuneiksi. Lähteiden uhanalaistumisen suurimpia syitä Suomessa ovat ojitukset, metsätalous, purojen oikaisut ja perkaustoimet, rakentaminen, pohjavedenotto, pellonraivaus ja kaivannaistoiminta (Kontula & Raunio 2018). Ihmistoiminnasta johtuva pohjaveden saastuminen ja ojitukset ovat lähteiden heikentyneen yleistilan suurimmat syyt (Lehosmaa 2018). Metsätalouden edun nimissä puiden kasvun nopeuttamiseksi on Suomessa suoritettu mittavia metsien ja soiden ojituksia etenkin 1970- ja 1980-luvuilla aina vuoteen 1997 asti ja edelleen jo olemassa olevien ojaverkostojen kunnostusohjelma on sallittua (Lehosmaa ym. 2018). Nykyisestä Suomen 8,7 miljoonan hehtaarin suopinta-alasta on ojitettu 4,7 miljoonaa hehtaaria (Metsähallitus 2020). Myös talouskäyttöinen pohjavedenotto on yksi lähteiden tilaa heikentävä tekijä (Suomen ympäristökeskus 2020). Pinta-alaltaan pohjavesialueista 75 % on merkitty vedenottoalueiksi tai vedenottoon soveltuviksi (Aapala ym. 2013). Liiallinen pohjavedenotto, ojitukset ja turvetuotanto aiheuttavat pohjaveden pinnan laskua, mikä voi johtaa lähteiden ja lähteikköjen kuivumiseen (Korkka-Niemi ja Salonen 1996; Britschgi ym. 2009; Joensuu ym. 2010; Kittinen 2013). Myös ilmastonmuutoksella voi olla tulevaisuudessa tuhoisia seurauksia pohjavesiriippuvaisiin ekosysteemeihin (Kløve ym. 2013; Jyväsjärvi ym. 2015), sillä jo pienikin lähdeveden keskilämpötilan nousu voi aiheuttaa lähdespesialistilajien sukupuuttoja (Jyväsjärvi ym. 2015).

Makean veden ekosysteemit ovat globaalilla tasolla yksiä vaarantuneimpia ekosysteemejä, mutta ihmisen elinkeinoelämän ja talouskasvun edun vuoksi ne jäävät helposti EU:n alueella suojelutoimien ulkopuolelle (BioFresh 2015). Myös pohjavesien tilaan ja suojelutarpeeseen on herätty vasta suhteellisen hiljattain, mutta niiden osakseen saama huomio on ollut edelleen vähäistä (Kløve ym. 2014). Erityisesti juuri pienvedet ovat usein kaltoin kohdeltuja ja osin unohdettuja. Luonnontilaisten ja luonnontilaisen kaltaisten lähteiden vaarantaminen on kielletty metsälaissa (Lehosmaa 2018), mutta nykyisin luonnontilaisiksi luokiteltavat ja siten suojelun piiriin kuuluvat lähteet ovat harvassa; vuosikymmeniä kestäneiden voimakkaiden ihmistoimien seurauksena esimerkiksi Etelä-Suomen lähteistä enää vain 1 % on arvioitu luonnontilaisiksi ja 9 % luonnontilaisen kaltaisiksi (Kontula & Raunio 2018).

Ihmistoiminnan ilmeneminen ja sen vaikutukset lähdehabitaatteihin ja niillä elävään lajistoon ovat moninaisia. Erityisesti suoraan lähteikköjen lävitse kaivetut ojat aiheuttavat merkittävä tuhoa ja lähteet ovat tämän seurauksena voineet kadota kokonaan tai kärsiä ojituksesta

huomattavasti. Tällöin lähdelajistoa voi toisinaan esiintyä enää vain niukasti ojien pohjilla. Lähteikköjen rakenteelliset muutokset, kuten hetepintojen kuivuminen ja lähdevaikutteisen pinta-alan kaventuminen ovat usein selkeästi havaittavia heikentymisen merkkejä. (Aapala ym. 2013) Lähteen tilan etenkin äkillisen heikkenemisen yksi selkeimmistä indikaattoreista on niin peittävydeltään kuin lajimääriltään harvenevat lähderiippuvaset sammaleet. Kuitenkaan pelkkä ihmisvaikutuksen lakkaaminen, kuten ojitamisen ja ojien kunnostuksen lopettaminen, ei välttämättä johda pitkälläkään aikavälillä lähderiippuvaisten sammalyhteisöjen palautumiseen luonnontilaiselle tasolle, vaan päinvastoin voi johtaa erityisesti jo valmiiksi harvinaisten lajien kohdalla sukupuuttoon. Tästä syystä lähteillä tarvitaan ennallistamistoimia, jotta niiden tila saataisiin palautettua niin rakenteeltaan kuin lajistoltaankin luonnontilaisen kaltaiseksi. (Lehosmaa ym. 2017 a)

Lähteiden ennallistamistoimiin kuuluu tyypillisesti lähteestä riippuen vedenottorakennelmien, kuten patojen ja putkien purkamista, ojituksen täyttämistä tai patoamista ja lähteen vedenpinnan nostoa esimerkiksi pohjapatojen avulla (Lehosmaa ym. 2017 b). Etenkin lähteissä ojissa saattaa esiintyä hyvinkin edustavaa ja monipuolista lähdelajistoa, jonka säilyttämiseen tulisi tapauskohtaisesti pyrkiä ennallistamistoimissa (Juutinen & Kotiaho 2009). Lähteet ovat usein toisistaan erillään sijaitsevia biodiversiteetin hotspoteja ja jos koko lähteen tunnusomainen lajisto tuhoutuu, voi näiden lajien palautuminen takaisin samalle paikalle kestää vuosikymmeniä tai olla jopa mahdotonta, jos muita esiintymiä ei lähialueilla ole (Lehosmaa ym. 2017 a). Tällainen huono dispersoija on esimerkiksi yksinomaan versonkappaleiden avulla leviävä lähteissä korvissa ja puronvarsilla tavattava harsosammal (Ulvinen ym. 2002).

Oman pulmansa muodostavat ne lähteet ja lähteiköt, jotka sijaitsevat ennallistettavilla soilla. Tällöin ennallistamistoimien vaikutus lähteeseen on huomioitava jo kunnostusta suunniteltaessa. Soilla sijaitsevat lähteet voivat olla karun suon keskellä sijaitsevia selkeästi erottuvia vesimuodostumia tai ympäröiviin suotyyppeihin epäselvästi sekoittuvia tihkupintoja. Ojituksen seurauksena vahingoittuneet tai kadonneet lähteet voivat erottua soilla tyypillisesti painanteina tai ojien pohjilla kuivanakin aikana virtaavana vetenä. (Aapala ym. 2013) Soiden lähdevaikutteiset alueet voi usein tunnistaa lähderiippuvasen sammallajiston perusteella (Juutinen 2007).

Erottamalla ojat lähteestä saadaan estettyä oja pitkin virtaavan pintaveden sekoittuminen lähteen pohjaveteen, jolloin lähteen hydrologia palautuu ja lämpötila vakautuu. Ennallistamistoimilla on myös lähteen pinta-alaa ja etenkin lähteille luontaisia tihku- ja hetepintoja laajentava vaikutus. (Lehosmaa ym. 2017 b) Koska lähdehabitaattien yleisesti heikkoon tilaan on herätty vasta hiljattain, ei ennallistettujen lähteiden tilan muutoksista ole olemassa tarkkaa seurantatietoa tai -käytäntöjä (Ilmonen ym. 2010), vaikkakin Suomessa on ennallistettu vuoteen 2015 mennessä yli 1000 lähdetä (Lehosmaa ym. 2016). Jo toteutetuissa seurantatutkimuksissa on kuitenkin havaittu muutamien vuosien seurantajaksoilla pohjaeläinyhteisöjen palautumista luonnontilaisen kaltaiseksi ja lähdesammalten runsastumista (Lehosmaa 2018). Ennallistamistoimille asetettujen tavoitteiden saavuttamisen arvioimiseksi on tärkeää, että ennallistuskohdeilla suoritetaan niin lajistaselvitys ennen ennallistamistoimia kuin myös kunnollinen seuranta (Ennallistamistyöryhmä 2003; Ilmonen ym. 2010).

Kokonaisuudessaan, kuten edellä on mainittu, ihmistoiminnan ja etenkin ennallistamisen vaikutuksia lähdehabitaatteihin on tutkittu verrattain varsin vähän. Juutisen (2007) pitkäaikaisseurantana toteutetussa Pro gradu -tutkielmassa on selvitetty lähteikköjen luonnontilan ja sammallajiston muutoksia Salpausselällä aikavälillä 1953–2006. Tällä aikavälillä lähteiden luonnontilan havaittiin heikentyneen pääasiassa ojituksen vuoksi sekä lähdelajien määrän ja sammalten peittävyksien laskeneen. 22 % seurantatutkimuksen lähteistä oli tuhoutunut täysin seurantakertojen välillä. Tutkimuksessa kuitenkin tehtiin myös havainto

sammalyhteisöjen samankaltaisuudesta luonnontilaltaan erilaisten lähteiden välillä. Ilmosen ym. (2012) selkärangattomien ja sammalten vastetta lähdehabitaattien tilan muutoksiin selvittäneessä tutkimuksessa havaittiin, että sammalyhteisöt ovat verrattain samankaltaiset luonnontilaisilla ja muuttuneilla lähteillä kaikista vakavimmin kärsineitä lähteitä lukuunottamatta. Sammalten lajirunsaus oli kuitenkin vähäisempää muuttuneilla kuin luonnontilaisilla lähteillä. Ihmistoiminnan vaikutusta sammalyhteisöihin on tutkittu Heimon ym. (2005) ajanjakson 1986–2000 ja Lehosmaan ym. (2017 a) ajanjakson 1987–2015 seurantatutkimuksissa. Myös Heimon ym. (2005) tutkimuksessa ojituksen, vedenoton ja metsätalouden havaittiin johtaneen spesialistilajien vähenemiseen. Lehosmaan ym. (2017 a) tutkimuksessa havaittiin ojituksesta kärsineillä lähteillä niin spesialisti- kuin generalistilajien vähenemistä ja erityisesti jälkimmäisen lajiryhmän kohdalla muutos tapahtui pitkällä aikavälillä, kun taas spesialistilajien kato oli äkillinen. Myös spesialistilajien yhteisökoostumuksissa havaittiin tässä yhteydessä hidasta heikkenemistä. Samassa linjassa olevia tuloksia saatiin myös Lehosmaan ym. (2018) ojituksen ja pohjaveden saastumisen vaikutuksia lähteiden ekosysteemeihin selvittäneessä tutkimuksessa, jossa niin ikään havaittiin lähdespecialistien lajimäärän laskua, mutta sen sijaan generalistilajien kohdalla muutosta ei tapahtunut. Puhtaasti ennallistamisen vaikutuksia lähteiden biodiversiteettiin ja ekosysteemitointoihin on tutkittu Lehosmaan ym. (2017 b) toimesta. Tuloksien mukaan ennallistettujen lähteiden hydrologiassa ja lähdehabitaattien yleisessä laadussa usealla ympäristömuuttujalla mitattuna havaittiin selkeää paranemista, mutta vastetta ei havaittu lähteiden lajistossa. Tähän oli kuitenkin todennäköisesti syynä ennallistamisesta kulunut verrattain lyhyt aika (Lehosmaa ym. 2017 b).

Tässä Pro Gradu -tutkielmassa selvitettiin lähteillä suoritettujen ennallistamistoimien vaikutusta sammalyhteisöihin kiinteiden kasvillisuusruutujen kautta toteutetun seurantatutkimuksen avulla sekä tarkasteltiin ennallistamistoimien onnistuneisuutta. Tutkimus oli jatkoa vuonna 2009 julkaistulle Ulla Haapaniemen Pro Gradu -tutkielmalle *Ennallistamistarve lähteiköillä kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen näkökulmasta* sekä Ulla Haapaniemen, Riikka Juutisen ja Janne Kotiahon julkaisulle *Lähteikköjen ennallistamistarve – kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen tarkastelu*. Tuolloin perustettiin kolmellekymmenelle lähteikölle kiinteät kasvillisuusruudut ja arvioitiin lähteiden ennallistamistarpeita ja –mahdollisuuksia. Näiden kasvillisuusruutujen sammalten inventointi toistettiin vuonna 2020. Seurantatutkimuksen ensimmäinen (i) hypoteesi on, että ennallistettujen lähteiden lähteisyyttä suosivat ja lähderiippuvalaiset sammalet ovat siirtyneet lähemmäs luonnontilaisten lähteiden sammalyhteisöjen tasoa. Toisekseen (ii) edelleen kulttuurivaikutteisten eli muuttuneeksi luokiteltujen lähteiden lähteisyyttä suosivat ja lähderiippuvalaiset sammalyhteisöt ovat edelleen taantuneet. Kolmanneksi (iii) luonnontilaisten lähteiden tila on niiden sammalyhteisöjen perusteella pysynyt muuttumattomana.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Vuoden 2009 tutkielman aineisto

Ulla Haapaniemi on toteuttanut vuosina 2008–2009 Riikka Juutisen avustuksella Pro gradu -tutkielman *Ennallistamistarve lähteiköillä kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen näkökulmasta*, jonka yhteydessä tehdyt maastotyöt suoritettiin vuonna 2008 ja tulosten julkaisu vuonna 2009. Haapaniemen tutkimuksen menetelmiä ja tuloksia käytettiin lähtötilanteena vuosina 2020–2021 toteutetulle seurantatutkimukselle, jonka maastotyöt suoritettiin vuonna 2020. Haapaniemen tutkimuksessa on selvitetty lähteikköjen ennallistamistarvetta niiden kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen kautta. Tutkimuksessa on ollut mukana 30 Pohjankankaan ja Hämeenkanneen harjualueilla sekä Lauhanvuoren ja Kauhannevan-Pohjankankaan kansallispuistoissa Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan eliömaakunnassa

sijaitsevaa lähdettä. Yksi lähteistä sijaitsee lisäksi Etelä-Hämeen eliömaakunnassa. Lähteille on perustettu vuonna 2008 kiinteitä kasvillisuusruutuja, joilta on inventoitu Ulla Haapaniemen ja Riikka Juutisen toimesta lähteikköjen lehtisammal-, maksasammal- ja putkilokasvilajisto. Vuonna 2008 Riikka Juutisen avustuksella toteutetun kasvillisuusinventoinnin lisäksi lähteiltä on mitattu useita ympäristömuuttujia. Lähteistä on kirjoitettu Haapaniemen Pro gradu -tutkielman liitteeksi kattavat kuvaukset. Tutkimuksen tuloksia on käyty läpi Metsähallituksen vuonna 2010 ilmestyneessä raportissa *Lähteikköjen ennallistamistarve – kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen tarkastelu*. Samaisilla tutkimuskohteilla toteutettiin vuonna 2008 hyönteisselvitys, jonka tulokset on julkaistu Metsähallituksen raportissa vuonna 2010 *Lähteikköjen ennallistamistarve –hyönteislajiston tarkastelu ja koko hankkeen yhteenveto*.

2.1.2. Vuoden 2009 tutkielman aineiston valinta

Lähteiden valintaan on vuonna 2008 vaikuttanut useampi tekijä. Lähteistä 10 on ollut Metsähallituksen suunnittelijoiden osoittamaa ja loput 20 Metsähallituksen kuviotietojen (SutiGis, luontotyyppi-inventointi) sekä karttatarkastelun perusteella valittuja. Tällöin lähteet on valintaprosessin helpottamiseksi jaettu luonnontilaisiin, hieman muuttuneisiin ja paljon muuttuneisiin kohteisiin. Lopullinen lähteiden valinta on suoritettu maastossa. Lähteikköjen keskinäisen riippumattomuuden takaamiseksi tutkimukseen on valittu sellaisia kohteita, joiden etäisyys toisistaan on ollut vähintään 300 metriä ja jotka eivät ole olleet ojen tai purojen kautta yhteydessä toisiinsa. (Haapaniemi 2009)

Alkuperäisen koeasetelman otoksessa ei olla pystytty huomioimaan lähdeyyppien erilaista kirjoa lähteiden valinnan satunnaistamattomuuden ja käytetyn valintamenettelyn vuoksi. Yksi merkittävästi lähteiden valintaan vaikuttanut tekijä on ollut taustalla oleva ennallistamisintressi, jonka vuoksi mahdollinen lähdejoukko on ollut jo valmiiksi rajattu. Luontotyyppi-inventoinnissa Natura 2000 –luontotyyppiin *Lähteet ja lähdesuot* määritettyjen lähteiden ja kartoille merkittyjen lähteiden joukosta valinnan kohteeksi on päätynt useita isoja allikkolähteitä. Nämä ovat muodostaneet suuren osan vuoden 2008 tutkimuksen kohteista. Kaikista kärsineimmät lähteet ovat jääneet tutkimuksen kannalta tavoittamatta, sillä niitä ei olla katsottu oleelliseksi ottaa huomioon luontotyyppi-inventoinnissa ja ne ovat olleet vaikeasti tunnistettavia. (Haapaniemi 2009) Samasta syystä kokonaan tihkupintaiset kohteet ovat jääneet tutkimuksen ulkopuolelle, vaikka juuri näiden lähteiden ennallistamistarve on saattanut olla huomattavasti heikentyneen luonnontilan vuoksi kaikista suurin (Heino ym. 2005; Haapaniemi 2009).

2.1.3. Lähteikköalueiden rajaaminen ja taustamuuttujien mittaaminen vuoden 2009 tutkielmassa

Haapaniemen vuoden 2009 Pro gradu -tutkielmassa lähteet on rajattu kartalle veden virtaussuuntien ja lähdesammalten esiintymisalueiden perusteella. Näin määritettyihin lähteisiin yhtyvät eri suunnasta vettä tuovat ojat on rajattu lähteikköjen ulkopuolelle, vaikka ne olisivatkin sammallajistonsa puolesta lähdevaikutteisia. Pitkien lähdeojien kohdalla lähteiseksi on merkitty se osuus, joka on tuolloin ehditty käymään läpi.

Lähteiden pinta-ala on jaoteltu hetepintaan, allikkoon, puroon ja ojaan. Hetepinnaksi on määritelty maanpinnalle purkautuneen pohjaveden vaikutuksenalainen enemmän tai vähemmän vetinen maa-ala, jolla on esiintynyt lähteisyyttä ilmentävää putkilokasvi- ja sammallajistoa. Seisovan pohjaveden täyttämien altaiden vesialueet on laskettu kuuluvaksi allikkoihin. Tähän on liitetty myös kaivetut lähdelammet. Puroon on jaoteltu virtaavan veden

alueet ilman uomien penkkoja. Lähdeojien pinta-ala on laskettu vesipinnan tai lähdesamalla lten peittävyuden perusteella. (Haapaniemi 2009)

Pienialaisten ja selvärajaisten lähteikköosien kohdalla lähteisen alueen pinta-ala on arvioitu maastossa silmämääräisesti, askelmitalla tai rullamitan avulla. Laajempien alueiden kohdalla on lisäksi käytetty apuna sekä karttoja että GPS-laitteen piirtämää jälkeä lähteikön rajaamiseksi ja pinta-alan määrittämiseksi. Vuoden 2009 Pro gradu -tutkielmassa on todettu, että arviointi on ollut epätarkointa rikkonaisten ja epäsäännöllisten lähdepintojen kohdalla. Haasteita ovat Haapaniemen (2009) mukaan aiheuttaneet esimerkiksi rämemättäiden ja tihkupintojen muodostamat mosaiikit. Tämä on johtanut väistämättä subjektiivisen arvioinnin osuuden kasvuun, vaikka pinta-alan arvioinnissa ja laskemisessa on tähdätty tieteelliseen tarkkuuteen.

Kohteilta on pinta-alan lisäksi Haapaniemen vuoden 2009 Pro gradu -tutkielmassa mitattu muita eri luonnontilaisuusluokkiin kuuluvien lähteiden välillä verrattavia muuttujia. Lähteet on tyypitelty Eurolan ym. (1995 a) mukaan lähteikköihin ja lähdesoihin. Tyypittelyssä on lisäksi ollut mukana Juutisen & Kotiahon (2009) käyttämä kolmas tyyppi, lähdeoja. Inventoinnissa esiin tulleen vallitsevan sammallajiston Eurolan ym. (1995 a) mukaisen ravinteisuuden ilmentävyyden perusteella on määritetty lähdealueiden trofiataso. Eurolan ym. (1995 a) avulla on määritelty myös soilla sijainneiden lähdealueiden suotyyppi. Lähteikköjen vaihtelevuus huomioiden kohteiden puuston pohjapinta-ala on arvioitu yhdestä kolmeen relaskooppikoealalta, mikä on antanut tietoa puuston määrästä ja puulajijakaumasta. Laajojen lähteikköalueiden pohjapinta-alat on painotettu eri lähdepintojen pinta-aloilla relaskooppikoealojen mukaan. Kohteiden puuston ja pensaskerroksen lajistoa, ikää ja runsautta on kuvattu myös sanallisesti. (Haapaniemi 2009)

Kasvillisuusruutujen inventoinnin yhteydessä on määritetty jokaisen ruudun pohjamateriaalit ja niiden prosentuaaliset osuudet. Pohjamateriaaleiksi on luettu hiekka, turve, lahoppu, karike, humus, kivi, muta, sora ja multa ja siihen on tulkittu kuuluvaksi kasvillisuuden välitön kasvualusta. Ruuduilta määriteltiin lähdepinnan osuus, mihin on laskettu kuuluvaksi maa-alat, joilla on lähdelajistoa, tai alueet, joilla on pohjavettä ja jotka ovat välipintaisia. Samoin mätäspinnat laskettiin lähdepinnaksi, mikäli niillä kasvoi lähdelajistoa. Kangas- tai suomättäitä ei olla huomioitu lähdepinnaksi.

Pohjamateriaalin ja lähdepinnan lisäksi jokaiselta ruudulta on määritetty silmämääräisesti latvuspeittävyys, eli kuinka monta prosenttia yli 1,5 metriä korkeat puut ja pensaat ovat peittäneet. Kohteilta mitattuja fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ovat olleet veden pH, sähköjohtokyky, alkaliniteetti, väri ja kokonaisfosfori. Näistä kaksi ensimmäistä on mitattu maastossa kenttämittarin avulla ja kolmesta jälkimmäisestä on teetetty analyysit. Myös veden lämpötila on käyty mitaamassa kesän aikana viidesti jokaiselta lähdealueelta. (Haapaniemi 2009)

2.1.4. Lähteikköalueiden luokittelu vuoden 2009 tutkielmassa

Lähteet on niiden rakenteen, puuston, lahoppuun määrän ja ihmistoiminnan vaikutusten perusteella jaoteltu Juutisen & Kotiahon (2009) määrittelemiin luonnontilaluokkiin ennallistamistarpeen arvioinnin tukemiseksi. Luokituksesta otettiin tässä tutkimuksessa mukaan luokat 1. Täysin luonnontilainen, 2. Jokseenkin luonnontilainen, 3. Jokseenkin kulttuurivaikutteinen ja 4. Täysin kulttuurivaikutteinen. 5. Tuhoutunut -luokka jätettiin tässä tutkimuksessa käyttämättä, sillä tutkimuksen lähteistä yksikään ei ollut täysin tuhoutunut. (Haapaniemi 2009)

2.1.5. Kasvillisuusruutujen sijoittelu ja lajiston inventointi vuoden 2009 tutkielmassa

Jokaiselle lähteikölle on vuonna 2008 perustettu yhden neliömetrin kokoisia kasvillisuusruutuja, jotka on tuolloin merkitty pysyvästi maastoon ruutujen vastakkaisiin kulmiin sijoitetuilla ilmastointiputkesta sahatuilla muovitolpilla. Jokainen ruutu on numeroitu ja kunkin ruudun numerosarja on merkattu putkiin sekä permanenttitussilla, että putkien sisään asetetuilla laminoituilla etiketeillä. Metsähallituksella on vuonna 2008 ollut samaan ennallistamisprojektiin liittyen käynnissä lähteikköjen semiakvaattisen sääskilajiston (*Nematocera*) inventointi ja kasvillisuusruudut on pyritty sijoittamaan hyönteisinventoinnin Malaise-pyydysten läheisyyteen. Malaise-pyydyksiä on sijoitettu yksi jokaiselle lähteelle, mutta pyydysten sijaintia ei tuolloin vakioitu. Maastossa tehtyjen havaintojen perusteella ruutuja ollaan paikoitellen sijoitettu myös kauemmas pyydyksistä, mikäli esimerkiksi alunperin pelkäksi lähdeojaksi luullulta kohteelta onkin löytynyt myös kauempana sijaitsevaa tihkupintaa. (Haapaniemi 2009)

Kasvillisuusruutujen määrä jokaista lähdettä kohden on vuonna 2008 vakioitu. Ruuduista kymmenen on sijoitettu hete- ja/tai allikkopinnoille korkeintaan 1/16 hehtaarin alueelle satunnaistamalla. Apuna on käytetty sopivalle välille arvottuja satunnaislukutaulukon lukuja siten, että yhden ruudun paikka on määräytynyt kahden luvun avulla x- ja y-akselilla. Huomattavan pienialaisilla kohteilla näitä ruutuja ei olla satunnaistettu, vaan ne on sijoitettu hete-allikkoalalle siten, että kaikki kymmenen tutkimusruutua on saatu mahtumaan kohteelle. Mikäli hete-allikkopinta ei ole ollut yhtenäinen alue, vaan se on jakautunut erillisiin osiin, on ruudut haettu näiden osioiden kesken niiden pinta-alan mukaan suhteuttamalla ja satunnaistaminen on suoritettu osiokohtaisesti. Ojiin on perustettu systemaattisesti kuusi kasvillisuusruutua kymmenen metrin etäisyydelle toisistaan. Lyhyiden ojien kohdalla ruudut on perustettu viidesosan välein. Ensimmäinen ojaruutu on perustettu lähteen ojan alkupisteeseen, tai jos sellaista ei ole ollut löydettävissä, valitusta kohdasta subjektiivisesti arpomalla. Leveämmät ojat on pyritty satunnaistamaan myös leveys suunnassa. Ojaruudut on muutamia lähteitä lukuun ottamatta perustettu kullakin kohteella samaan ojaan. Puroihin on sijoitettu samoin periaattein kuusi kasvillisuusruutua. Mikäli kohteella on ollut tihkupinnan tai allikon lisäksi sekä puro että oja, on tutkimusruutuja inventoitu yhteensä 22. Jos jokin näistä tyypittelyistä puuttui kohteelta, on ruutuja inventoitu vähemmän.

Lehti- ja maksasammallajisto sekä putkilokasvilajisto on inventoitu vuonna 2008 kultakin ruudulta suhteellisina peittävyysinä yhden prosenttiyksikön tarkkuudella. Peittävyden oltua alle 1 % on käytetty 0,1 % tarkkuutta ja lisäksi huomattavan niukoille lajien esiintyvyyksille 0,01 %. Sammalten ja putkilokasvien kokonaispeittävyys on arvioitu 0-100 % välille. Lisäksi on laskettu sammal- ja putkilokasvien yhteispeittävydet päällekkäisyys huomioiden, ei yhteenlaskettua peittävyttä. Maastossa tunnistamatta jääneistä lajeista on kerätty näytteet tarkkaa määrittystä varten.

Inventoinnissa vastaan tulleita varmuudella vaikeasti toisistaan erotettavia sammallajeja on vuonna 2008 yhdistetty ryhmiksi analyysia varten. Tällaisia ryhmiä ovat olleet *Sphagnum recurvum* (coll.) -ryhmäksi yhdistetyt rämerahkasammal (*Sphagnum angustifolium*), sararahkasammal (*Sphagnum callax*) ja sirorahkasammal, kangaskynsisammalen (*Dicranum polysetum*) ja kivikynsisammalen (*Dicranum scoparium*) muodostama ryhmä sekä turkkikynsisammalen (*Dicranum fluscens*) sekä kantokynsisammalen (*Dicranum flexicaule*) ryhmä. (Haapaniemi 2009)

2.1.6. Vuoden 2009 tutkielman ennallistamistarvetarkastelu

Kohteilta on mitattu vuonna 2008 useita kohteiden luonnontilaa muuttaneita ympäristömuuttujia ja näiden pohjalta on toteutettu rakenteelliset analyysit. Lähteikköön kuuluessa lähdevaikutteisista oja on näiden ojien kunto arvioitu Metsäntutkimuslaitoksen (1998) Valtakunnan metsien 9. Inventoinnin maastotyön ohjeiden mukaan neliportaisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Lähdevaikutteisten ojien pituus on arvioitu karttojen avulla. Ojien keskimääräinen leveys ja leveyden vaihtelu sekä keskimääräinen syvyys ja syvyyden vaihtelu on arvioitu maastossa silmämääräisesti tai mitan avulla. Ojien leveys on arvioitu penkasta penkkaan, syvyys taas ojan penkasta kiinteän pohjan (esimerkiksi turve tai hiekka) alkamiskohtaan. Vesipatsaan poikkileikkauspinta-alan ja mitattujen virtausnopeuksien avulla on laskettu virtaama. Maastossa on arvioitu ojien vaikutuksia pintavesien ja lähdevesien kulkuun ja tätä kautta kasvillisuuteen. Selkeästi havaittavaksi muutokseksi on mainittu esimerkkinä tapaukset, joissa lähteikön vedet ovat siirtyneet virtaamaan purojen sijasta ojiin, jolloin purouman kuivumisen myötä lähdekasvillisuus on siirtynyt ojiin. Maastossa on havainnointi myös mahdollisten uomien ja purojen perkaustoimien sekä vedenottorakenteiden vaikutuksia lähteiden kasvillisuuteen ja vesitalouteen. Natura-luontotyyppi-inventoinnin maastotyöohjeen (Hokkanen 2006) avulla on arvioitu lähteikön puuston kehitysluokka ja tätä kautta on edelleen arvioitu lähteikön luonnontilaisuutta. Lahopuun laatua sekä määrää ja metsänkäsittelyn maastoon jättämiä jälkiä on tuolloin arvioitu sanallisesti.

Ihmistoiminnan ilmeneminen lähteiköllä on vuoden 2008 maastotöissä johtanut siihen toteamukseen, että kyseinen kohde on ennallistamisen tarpeessa. Tästä poikkeuksen ovat muodostaneet ne kohteet, joiden arvokas lajisto saattaisi todennäköisesti kärsiä mahdollisten ennallistamistoimien toteuttamisesta tai jotka olivat alkaneet palautumaan luontaisesti kohti luonnontilaisuutta. Jokaisen ennallistamistarpeessa olevan kohteen kohdalla on arvioitu mahdollisia ennallistamistoimia ja ennallistamisen vaativuutta. Jälkimmäiseen arviointiin on vaikuttanut kohteen muuttuneisuus, kulkuyhteydet, riski lähdelajien häviämislle ennallistamistöiden seurauksena sekä tarvittavien toimenpiteiden laajuus. (Haapaniemi 2009)

2.2. Seurantatutkimuksen aineisto

2.2.1. Aineiston karsinta ja luokittelu seurantatutkimuksessa

Haapaniemen tutkimuksessa kartoitettiin yhteensä 30:n lähteen ennallistamistarve. Koska seurantatutkimuksen ehdoton tavoite oli selvittää kartoitusten välissä tehtyjen ennallistamistoimien onnistuneisuutta sammalyhteisöjen perusteella, ei vuonna 2020 toteutettua seurantakartoitusta tehty samassa laajuudessa kuin vuonna 2008. Taulukossa 1 on esitetty Metsähallituksen erikoissuunnittelijan Jari Ilmosen ja puustonhoitajan Pekka Vesterisen kanssa seurantatutkimukseen valitut 12 lähettä. Ensimmäisessä tutkimuksessa mukana olleista ja sittemmin ennallistetuista viidestä lähteestä neljä valikoitui automaattisesti mukaan seurantatutkimukseen. Nämä lähteet olivat Pimiäkorpi I ja II, Peräkorpi sekä Lohikeidas. Huidankeitaalla sijaitseva Hautakorpi oli ennallistettu vuonna 2014, mutta kyseinen lähteikkö jätettiin seurannan ulkopuolelle sen syrjäisen sijainnin ja kaukana kasvillisuusruuduista tapahtuneiden ennallistamistoimien vuoksi (Ilmonen suull. 2020). Neljän ennallistetun lähteen lisäksi seurantatutkimukseen otettiin mukaan referenssiksi neljä luonnontilaiseksi luokiteltua lähettä, joita olivat Pohjankankaan ampuma-alueella sijaitsevat Karhulankeidas ja Rummunlähteet, Lauhanvuoren kansallispuistossa sijaitseva Huhtakorpi/Kivijata sekä Kauhanevan-Pohjankankaan kansallispuistossa sijaitseva Mustakeidas. Vuoden 2020 seurannassa muuttuneiksi luokiteltuja lähteitä otettiin niin ikään mukaan neljä kappaletta. Muuttuneita lähteitä olivat vuonna 2008 Juutisen & Haapaniemen täysin ja jokseenkin

kulttuurivaikutteisiksi luokittelemat Pohjankankaan ampuma-alueella sijaitsevat Riitaneva ja Hevoshaankeidas I sekä Lauhanvuoren kansallispuistossa sijaitsevat vuonna 2009 luonnontilaiseksi mutta vuonna 2020 (Ilmonen) muuttuneeksi luokiteltu Lylykeidas sekä vuonna 2009 jokseenkin kulttuurivaikutteiseksi luokiteltu Peräkorpi. Myös Peräkorven aluetta oli tutkimusten välisenä ajanjaksona ennallistettu kahteen otteeseen vuosina 2011 ja 2013, mutta ennallistamistoimet oli toteutettu kaukana ruuduista, minkä vuoksi kyseistä lähteikköä ei seurantatutkimuksessa luokiteltu ennallistetuksi. Lähteiden alkuperäinen vuoden 2009 numerointi on säilytetty seurantatutkimuksessa mahdollisten myöhempien seurantatutkimusten vertailtavuuden helpottamiseksi.

Taulukko 1. Seurantatutkimukseen valikoituneet lähteet. Kaikki Lauhanvuoren ja Kauhanevan-Pohjankankaan alueilla sijaitsevat kohteet kuuluvat myös Lauhanvuori-Hämeen kangas Geoparkin alueelle. Luonnontila 2008 Juutinen & Haapaniemi, seuranta 2020 Jari Ilmonen. Seuranta 2020 -luokitusta on käytetty tutkimuksen lähteiden luokitteluun.

Lähteikön nimi	Alue	Luonnontila 2008	Ennallistusvuosi	Seuranta 2020
1. Karhulankeidas	Pohjankankaan a-a	Luonnontilainen		Luonnontilainen
3. Rummunlähteet	Pohjankankaan a-a	Luonnontilainen		Luonnontilainen
4. Riitaneva	Pohjankankaan a-a	Täysin kulttuurivaikutteinen		Muuttunut
7. Hevoshaankeidas I	Pohjankankaan a-a	Jokseenkin kulttuurivaikutteinen		Muuttunut
10. Peräkorpi	Lauhanvuoren kp	Jokseenkin kulttuurivaikutteinen	2011 ja 2013 kaukana ruuduista	Muuttunut
11. Lohikeidas	Lauhanvuoren kp	Jokseenkin luonnontilainen	2013	Ennallistettu
12. Lylykeidas	Lauhanvuoren kp	Luonnontilainen		Muuttunut
13. Huhtakorpi/Kivijata	Lauhanvuoren kp	Jokseenkin luonnontilainen		Luonnontilainen
16. Kauhalammi	Kauhanevan-Pohjankankaan kp	Jokseenkin kulttuurivaikutteinen	2014	Ennallistettu
17. Pimiäkorpi I	Kauhanevan-Pohjankankaan kp	Jokseenkin luonnontilainen	2003	Ennallistettu
18. Pimiäkorpi II	Kauhanevan-Pohjankankaan kp	Jokseenkin kulttuurivaikutteinen	2011	Ennallistettu
19. Mustakeidas	Kauhanevan-Pohjankankaan kp	Luonnontilainen		Luonnontilainen

2.2.2. Lähteikköalueiden rajaus ja taustamuuttujat seurantatutkimuksessa

Vuonna 2008 lähteikköillä oli mitattu useita eri taustamuuttujia. Näiden mittausten toistamisen merkityksellisyyttä pohdittaessa suuri osa mittauksista päätettiin jättää toistamatta. Suurta osaa vuonna 2008 mitatuista fysikaalisista ja kemiallisista muuttujista ei lopulta käytetty Haapaniemen Pro gradu -tutkielman analyyseissä, minkä vuoksi kyseisiä muuttujia ei mitattu ollenkaan vuonna 2020. Tähän päätökseen vaikutti myös resurssien puutteellisuus. Myöskään

latvuspeittävyttä ei toistettu. Sen sijaan puuston pohjapinta-ala toistettiin relaskoopilla samoilta relaskooppikoealoilta kuin vuonna 2008.

Kasvillisuusruuduilta toistettiin vuonna 2008 tehdyt pohjamateriaali- ja lähdepintalaskelmat. Pohjamateriaalin arviointiin käytettiin seurantatutkimuksen yhteydessä suppeampaa luokkamäärää kuin tuolloin, sillä kaikkia Haapaniemen käyttämiä pohjamateriaaliluokkia ei oltu vuonna 2008 seurantatutkimuksessa mukana olevilla lähteillä havaittu eikä niitä seurantatutkimukseenkaan yhteydessä kyseisillä kohteilla juuri ollut. Seurantatutkimuksesta pois jätetyt pohjamateriaaliluokat olivat humus, muta, sora ja multa.

Vuonna 2008 Haapaniemi ja Juutinen olivat laskeneet useita eri menetelmiä apuna käyttäen jokaisen tutkimuksessa mukana olleen lähteikön pinta-alan. Seurantatutkimuksessa kyseisen pinta-alalaskelman toistaminen osoittautui mahdottomaksi monien menetelmien käyttämisen ja subjektiivisen arvioinnin vaikean toistettavuuden vuoksi, joista jälkimmäinen metodi oli aiheuttanut haasteita jo vuonna 2008 (Haapaniemi 2009). Erityisesti pinta-alan uudelleenarvioinnin ongelmaksi muodostui se, että seuranta eivät olleet toteuttamassa samat henkilöt kuin ensimmäisellä kartoituskertalla. Näin ollen pinta-alalaskelmia ei toistettu seurantatutkimuksessa.

2.2.3. Kasvillisuuden inventointi seurantatutkimuksessa

Seurantatutkimuksen yhteydessä ei vuonna 2020 toteutettu yhtä kattavaa kasvillisuusinventointia kuin mitä oli toteutettu vuonna 2008 Juutisen & Haapaniemen toimesta, sillä Haapaniemen Pro gradu -tutkielmassa oli jo suoritettu kasvillisuuden perusteella tapahtuva metsä-, suo- ja lähde tyypittely luvussa 2.1.2 esitettyjen kriteerien mukaisesti ja näitä tietoja hyödynnettiin suoraan seurantatutkimukseen. Tämän seurauksena putkilokasvilajisto a tarkasteltiin pääosin valta- ja lähdelajiston osalta lähteiden kuvauksissa (liite 1).

Taulukko 2. Seurantatutkimuksessa sukutasolle määritetyt lehti- ja maksasammalet. Lähteisyyttä suosivat ja pohjavesiriippuvaiset sammalet on määritetty poikkeuksina lajitasolle.

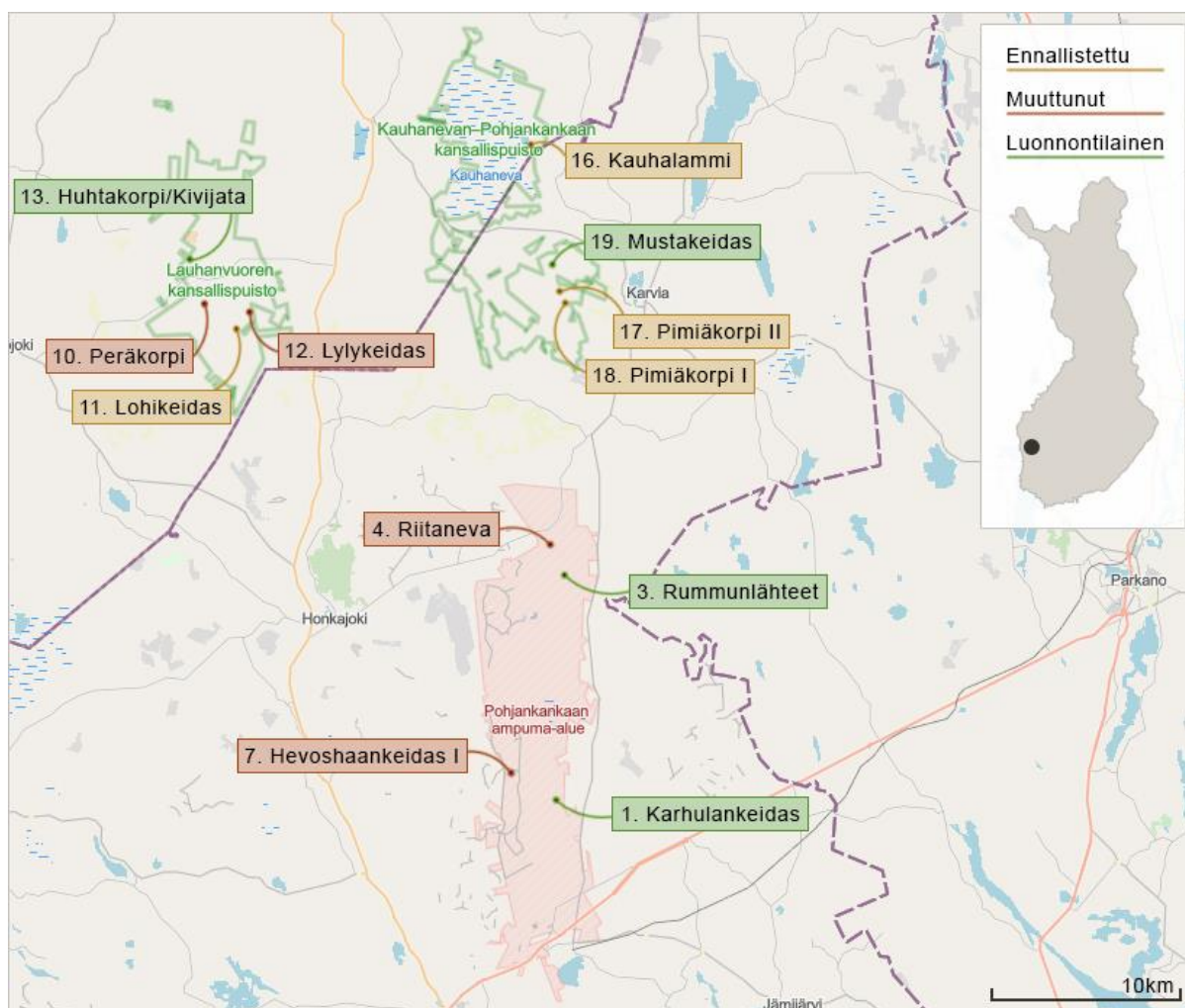
Suku	Poikkeus	Lisätiedot
<i>Brachythecium</i>	<i>Brachythecium rivulare</i>	<i>B. rivulare</i> specialistilajina lajitasolle
<i>Dicranum</i>		
<i>Polytrichum sensulato</i>		<i>Polytrichum</i> -tyyppiset sammalet
<i>Sphagnum</i>	<i>Sphagnum warnstorffii</i>	<i>S. warnstorffii</i> specialistilajina lajitasolle
<i>Calypogeia</i>		
<i>Cephalozia</i>		
<i>Lophozia</i>		
<i>Pellia</i>		Määritetty sukutasolle myös vuonna 2008

Sammallajistoa ei niin ikään inventoitu yhtä tarkasti kuin vuonna 2008, sillä lähteisyyttä ilmentävien lajien kartoituksen todettiin riittävän lähteiden tilan ja siinä mahdollisesti tapahtuneiden muutosten arviointiin. Tästä syystä osa muista sammallajeista tunnistettiin ylemmille taksonomiatasolle taulukon 2 mukaisesti. Erityinen painoarvo oli lähteisyyttä suosivilla specialistilajeilla, jotka on listattu liitteessä 3.

2.3. Maastomenetelmät

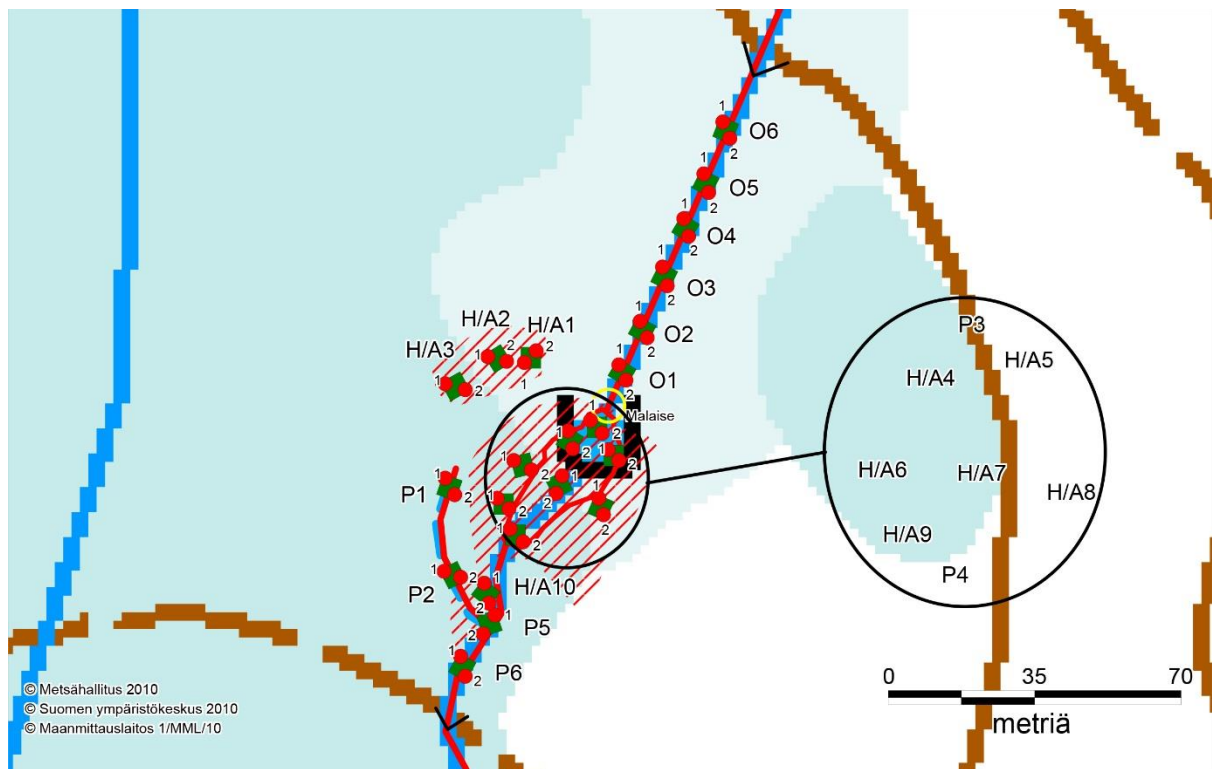
2.3.1 Koeasetelma

Kuvan 1 mukaisesti lähteiköistä neljä sijoittui Pohjankankaan ampuma-alueelle, neljä Lauhanvuoren kansallispuistoon ja neljä Kauhanevan-Pohjankankaan kansallispuistoon. Lähteiden sijainnit paikannettiin maastossa GPS-paikantimen ja Google Maps-karttapalvelun avulla, joista jälkimmäiseen syötettiin lähteiden koordinaatit WGS 84 -koordinaatistossa. Kullekin lähteikölle oltiin vuoden 2008 maastotöissä perustettu kappaleessa 2.1.4 esitettyjen kriteerien perusteella yhteensä kuudestatoista kahteenkymmeneenkahteen kasvillisuusruutua, joista kymmenen sijaitsi hete- ja/tai allikkopinnoilla, kuusi ojissa ja kuusi purossa lähteiköstä riippuen.



Kuva 1. Seurantatutkimukseen valikoituneet 12 lähettä Lauhanvuoren ja Kauhanevan-Pohjankankaan kansallispuistoissa sekä Pohjankankaan ampuma-alueella. Kaikki Lauhanvuoren ja Kauhanevan-Pohjankankaan alueilla sijaitsevat kohteet kuuluvat myös Lauhanvuori-Hämeen kangas Geoparkin alueelle.

Kasvillisuusruutujen määrä vaihteli lähteittäin kuudentoista ja kahdenkymmeneenkahteen välillä (liite 4). Jokaisen ruudun paikkaa merkitsi maastossa ilmasto-intiputkesta sahatut kaksi kulmatooppaa, joiden mukaisesti kasvillisuusruutu asetettiin inventointia varten. Ruutujen paikat oli myös merkitty selkeästi Metsähallituksen vuoden 2010 julkaisuun *Lähteikköjen ennallistamistarve – hyönteislajiston tarkastelu ja koko hankkeen yhteenveto* tuotettuihin lähdekuviokarttoihin (kuva 2) Juutisen toimesta.



Kuva 2. Kasvillisuusruutujen sijainteja havainnollistava kartta Lohikeitaan lähteestä. Juutinen 2009.

Kaikki kulmatolpat eivät enää kahden vuoden jälkeen olleet maastossa löydettävissä. Jos ruudun molemmat tolpat olivat vuosien saatossa kadonneet, asetettiin tolpat uudestaan kartan mukaiseen sijaintiin ja inventointi toteutettiin tältä uudelleen merkityltä alalta. Mustakeitaan lähteellä huomattava vedenpinnan nousu esti kadonneiden ruutujen perustamisen täsmälleen alkuperäisille sijainneilleen, jolloin ruutujen paikkaa jouduttiin hieman siirtämään. Jos ruudun kohdalta oli löydettävissä vain yksi tolppa, ei kadonnutta tolppaa aina uusittu välinevajeesta johtuen. Uudelleen asetettuihin tolppiin ei saatu tehtyä samanlaisia laminoituja putken sisälle asetettuja tolppakohtaisia koodeja kuin vuonna 2008, vaan kooditus merkittiin tolpan yläreunaan vedenkestävällä tussilla. Kadonneet tolpat ja uusitut ruudut kirjattiin ylös.

Maastotöissä oli mukana avustamassa Veera Saari.

2.3.2 Inventointi ja mittaukset seurantatutkimuksessa

Lehti- ja maksasammallajisto inventoitiin kiinteiltä kasvillisuusruuduilta kappaleessa 2.2.3 esitettyjen muutosten mukaisesti ja vuonna 2008 inventoinneissa käytettyjä prosentuaalisia peittävyysluokkia noudattaen. Huomattavan pienille peittävyyksille käytettiin arvoa 0,01 %. Yhdestä prosenttiyksiköstä ylöspäin sammalien peittävyksiä arvioitiin kokonaisluvuihin 1 %, 2 %, 3 % jne. Sammallajiston inventoinnissa huomioitiin ruutujen kohdille sattuneista oksista ja puista enintään yhden metrin korkeudella kasvavat sammat. Sammallajiston ruutukohtaisen inventoinnin lisäksi lähdesammallajistosta tehtiin arvioiteja ja havaintoja koko lähteikköalueella ja sen ympäristössä. Näin saatiin kartoitettua etenkin ennallistamistoimien vaikutusta ennallistetuilla lähteillä, sillä ojien patoamisen myötä lähteisyyden ilmentyvyys oli monin paikoin muuttunut. Maastossa epävarmoiksi jääneistä lajeista kerättiin näytteet ja nämä tunnistettiin mikroskooppisesti. Osan mikroskooppisesti tunnistetuista näytteistä varmisti

myöhemmin Lauralotta Muurinen, Oulun yliopisto. Kultakin ruudulta arvioitiin myös rihmamaisten levien prosentuaalinen peittävyys, mikäli sitä oli havaittavissa.

Ruuduilla toistettiin pohjamateriaaliarvioinnit ja pohjamateriaalien prosentuaaliset osuudet vuoden 2008 inventoinnin mukaisesti niin, että pohjamateriaaliksi huomioitiin kasvillisuuden välitön kasvualusta. Pohjamateriaali luokiteltiin luokkiin lahopuu, turve, hiekka, kivi ja karike. Pohjamateriaalien arviointi pyrittiin toistamaan samalla tavalla kuin vuonna 2008. Karikkeeksi määritetty läpimitaltaan alle 4 cm:n kokoiset puunkappaleet, joita isommat on jaoteltu lahopuiksi. Vuonna 2008 käytetty ja seurantatutkimuksesta pois jätetty pohjamateriaaliluokka sora on seurantatutkimuksessa laskettu kuuluvaksi luokkaan kivi. Tätä esiintyi vain yhdellä lähteiköllä. Mikäli sammalkasvusto on muodostanut turvekerroksen jonkin muun pohjamateriaalin päälle, on kyseisen alan pohjamateriaali merkitty turpeeksi. Jokaiselta ruudulta arvioitiin lisäksi vuoden 2008 inventoinnin tavoin lähdepinta-alan osuus. Lähdepinta-alaksi laskettiin kuuluvan sen maa-alan tai mätäspinnan, jolla kasvoi lähdelajistoa sekä alueet, joilla on pohjavettä ja jotka ovat välipinta-alueita. Kangas- tai suomättäitä ei olla huomioitu lähdepinnaksi. Sekä pohjamateriaalien että lähdepinta-alan osuudet arvioitiin kokonaisluvun 1 %, 2 %, 3 % jne.

Puuston pohjapinta-ala mitattiin relaskoopilla. Joissain vuoden 2008 maastolomakkeissa mittaukset oli merkitty otetuiksi vaikeammin toistettavilta tai löydettäviltä koealoilta, jolloin mittauksia ei näistä kohdista uusittu. Esimerkiksi Mustakeitaalla huomattava vedenpinnan nousu esti mittapadon paikantamisen maastosta, jolloin mittapadolta vuonna 2008 mitattua puuston pohjapinta-alaa ei pystytty toistamaan. Tämä huomioitiin vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi niin, että analyysija varten vuoden 2008 aineistosta poistettiin niiden koealojen pohjapinta-alat, joita ei vuonna 2020 toistettu.

Putkilokasvilajistoa ei järjestelmällisesti kartoitettu. Lähteiköillä ja niiden ympäristössä havainnoitiin seurantatutkimuksessa vallitsevaa putkilokasvilajistoa valtalajien ja lähdelajien osalta ja havainnot kirjattiin ylös liitteessä 1 esitettyihin lähteiden kuvauksiin.

2.3.3 Rakenteelliset muutokset ja ennallistettujen lähteikköalueiden tarkastelu

Jokaisen lähteikön kartoissa näkyvä ympäristö tutkittiin maastossa jalkaisin. Lähteiköillä tehtiin runsaasti silmämäärisiä ja kartoille piirrettyjä havaintoja analyysien ulkopuolelle jäävien muutosten havainnoimiseksi. Jokaiselta lähteiköltä otettiin valokuvia. Toisin kuin vuonna 2008, seurantatutkimuksessa myös jokainen kasvillisuusruutu pyrittiin valokuvaa maan dokumentointia varten. Ruudut kuvattiin ylhäältä päin matkapuhelimen kameralla niin, että ruudun 1. kulmatolppa oli aina kuvan oikeassa alalaidassa. Ruuduista otetut kuvat nimettiin välittömästi kuvaamisen jälkeen. Useana maastotyöpäivänä sää oli erityisen sateinen, mikä toisinaan esti kokonaan osan ruuduista kuvaamisen laitteiston vedenpitämättömyyden vuoksi.

Rakenteellisten muutosten ja ennallistamistoimien tavoitteiden saavuttamisen arvioimisessa ennen-jälkeen-asetelman kautta auttoi myös erityisesti Vesterinen, jolle kaikki tutkimuskohteet ja niillä tehdyt ennallistamistoimet ovat tuttuja.

2.4. Tilastollinen testaus

Tilastollisen testauksen lähtökohtana oli löytää mahdolliset ennallistetuilla lähteillä tapahtuneet muutokset sammalten lajimäärissä, peittävyyksissä ja yhteisökoostumuksissa ennen ennallistamista ja ennallistamisen jälkeen. BACI-asetelman (Before After Control Impact) saavuttamiseksi analyysihin käytettävistä aineistoista poistettiin Pimiäkorpi In data, sillä kyseinen lähde oli ennallistettu jo ennen vuotta 2008, eikä siitä näin ollen ollut olemassa

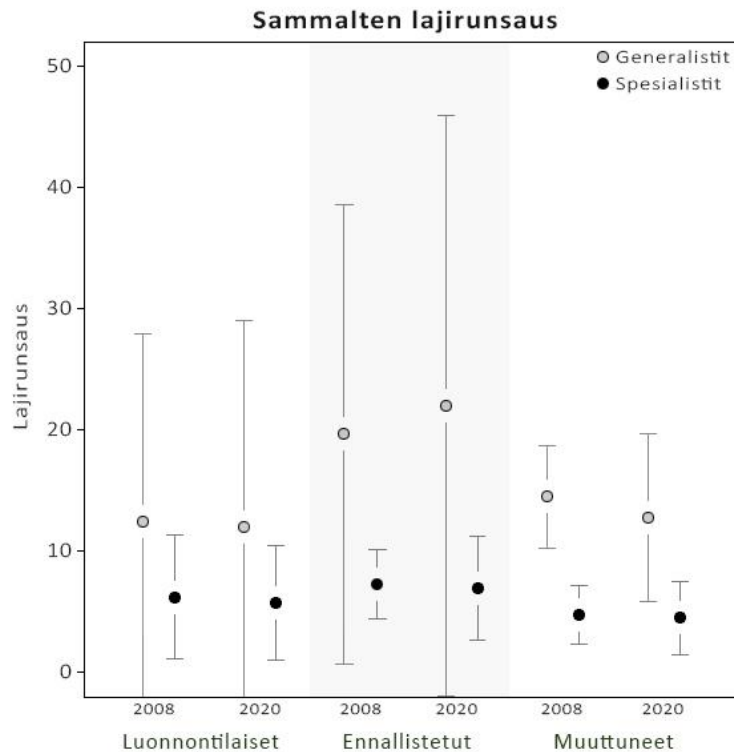
seurantatietoja ajalta ennen ennallistamistoimia. Osa analyyseista suoritettiin siten, että vuonna 2008 inventoitujen luonnontilaisten lähteiden aineistoa käytettiin kontrollina, johon erityisesti ennallistettujen lähteiden vuoden 2020 aineistoa verrattiin. Kasvillisuusruuduilta kerätty aineisto koottiin keskiarvojen perusteella matriisiksi, joka sisälsi lähdekohtaisesti kaikkien kohteilla havaittujen lajien peittävyudet. Sammalaineisto eroteltiin spesialisti- ja generalistilajeihin lähdevaikutteisudessa tapahtuvien mahdollisten muutosten havainnoimiseksi. Spesialistilajeina käytettiin Ulvisen ym. (2002) mukaan koottua lähteistä riippuvaisten ja lähteisyyttä suosivien sammalten listaa, joka on esitetty liitteessä 3.

Tilastollisessa testauksessa käytettiin R studiota käyttäen R-ohjelmistoa (R Core Team 2018), analyyseissa käytettiin R:n Vegan-pakettia (Oksanen ym. 2018) ja Excelin data-analyyssityökaluja. Aineiston normaalijakautuneisuus testattiin Levenetestillä ja lajimäärien tilastollinen merkitsevyys lähderyhmien (luonnontilaiset $n=4$, ennallistetut $n=3$ ja muuttuneet $n=4$) seurantakertojen välillä laskettiin aineistosta Excelin data-analyyssityökalulla t-test: Paired Two Sample for Means sekä verratessa kontrolliaineistoa ennallistettujen lähteiden vuoden 2008 aineistoon työkalulla t-test: Paired Two Sample for Means Assuming Equal Variances. Ryhmien keskiarvojen visualisointi 95%:n luottamusväleillä lajimäärien ja peittävyksien suhteen tehtiin R studiossa Gplots-paketin (Warnes ym. 2020) *plotmeans*-funktiolla. Sammalryhmittöiden rakenteellisia muutoksia testattiin PERMANOVA-testillä (permutational multivariate analysis of variance) käyttäen *adonis*-funktiota Vegan-paketissa (Oksanen ym. 2013) 999 permutaatiota ja Bray-Curtisin etäisyysmatriisilla. Yhteisörakenne visualisointiin NMDS-kuvaajaksi Vegan-paketin *ordiplot*-funktiolla.

3. Tulokset

3.1. Sammalten lajirunsaus

Sammalten lajimäärissä ei havaittu tapahtuneen vuosien 2008 ja 2020 inventointien välillä merkitseviä muutoksia spesialisti- ja generalistilajien ryhmissä (taulukko 3) missään lähderyhmässä. Sekä vuonna 2008 että vuonna 2020 ennallistetuilla lähteillä on havaittu useampia generalistilajeja kuin luonnontilaisilla ja muuttuneilla lähteillä, joiden keskiarvot ovat molemmilla inventointikerroilla olleet hyvin lähellä toisiaan, vaikkakin luonnontilaisilla lähteillä hajontaa on ollut enemmän. Eri käsittelymuuttujien (luonnontilaiset, ennallistetut ja muuttuneet) välillä ei suuresta hajonnasta huolimatta (kuvaaja 3) ollut merkitseviä eroavaisuuksia.



Kuvaaja 3. Generalistien (harmaat ympyrät) ja specialistien (mustat ympyrät) lajirunsaus keskiarvoina 95 %:n luottamusvälillä vuosina 2008 ja 2020 luonnontilaisilla (n=4), ennallistetuilla (n=3) ja muuttuneilla (n=4) lähteillä.

Specialistilajeja on havaittu kaikilla lähteillä keskimäärin lähes yhtä runsaasti eikä näissä havainnoissa ole inventointikertojen välillä merkitseviä eroavaisuuksia. Keskimäärin vähiten specialistilajeja on havaittu muuttuneilla lähteillä (ka. 4,5 vuonna 2021), toiseksi eniten luonnontilaisilla lähteillä (ka.5,75 vuonna 2021) ja eniten ennallistetuilla lähteillä (ka. 7 vuonna 2021). Erot specialistilajien keskiarvojen välillä eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä ja muutokset vuosien 2008 ja 2020 välillä ovat olleet hienovaraisia.

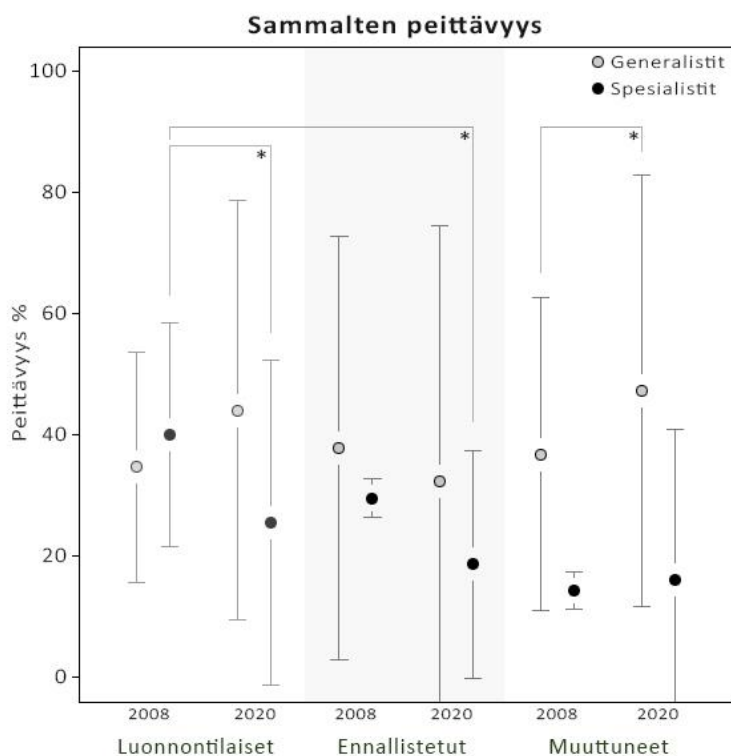
Taulukko 3. Lajimäärille suoritettujen t-testin p-arvot ja keskiarvot. Kontrollina on käytetty luonnontilaisten lähteiden vuoden 2008 aineistoa.

Käsittelyt	Lajiryhmä	Ka. Muuttuja 1	Ka. Muuttuja 2	P-arvo
Luonnontilaiset ennen & jälkeen	Specialistit	6,25	5,75	0,182
	Generalistit	12,5	12	0,495
Ennallistetut ennen & jälkeen	Specialistit	7,33	7	0,860
	Generalistit	19,67	22	0,644
Muuttuneet ennen & jälkeen	Specialistit	4,75	4,5	0,638
	Generalistit	14,5	12,75	0,275
Kontrolli & Ennallistetut 2020	Specialistit	6,25	7	0,732
	Generalistit	12,5	22	0,256

3.2. Sammalten peittävyys

Sammalten kokonaispeittävyksissä havaittiin eroja lähderyhmien sisällä vuosien 2008 ja 2020 välillä (kuvaaja 4). Sekä luonnontilaisten että ennallistettujen lähteiden specialistilajien

peittävydet ovat keskiarvon perusteella vuosien 2008 ja 2020 välillä laskeneet (taulukko 4). Luonnontilaisten lähteiden osalta muutos on tilastollisesti merkitsevä ($P=0,03$). Spesialistilajien peittävyys ennallistetuilla lähteillä ennallistamistoimien jälkeen on myös laskenut merkitsevästi verrattuna vuoden 2008 kontrolliin ($P=0,04$). Kolmas merkitsevä muutos on tapahtunut muuttuneiden lähteiden generalistilajien peittävydessä, joka on kasvanut vuosien 2008 ja 2020 välillä ($P=0,048$).



Kuvaaja 4. Generalistien (harmaat ympyrät) ja spesialistien (mustat ympyrät) prosentuaalinen peittävyys keskiarvoina 95%:n luottamusvälillä vuosina 2008 ja 2020 luonnontilaisilla ($n=4$), ennallistetuilla ($n=3$) ja muuttuneilla ($n=4$) lähteillä. Kuvaajan yläosassa on esitetty muuttujien välillä havaittu tilastollisesti merkitsevät erot (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$).

Luonnontilaisten lähteiden spesialistilajien peittävyksien muutokseen vaikuttaa etenkin Rummunlähteillä havaittu isonäkinsammalen huomattava väheneminen (keskiarvo vuonna 2008 50,2 % ja vuonna 2020 13,4 %). Muuttuneiden lähteiden generalistilajien peittävyksiin vaikuttavat suurimmat yksittäiset tekijät ovat korpilehväsamman (*Plagiomnium ellipticum*) ja kiiltolehväsamman (*Pseudobryum cinclidioides*) peittävyksien kasvu Peräkorven lähteellä (korpilehväsamman keskiarvo vuonna 2008 0,1 % ja vuonna 2020 4,2 %, kiiltolehväsamman keskiarvo vuonna 2008 10,2 % ja vuonna 2020 25,4 %).

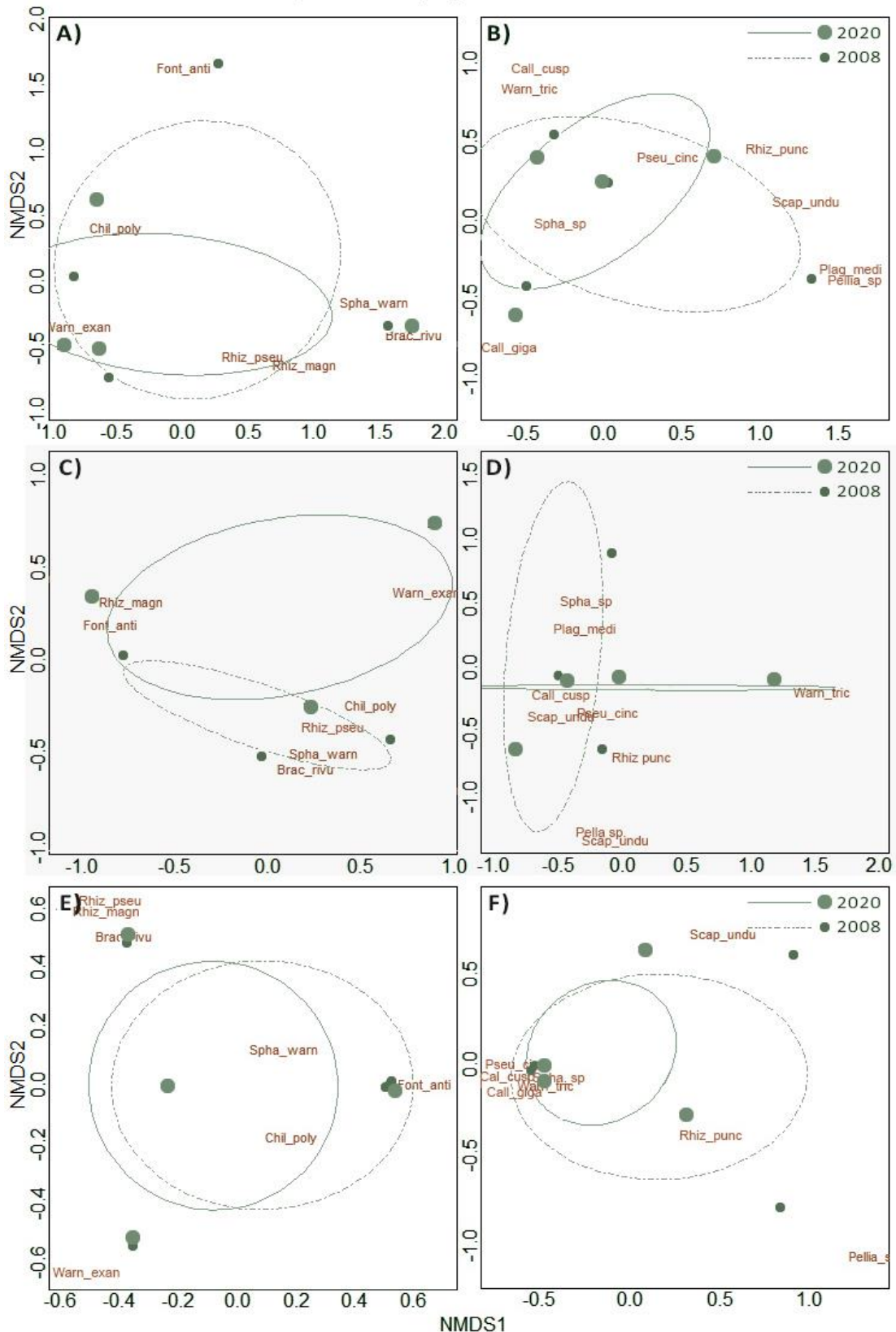
Taulukko 4. Sammalten peittävyyksille suoritettujen t-arvoanalyysien p-arvot ja keskiarvot. Kontrollina on käytetty luonnontilaisten lähteiden vuoden 2008 aineistoa. Tilastollisesti merkitsevät erot (*P < 0,05, **P < 0,01, ***P < 0,001) on merkitty ko. p-arvoihin.

Käsittelyt	Lajiryhmä	Ka. Muuttuja 1	Ka. Muuttuja 2	P-arvo
Luonnontilaiset ennen & jälkeen	Spesialistit	40,11	25,65	0,030*
	Generalistit	34,71	44,06	0,245
	Kaikki sammalet	74,82	69,71	0,268
Ennallistetut ennen & jälkeen	Spesialistit	29,60	18,66	0,099
	Generalistit	37,88	32,29	0,527
	Kaikki sammalet	67,48	50,95	0,275
Muuttuneet ennen & jälkeen	Spesialistit	14,28	16,23	0,795
	Generalistit	36,87	47,35	0,048*
	Kaikki sammalet	51,15	63,58	0,176
Kontrolli & Ennallistetut 2020	Spesialistit	40,11	18,66	0,040*
	Generalistit	34,71	32,29	0,833
	Kaikki sammalet	74,82	50,95	0,092

3.3. Sammalten yhteisö rakenne

Luonnontilaisten lähteiden yhteisökoostumuksissa ei havaittu merkitseviä eroavaisuuksia vuosien 2008 ja 2020 välillä (kuvaaja 5 a & b, taulukko 5) ja muuttuneiden lähteiden niin specialisti -kuin generalistilajien sammalyhteisöt ovat pysyneet varsin samankaltaisina kahdentoista vuoden tutkimusjaksolla (kuvaaja 5 e & f, taulukko 5). Ennallistettujen lähteiden yhteisökoostumuksissa ei niin ikään havaittu merkitseviä eroja (kuvaaja 5 c & d, taulukko 5). Kontrollin ja ennallistettujen lähteiden sekä vuoden 2008 että vuoden 2020 aineiston välillä verrattiin, ovatko ennallistetut lähteet eronneet luonnontilaisista yhteisökoostumuksen puolesta. Merkitseviä eroja ei havaittu (taulukko 5).

NMDS: spesialistit ja generalistit 2008 & 2020



Kuvaaja 5. Sarmalyhteisöjen koostumuksen muutos vuosien 2009 ja 2021 välillä lähderyhmittäin (luonnontilaiset $n=4$, ennallistettut $n=3$, muuttuneet $n=4$). Luonnontilaisten lähteiden; A) spesialistilajit ja B) generalistilajit, ennallistettujen lähteiden; C) spesialistilajit ja D) generalistilajit sekä muuttuneiden lähteiden; E) spesialistilajit ja F) generalistilajit. 95 %:n ellipsit: katkoviivalla merkityt yhteisökoostumukset vuoden 2008 aineisto ja yhtenäisellä viivalla merkityt yhteisökoostumukset vuoden 2020 aineisto. Yksittäiset lähteet merkitty pienillä (vuosi 2008) ja suurilla (vuosi 2020) palloilla.

Taulukko 5. Parittaisen PERMANOVA:n tulokset spesialisti- ja generalistilajeilla verraten luonnontilaisten, ennallistettujen ja muuttuneiden lähteiden seuranta-aineistoja. Kontrollina on käytetty luonnontilaisten lähteiden vuoden 2009 aineistoa.

Käsittelyt	Lajiryhmä	SumsOfSqrs	MeanSqrs	F.Model	R2	P-arvo
Luonnontilaiset 2008 & 2020	Spesialistit	0.13457	0.13457	0.41235	0.0643	0.7462
	Generalistit	0.08429	0.084289	0.35074	0.05523	0.8548
Ennallistetut ennen & jälkeen	Spesialistit	0.16121	0.16121	0.68477	0.14617	0.514
	Generalistit	0.12076	0.12076	0.5634	0.12346	0.802
Muuttuneet 2008 & 2020	Spesialistit	0.05133	0.05133	0.14858	0.02416	0.974
	Generalistit	0.04824	0.048241	0.18472	0.02987	0.889
Kontrolli & ennallistetut 2008	Spesialistit	0.32807	0.32807	1.1955	0.19297	0.398
	Generalistit	0.15315	0.15315	0.62693	0.11142	0.767
Kontrolli & ennallistetut 2020	Spesialistit	0.16459	0.16459	0.50162	0.09118	0.753
	Generalistit	0.19444	0.19444	0.7019	0.1231	0.746

3.4. Mitatut ympäristömuuttujat

Ympäristömuuttujien osalta lähdepinnan ja leväisyyden osuuksissa ei ollut merkitseviä eroja vuosien 2008 ja 2028 välillä (taulukko 6). Puuston pohjapinta-alassa oli tapahtunut merkitsevää kasvua ennallistetuilla lähteillä ($P=0,008$). Ero on merkitsevä myös kontrollin ja ennallistettujen lähteiden vuoden 2021 puuston välillä ($P=0,020$).

Taulukko 6. Kasvillisuusruuduilta arvioitujen lähdepinnan ja leväisyyden prosentuaaliset osuudet sekä puuston pohjapinta-ala verrattuna vuosien 2009 ja 2021 havaintojen välillä. Muuttujien välillä havaitut tilastollisesti merkitsevät erot (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$).

Käsittelyt	Lajiryhmä	Ka. 2009	Ka. 2021	P-arvo
Luonnontilaiset ennen & jälkeen	Lähdepinta %	91,85	95,62	0,425
	Leväisyys %	6,28	8,01	0,632
	Puusto	6,86	6,75	0,940
Ennallistetut ennen & jälkeen	Lähdepinta %	92,70	85,55	0,534
	Leväisyys %	3,65	7,94	0,386
	Puusto	11,5	17	0,008**
Muuttuneet ennen & jälkeen	Lähdepinta %	87,66	91,02	4,5
	Leväisyys %	4,625	2,945	0,677
	Puusto	13,86	14,75	0,645
Kontrolli & Ennallistetut 2020	Lähdepinta %	91,85	85,55	0,526
	Leväisyys %	6,28	7,94	0,829
	Puusto	6,875	17	0,020*

3.2. Rakenteelliset muutokset elinympäristössä

Rakenteellisia muutoksia ennallistetuilla lähteillä arvioitiin maastossa silmämääräisesti ja näitä havaintoja verrattiin vuonna 2008 Ulla Haapaniemen ja Riikka Juutisen tekemiin havaintoihin. Lisäksi merkittävässä roolissa rakenteellisten muutosten arvioimisessa oli Metsähallituksen puustonhoitaja Pekka Vesterinen, joka on ollut mukana kunkin kohteen ennallistamisessa. Myös analyseista pois jätetyn Pimiäkorpi In ennallistamistoimien onnistuneisuus voidaan huomioda rakenteellisten tulosten yhteydessä Vesterisen ansiosta. Myös luonnontilaisilla ja

muuttuneilla lähteillä oli tapahtunut joitain muutoksia vuoden 2009 valokuviiin, lähteiden kuvauksiin ja karttoihin verrattuna. Nämä muutokset on kirjattu ylös liitteeseen 1.

Taulukko 7. Ennallistettut kohteet, niillä suoritettut ennallistamistoimet ja vuonna 2020 havaitut muutokset

Kohde	Lähteen tilaa heikentäneet tekijät	Ennallistamistoimet	Muutokset
Lohikeidas	Ojitus	Padot	Hetepintojen kasvu, humuksen väheneminen
Kauhalammi	Ojitus	Padot, ojien täyttö	Lähdepuron elpyminen
Pimiäkorpi I	Ojitus	Ojien täyttö	Lähdepuron elpyminen
Pimiäkorpi II	Ojitus	Padot, ojien täyttö, sammalsiirrot	Lähdepuron elpyminen

Taulukossa 7 on esitetty lyhyesti kullakin ennallistamiskohteella lähteen tilaa alunperin heikentänyt tekijä, suoritettut ennallistamistoimet sekä ennallistamistoimista seuranneet rakenteelliset muutokset. Seurantakohteet on esitelty laajemmin liitteessä 1 ja tässä yhteydessä myös Lohikeitaan, Kauhalammin ja Pimiäkorpi I:n & II:n ennallistamistoimia sekä nykyistä rakennetta on kuvailtu yksityiskohtaisemmin.

3.2.1. Lohikeidas

Vuonna 2009 Haapaniemen toimesta potentiaaliseksi ennallistamiskohteeksi arvioitua Lohikeitaan lähteikön tilaa on alunperin heikentänyt suoraan laajaan hiekkapohjaiseen avolähteeseen laskenut lähdevaikutteinen oja, jota on ennallistamisen yhteydessä padottu. Valokuvaseurannan perusteella lähteen laajat hetteikköpinnat ovat kasvaneet umpinaisemmiksi ja humuksen määrä lähdeallikossa on vähentynyt. Rakenteellisesta näkökulmasta avolähteeseen laskenut oja on saatu erotettua avolähteestä, vaikka hetteikköpinnan poikki yhä kulkee kapea noin 10cm:n levyinen juotti ojan suunnasta viitaten mahdollisesti siihen, että hyvin pientä virtausta ojasta lähteeseen edelleen tapahtuisi. Avolähteestä etelän suuntaan lähtevässä pitkässä ja pääosin luonnontilaisessa laskupurossa ei ole tapahtunut ennallistamisen myötä silminnähtävien havaittavia muutoksia.

3.2.2. Kauhalammi

Kauhalammin lähteikön pinta-alasta puolet on muodostunut ennen ennallistamista laikuttaisesti lähdevaikutteisesta ojasta (Haapaniemi 2009). Toinen puolisko koostuu allikosta, tihkupinnasta ja purosta, joka on lähteen läheisyydessä tuhoutunut ojituksen myötä ja jäänyt alajuoksultaan kuivaksi ja vesakoituneeksi (Vesterinen 2021, suull.). Kauhalammin lähteikköä on ojituksen hetteikkö- ja tihkupintoja kuivattavan vaikutuksen vuoksi suositeltu ennallistettavaksi. Ennallistamistoimena on padottu paikoitellen järeästikin aikaisemmin lähteistä ojaa ja Kauhalammin lähteiköltä virtaavat lähteiset vedet on ohjattu takaisin laskupuroon (Vesterinen 2021, suull.), joka tämän myötä on elpynyt hiekkapohjaiseksi ja lähdesammalia kasvavaksi edustavaksi lähdepuroksi. Kohteella on ennallistamisen yhteydessä tehty sammalsiirtoja ojista ennallistettuun puroon. Ojat ovat Vesterisen (2021) mukaan olleet ennen ennallistamista runsassammalia. Erityisesti Kauhalammin lähteellä kuusikko on kasvanut merkittävästi vuosien 2009 ja 2021 välillä, mikä näkyy ennallistettujen lähteiden puuston pohjapinta-alan vertailussa (taulukko 6).

3.2.3. Pimiäkorpi I

Pimiäkorpi I on ennallistettu vuonna 2003 ennen seurantojen perustamista ja se jätettiin analyysien osalta aineistossa huomiotta. Matala lähdeallikko ja sen yhteydessä oleva

patoamaton ojanpätkä ovat edelleen runsasleväisiä, jollaisiksi niitä on kuvailtu myös Haapaniemen (2008) toimesta. Lähteisyyden ilmentyminen kohteella lajiston puolesta on varsin niukkaa. Vesterisen (suull. 2021) mukaan leväisyys on ollut lähteiköllä lievempää ennen ennallistamista, mutta rakenteellisesta näkökulmasta lähteiköllä on saatu elpymään avolähteestä alkunsa saavan lähdepuron elpymisen. Leveä lähdepuro katoaa maan alle varsin lähellä itse avolähdettä ja kulkee ympäröivällä ennallistetulla suolla pääosin turpeen alla, mutta ilmestyy maanpinnalle ensimmäisen kerran noin kahdenkymmenen metrin matkaksi arviolta sadan metrin päässä avolähteestä. Toisen kerran piilopuro ilmestyy näkyviin viidensadan metrin päässä avolähteestä. Piilopuro kulkee suolla täytettyjen ojien alla eikä siinä ole virrannut lainkaan vettä ennen ennallistamista. Rakenteellisten saavutusten lisäksi kohteella on havaittu ennallistamistoimien jälkeen lähdesaraa, jota ei ennen ennallistamista ole ollut kohteella ollenkaan tai sen esiintyminen on ollut erittäin niukkaa.

3.2.4. Pimiäkorpi II

Ennen ennallistamista laajasta ojikosta ja tihkupinnasta koostuneella Pimiäkorpi II:n lähteiköllä lähteisyyden ilmeneminen sammalkasvustoissa oli ojituksen myötä siirtynyt suurelta osalta ojiin ja tihkupinnat olivat muuttuneet vähälajisemmiksi (Haapaniemi 2008). Itä-länsisuuntaisessa voimakkaasti virtaavassa ojassa on ilmentynyt paikoittaisesti lähteisyyttä, minkä lisäksi ojaan poikittaisesti yhtyvät pienemmät ojat ovat olleet vaihtelevasti lähteisiä. Ojien poikki on havaittu kulkevan varputurvekankaalla kuivunut puronuoma, jossa on ilmennyt lähdevaikutteisuutta vain heikosti.

Ennallistamista olisi Haapaniemen (2008) mukaan tullut harkita lähteellä ojiin siirtyneen edustavan lähdelajiston vuoksi, jota ei enää kohteen hetteikköpinnoilla esiintynyt. Kuitenkin Haapaniemi on myös todennut, että ojituksella on hetteikkö- ja tihkupintoja kuivattava jatkuva vaikutus.

Kohteella on ennallistamisen yhteydessä täytetty useita lähteiseen ojaan yhtyviä poikittaissuuntaisia ojia sekä padottu itä-länsisuuntaista ojaa. Tämän aiemmin lähteisen ojan vedenpinta onkin noussut patojen myötä merkittävästi. Ojan lähteiset vedet on Vesterisen (suull. 2021) mukaan ohjattu kulkemaan ojan vieressä kulkevaan tuhoutuneeseen puronuomaan, joka on alkanut tämän myötä elpymään. Puro ei vielä ole kovin selväpiirteiden, vaan se on polveileva useiden pikkupurojen ja kehittyvien hetteikköpintojen poikki kulkevien virtausten muodostama kokonaisuus, joka lopulta yhtyy alajuoksun luonnontilaisena säilyneeseen puroon. Tämän puronosan oltiin ennen ennallistamista todettu olevan lähteinen (Haapaniemi 2008), mutta lähteisyyttä ei enää havaittu. Tähän on mahdollisesti vaikuttanut täytetyistä poikittaissuuntaisista ojista valuva voimakkaan rautapitoinen vesi.

4. Tulosten tarkastelu

Ennallistamisen myötä sammatet eivät palautuneet merkittävästi kahdentoista vuoden seurantajakson aikana. Sammalten lajirunsausissa ei havaittu merkitseviä muutoksia. Keskiarvoisesti sekä generalisti- että spesialistilajeja oli runsaimmin ennallistetuilla lähteillä jo vuoden 2008 kartoituksen aineistossa, jolloin ne ovat olleet yhtä lukuun ottamatta muuttuneiksi luokiteltavia. Tulos ei korreloi aikaisempien tutkimusten kanssa, joissa sammalten lajirunsauden on havaittu olevan päinvastainen luonnontilaisten ja ojituksesta kärsineiden lähteiden välillä (Ilmonen ym. 2012 & Lehosmaa 2018). Kuitenkin Juutisen (2009) pitkäaikaisseurannassa myös ihmisvaikutteisilla lähteillä on tavattu edustavaakin lähdelajistoa.

Sammalten peittävyksissä havaittiin joitain odotusten vastaisia muutoksia. Generalistilajien peittävydet muuttuneilla lähteillä olivat kasvaneet merkittävästi kahdentoista vuoden seurantajakson aikana. Aikaisemmissa tutkimuksissa on niin ikään havaittu generalistilajien peittävyksien kasvua ja tämän yhteydessä spesialistilajien peittävyksien laskua (Heino ym. 2005; Juutinen 2011), jota ei kuitenkaan tämän seurantatutkimuksen yhteydessä havaittu, vaikkakin keskiarvoisesti muuttuneiden lähteiden spesialistilajien peittävyys oli alhaisempi muiden lähderyhmiä spesialistilajien peittävyksiin nähden. Luonnontilaisilla lähteillä taas havaittiin merkittävää spesialistilajien peittävyksien laskua. Spesialistilajien peittävyksien laskuun luonnontilaisilla lähteillä saattavat vaikuttaa monet tekijät, kuten ilmastomuutoksesta johtuva pohjaveden lämpötilan nousu (Jyväsjärvi ym., 2015) tai pohjaveden pilaantuminen (Lehosmaa 2018). Tulokseen voi myös suurelta osin vaikuttaa erityisesti Rummunlähteillä havaittu isonäkingsammalen peittävyksien dramaattinen lasku (lisähavaintoja liitteessä 1). Ilman jatkotutkimuksia perimmäisiä syitä voi kuitenkin vain arvailla ja erityisesti Rummunlähteiden lähdelajien peittävyksien huomattava lasku kaipaa lisäselvityksiä. Ennallistetuilla lähteillä havaitusta spesialistilajien keskiarvoisesta peittävyksien laskusta ei voida tehdä pitäviä johtopäätöksiä luvussa 4.3. käsitellyistä syistä.

Sammalten yhteisökoostumuksissa ei niin ikään havaittu merkittäviä muutoksia kahdentoista vuoden seurantajakson aikana. Erityisesti muuttuneiden lähteiden spesialistilajien yhteisökoostumukset olivat pysyneet kolmella lähteellä hyvin tasaisina. Noin kymmenen vuoden seurantajakso voi olla vielä liian lyhyt aika paljastamaan yhteisötason muutoksia ennallistamiskohteilla (Lehosmaa ym. 2017 b) ja myös sekä luonnontilaisille että erityisesti muuttuneille lähteille se tarjoaa vain pienen kurkistusikkunan kokonaiskuvaan. Erityisesti muuttuneiden lähteiden kokeman ihmisvaikutuksen alkamisajankohdasta on kulunut jo useita kymmeniä vuosia – esimerkiksi Peräkorven lähteiköllä jo 90-100 vuotta (Ilmonen ym. 2010) – ja seuranta-aineisto voisi olla hyvin erilaista, jos havaintoja olisi tehty heti ojitushetkestä lähtien. Lehosmaan ym. (2017 a) tutkimuksessa kahdenkymmenen vuoden seurantajaksoilla havaitut muutokset ojituksesta kärsineillä lähteillä kertovat siitä, että erityisesti spesialistilajien lajirikkaus ja yhteisökoostumus kärsii ihmisvaikutuksesta, kun taas generalistilajien lajirikkaus voi pysyä muuttumattomana peittävyksien kuitenkin laskiessa viiveellä. Kahdenkymmenenkään vuoden seurantajakso ei kuitenkaan ole tarpeeksi pitkä ajanjakso kertomaan ihmistoiminnan aiheuttamista pitkäaikaismuutoksista.

Ympäristömuuttujissa havaitut erot kahdentoista vuoden seurantajaksoilla eivät pääosin olleet merkittäviä. Ennallistetuilla lähteillä puuston pohjapinta-ala on kasvanut merkittävästi, mihin on vaikuttanut erityisesti Kauhalammin lähteellä tiheän kuusikon kasvu.

Elinympäristön rakenteellisesta näkökulmasta kullekin ennallistamiskohteelle asetetut tavoitteet ovat täyttyneet, eikä tämä ole ollut itsestäänselvyys, vaan saavutettu tarkoin suunnitellulla ja toteutetulla työllä. Kolmella lähteellä sijaitsevat lähdepurot ovat olleet ojituksen myötä katkaistuna ja kuivillaan vuosikymmeniä. Erityisesti Pimiäkorpi I:n lähteellä sijaitsevan voimakkaasti ojitetun ja sittemmin ennallistetun suon turpeessa kulkevan piilopuron palautuminen on merkittävä saavutus. Juurikin ennallistettujen lähteiden pinta-alan kasvu, luontaisten lähderakenteiden palautuminen, pintaveden osuuden väheneminen ja näiden tekijöiden summana lähdehabitaattien yleisen tilan koheneminen ovat ennallistamiskohteilla ensimmäisiä havaittavia positiivisia muutoksia (Lehosmaa ym. 2017 b).

4.1. Lähdesammalten vasteet ennallistamiseen

Ennallistamisen vaikutuksia lähteiden ekologiaan ei tunneta vielä hyvin. Erityisesti ennallistamistoimien vaikutukset lähdelajistoon ovat lyhyellä aikavälillä seurattuina epäjohdonmukaisia (Lehosmaa ym. 2017 b). Lähteitä on ennallistettu vasta varsin vähän ja ennallistamistoimien vaikutuksista lähdesammalyhteisöihin ei ole olemassa laajasti varsinkaan pitkäaikaisseurannoista saatavaa tietoa. Sammalten rajoittunut kyky dispersoitua ja lähdesammalten tiukat vaatimukset elinympäristön suhteen tekevät ne erittäin alttiiksi ympäristössä tapahtuville muutoksille (Hallingbäck & Hodgetts 2000; Vitt & Wieder 2009; Juutinen 2011). Kasvillisuuden palautumiseen vaadittava aikaikkuna esimerkiksi ennallistetuilla soilla voi olla jopa useita vuosikymmeniä (Haapalehto 2011; Lehosmaa 2017 b) ja erityisesti lähdehabitaattien pieni koko ja irrallisuus toisiinsa nähden yhdistettynä lähdesammalten heikkoon dispersaalkyvyn voi tehdä juuri lähteistä hitaita toipumaan myös ennallistamistoimista (Lehosmaa 2017 b). Ihmistoiminnan lisääntyminen on näkynyt viime vuosikymmenien aikana laajassa mittakaavassa lähdesammalten lajimäärien ja peittävyksien pienenemisenä (Ulvinen 1955; Juutinen 2007; Juutinen & Kotiaho 2009) ja suunnan voidaan odottaa jatkuvan samanlaisena (Juutinen 2011).

4.2. Lähteisiin kohdistuva ihmistoiminta

Tyypillisimpiä lähteiden tilaan heikentävästi vaikuttavia ihmisvaikutteisia tekijöitä ovat ympäristön kuivattamiseen pyrkivä ojitus ja pohjaveden pilaantuminen. Ojituksen on havaittu hidastavan ekosysteemiprosesseja, aiheuttavan biodiversiteettikatoa ja vaikuttavan lähdesammalten esiintyvyyteen. (Lehosmaa 2018) Subarktisen alueen lähteiden yhteisökoostumuksia selittää 26 %:sti veden laadulliset tekijät (Miller ym. 2020) ja nitraattisekä kloridipitoisuuksien nousuna näkyvän pohjaveden pilaantumisen on havaittu muuttavan lähdespesialistilajien yhteisökoostumuksia ja vähentävän taksonomista monimuotoisuutta. Luontaisesti lähteet palautuvat hyvin hitaasti ihmisvaikutuksesta, mikä entisestään lisää ennallistamistoimien tarpeellisuutta. (Lehosmaa 2018) Ihmistoiminnan vaikutus vesiekosysteemeihin on jatkuvaa ja lähteisiin kohdistuva ihmistoiminnan paine kasvavaa (Juutinen 2011), eikä pohjavedestä riippuvaisten ekosysteemien seuranta tai suojele ole vielä kestäväällä tasolla (Barquín & Scarsbrook 2008; Ilmonen ym. 2012; Lehosmaa 2017). Uuden uhan lähde-ekosysteemeille muodostaa myös ilmastonmuutos ja siitä aiheutuva pohjaveden keskilämpötilan nousu, millä voi olla tuhoisia seurauksia lähdelajistolle (Kløve ym. 2013; Jyväsjärvi ym. 2015). Ennallistamistoimilla saavutetut tulokset lähde-ekosysteemien rakenteellisille, hydrologisille ja ekologisille ominaisuuksille ovat olleet positiivisia, mikä tekee lähteiden ennallistamisesta hyödyllisen keinon lähdehabitaattien suojelemisen kohentamiseksi (Lehosmaa ym. 2017 b).

4.3. Seurantatutkimuksen rajoitukset

Seurantakertojen välillä on kulunut kaksitoista vuotta ja ennallistettujen lähteiden ennallistamisajankohdasta seurantakartoituksen toteuttamiseen keskimäärin alle kymmenen vuotta. Etenkin jälkimmäinen aikaikkuna voi olla liian lyhyt paljastamaan sammalyhteisöissä tapahtuvia erityisesti ennallistamistoimien ansiosta johtuvia positiivisia muutoksia, kuten lajien dispersoimista ennallistetuille lähteille ja spesialistilajien peittävyksien runsastumista (Lehosmaa ym. 2017).

Kahdentoista lähteen kokonaisuus jaettuna kolmeen lähderyhmään (luonnontilaisiin, ennallistettuihin ja muuttuneisiin) muodostaa varsin pienen otannan. Tämä voi muodostua

ongelmalliseksi varsinkin ennallistettujen lähteiden sammalyhteisökoostumuksia analysoitaessa, sillä ennallistetuista lähteistä yksi jouduttiin jättämään huomiotta analyyseissa.

Sekä muuttuneet että ennallistetut lähteet ovat olleet jo Haapaniemen Pro gradu -tutkielmassa (2009) joissain määrin varsin edustavia, vaikka ne onkin tuolloin jaoteltu luonnontilaluokan mukaan pääosin joko täysin tai jokseenkin kulttuurivaikutteisiksi. Poikkeuksen muodostavat vuonna 2008 lähes jokseenkin luonnontilaiseksi luokiteltu ja sittemmin ennallistettu Lohikeidas sekä vuonna 2008 luonnontilaiseksi ja seurantatutkimuksessa muuttuneeksi luokiteltu Lylykeidas, jolla edelleen vuonna 2020 tapahtui vedenottoa, mutta vuonna 2008 havaitusta lähdeallikon sammalten perkauksesta ei näkynyt merkkejä. Myös Lauhanvuoren kansallispuistossa sijaitsevan Huhtakorven lähteikön tila on sen poikkeuksellisen pitkältä matkalta lähteisessä ojassa esiintyvän monipuolisen spesialistilajiston vuoksi niin edustava, että kyseinen lähde on luokiteltu tässä seurantatutkimuksessa luonnontilaiseksi. Tämä vahvistaa Ilmosen ym. (2010) käsitystä lähteikköjen luonnontilan määrittelyn subjektiivisuudesta ja haastavuudesta ja herättää kysymyksen siitä, että missä määrin luokittelun vaikeudet voivat mahdollisesti näkyä tuloksissa.

Haapaniemen (2009) tutkielman lopputulemana oli, että lähteiden ennallistamistarvetta ei voida perustella lähteiden kasviyhteisöjen pohjalta, sillä luonnontilaisuuden ei havaittu määrittelevän kasvillisuusyhteisöjen rakennetta, kun taas luonnontilaisten ja ihmisvaikutteisten lähteiden elinympäristön rakenteelliset erot olivat selkeämpiä. Lähes jokaisella ennallistetulla lähteellä lähteisyys on ilmentynyt vuonna 2008 lähdelajiston esiintymisenä ojissa ja joissain tapauksissa tämä on ollut varsin näkyvää ja runsasta. Haapaniemi (2009) on kuitenkin todennut, että alun perin seurantakohteiden valitsemis- ja kartoitusmetodeista johtuen kaikista voimakkaimmin muuttuneet lähteet eivät ole päätyneet mukaan tutkimukseen. Tämä näkyy seurantatutkimuksen muuttuneiden lähteiden yleisilassa ja voi selittää osaltaan sitä, miksi muuttuneeksi luokiteltujen lähteiden tila ei sammalyhteisöjen näkökulmasta ole heikentynyt. Muuttuneeksi luokitelluilla lähteellä alkuperäiset luonnontilaiset lähderakenteet ovat kärsineet pääosin ojituksesta ja lähdelajisto on enemmässä tai vähemmissä määrin siirtynyt näihin nykyisellään lähteikköihin kytköksissä oleviin ojiiin. Lähteikköillä on kaiken kaikkiaan ollut kymmeniä vuosia aikaa toipua ojituksen aiheuttamista vaurioista. Tutkimuksen lähteet ovat myös pinta-alaltaan keskimääräistä muutaman neliömetrin lähdekokoa suurempia.

Alun perinkin seurantatutkimukseksi tarkoitettu kokonaisuus kolmellakymmenellä lähteellä useine tausta- ja ympäristömuuttujamittauksineen on ollut erittäin laaja ja tämä rajoitti osittain seurannan toteuttamista. Seurantaa ei saatu toteutettua läheskään siinä laajuudessa, jossa se on suoritettu vuonna 2008 Haapaniemen ja Juutisen toimesta. Useat ympäristömuuttujat jätettiin mittaamatta luvussa 2.1.3. esitellyistä syistä. Osa mittaamatta jätetyistä seurantameteodeista oli toteutettu vuonna 2008 niin monimutkaisilla metodeilla, että niiden toistaminen eri henkilön toimesta ei onnistunut.

Eräs erityisen huomionarvoinen seikka tämän seurantatutkimuksen asetelmassa koskee seurannan sijoittelua. Kiinteiden kasvillisuusruutujen kautta saadaan kerättyä tarkkaa pistemäistä dataa kasvillisuudessa tapahtuvista muutoksista, mutta tämä edellyttää sitä, että kasvillisuusruudut on sijoitettu oikein ennallistamisen tavoitteiden näkökulmasta. Rakenteellisesta näkökulmasta jokaisella ennallistetulla lähteellä on saavutettu ennallistamistoimille asetetut tavoitteet, mutta tämä ei näy kasvillisuusruuduilla kerätyssä aineistossa. Osaltaan kyse voi olla kuten mainittua siitä, että aikaa ei ole kulunut tarpeeksi. Toisaalta taas voidaan kyseenalaistaa kasvillisuusruutujen sijainnit ennallistamistoimien onnistuneisuuden seurannan kannalta. Ruutuja ei olla sijoiteltu niihin paikkoihin, joissa

muutoksia on oletettu ennallistamisen myötä tapahtuvan, vaan ne on satunnaistettu systemaattisesti jokaisella lähteellä ja sijoitettu lähtökohtaisesti lähteillä samaan aikaan käytettyjen Malaise-pyydysten läheisyyteen (Haapaniemi 2009). Yksinkertaisuudessaan seurantoja perustettaessa ei olla voitu tietää, minne ennallistamistoimet kullakin lähteiköllä mahdollisesti suuntautuisivat, sillä inventoinnin ja seurannan perustamisen, ennallistamistarvearvioinnin, -suunnitelman ja -toteutuksen on hoitanut eri tekijä.

Tämän tutkimuksen jokaisen ennallistetun lähteen tilaa on heikentänyt ojitus ja ennallistamistoimet ovat keskittyneet ojien patoamiseen ja täyttämiseen niin, että ojat ja niissä virtaava pintavesi saataisiin erotettua lähteiden luontaisista rakenteista ja pohjavedestä. Näin ollen ennallistettujen lähteiden ojat eivät suurelta osalta ole enää yhteydessä lähteisiin. Ennallistettujen lähteiden kasvillisuusruuduista 24 % (liite 4) sijaitsee juuri ojissa ja voidaan olettaa, että lähteen ja ojan välisen yhteyden katketessa myös lähdevaikutus ja sitä kautta lähdelajisto katoaa ajan myötä ojista. Tämän seurauksena ojien kasvillisuusruuduilta kerättyä lajidataa olisi mahdollisesti pitänyt käsitellä erillisenä aineistonaan, eikä sitä olisi pitänyt yhdistää etenkään ennallistettujen lähteiden seurantaan. Myöskään pelkästään kasvillisuusruuduilta laskettujen lähteisen pinta-alan osuuksien perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä etenkään ennallistetuilla lähteillä mahdollisesti tapahtuneista lähteisen pinta-alan todellisista muutoksista, joka etenkin huomattavan pitkien lähdepurojen elpymisten myötä on todennäköisesti kasvanut huomattavasti.

4.4. Seurantatutkimuksen onnistuneisuus

Kiinteille kasvillisuusruuduille suoritettu seurantatutkimus antaa tarkkaa dataa sammalyhteisöissä tapahtuvista muutoksista ja myös mahdollisesta muuttumattomuudesta. Luonnontilaisten ja muuttuneiden lähteiden tilasta tällä seurantatutkimuksella saatiin tuotettua hyvin vertailukelpoista aineistoa ja analyysien tulokset antavat tästä tarkkaa tietoa. Valitettavasti luvussa 4.3. esitetyistä syistä täysin samaa mieltä ei voida olla ennallistettujen lähteiden seurannan onnistuneisuudesta sammalyhteisöjen perusteella. Erityisesti kasvillisuusruutujen sijoittelu ei palvele sitä tarkoitusta, että niiden perusteella voitaisiin arvioida ennallistamistoimien onnistuneisuutta laajemmassa mittakaavassa. Tämä näkyy myös lähteiden pinta-alassa tapahtuvien muutosten vertailussa. Pinta-alalaskelmia ei pystytty vuonna 2020 toistamaan, joten lähteisen alueen koon muutoksia voitiin arvioida vain ruuduilta lasketusta lähteisen alan osuuksista.

Reilusti suurin osa kasvillisuusruutujen paikkaa maastossa merkitsevistä kulmaputkista oli yhä koodeineen tallessa, joten kasvillisuusruudut pystyttiin toistamaan erittäin tarkasti. Myös ne ruudut, joiden kulmaputket olivat ajan saatossa hävinneet, pystyttiin perustamaan uudelleen oikeille paikoilleen poikkeuksellisen hyvän ja seikkaperäisen Haapaniemen ja Juutisen (2008) toteuttaman tutkimusasetelman dokumentoinnin perusteella. Ensimmäisen kartoituksen yhteydessä toteutetun dokumentoinnin yksityiskohtaisuus nousi suureen arvoon myös lähteiden rakenteellisia muutoksia arvioitaessa, mutta erityisesti ennallistettujen lähteiden ennallistamistoimien vaikutusta rakenteellisesta näkökulmasta ei olisi voitu arvioida tässä yhteydessä toteutetulla yksityiskohtaisuudella ilman Vesterisen tietämystä. Lisäksi suuri hyöty oli vuonna 2008 Haapaniemen, Juutisen ja Ilmosen ottamista valokuvista.

5. Johtopäätökset

Kahdentoista vuoden seurantajakso on varsin lyhyt aika sammalyhteisöissä tapahtuvien muutosten havaitsemiseen. Lajirunsaus oli keskiarvoisesti suurinta niin spesialisti- kuin generalistilajien osalta ennallistetuilla lähteillä ja pienintä muuttuneilla lähteillä, mutta erot eivät olleet merkitseviä. Sammalten peittävyyksissä tapahtuneet merkitsevät muutokset olivat lähdesammalten peittävyksien väheneminen luonnontilaisilla lähteillä ja generalistilajien peittävyksien lisääntyminen muuttuneilla lähteillä.

Seurannan sijoittelun kriittisyys ennallistamiskohteilla nousi selkeästi esille tässä seurantatutkimuksessa. Ennallistettujen lähteiden seurannan kannalta olisi ollut tarpeellista sijoittaa kasvillisuusruutuja ennallistamistoimien myötä palautuneille lähdepuroille, joita oli kolmella lähteellä neljästä, vaikkakaan yksi näistä lähteistä ei ollut mukana analyyseissa. Nyt rakenteellisesta näkökulmasta merkittävimmät muutokset eivät korreloi seurantakohteilta kerätyn sammalaineiston kanssa, sillä erityisesti positiiviset ja ennallistamistoimilla tavoitellut rakenteelliset muutokset ovat tapahtuneet kasvillisuusruutujen ulkopuolella, kun taas ojiin sijoitettujen kasvillisuusruutujen seuranta-aineisto voi mahdollisesti vääristää ennallistamistoimien onnistuneisuutta sammalyhteisöjen kannalta negatiiviseen suuntaan lähdelajiston hävitessä padotuista ojista. Näin ollen tämän seurantatutkimuksen kohdalla ei voida todeta sammalyhteisökoostumuksia käsittelevien analyyseiden kertovan tarpeeksi varmaa tietoa ennallistettujen lähteiden ennallistamistoimien onnistuneisuudesta, vaan onnistuneisuuden arvioinnin tulisi keskittyä enemmän rakenteellisiin havaintoihin. Rakenteellisesta näkökulmasta jokaisella lähteellä on saavutettu ne tavoitteet, jotka ennallistamiselle on asetettu. Kolmella kohteella neljästä on saatu elpymään aikoinaan ojituksen myötä osittain tuhoutunut tai kuivunut lähdepuro ja kahdella kohteella nämä purot ovat useiden kymmenien tai jopa satojen metrien mittaisia, joten näitä saavutuksia voidaan pitää merkittävänä.

Muuttuneiden lähteiden sammalyhteisökoostumuksissa havaitun staattisuuden voidaan varovaisesti sanoa kertovan siitä, että lähteiden kärsimä ihmisvaikutteisuus ei välttämättä johda spesialistilajiston jatkuvaan heikkenemiseen ja sukupuuttovelkaan, mikäli muutoksesta on kulunut tarpeeksi pitkä ajanjakso ja lähteiden lajistolla on näin ollen ollut aikaa toipua. Täytyy myös muistaa, että lähteiden lajiston ja sammalyhteisöjen tilasta ei tiedetä mitään ajalta ennen ojitusta. Tutkimuksessa mukana olevat muuttuneet lähteet eivät myöskään ole kaikista voimakkaimmin ihmisvaikutuksesta kärsineitä, joten näiden tulosten ei voida sanoa koskevan yleisesti kaikkia ihmisen toimesta enemmän tai vähemmän tuhoutuneita lähteikköjä. Lisäksi tutkimuksen lähteet sijaitsevat laajalla pohjavesialueella, jossa lähteisyys on varsin voimakasta. Tämä voi klassisen saariteorian mukaan osaltaan parantaa lähdelajien dispersaalien mahdollisuuksia keskivertoa korkeammaksi, kun lähteitä esiintyy runsaasti ja lähekkäin (MacArthur & Wilson 2001; Ilmonen ym. 2010).

Tämän Pro gradu -tutkielman on mahdollistanut yhtäältä erittäin yksityiskohtainen dokumentointi seurantoja perustettaessa Haapaniemen ja Juutisen toimesta sekä toisaalta Vesterisen poikkeuksellisen laaja ja pitkän ajanjakson kattava tietämys seurantakohteista ja ennallistettujen lähteiden ennallistamistoimista. Ideaalitulanteessa prosessin jokaisen vaiheen hoitaisi sama tekijä, mutta jos näin ei ole, on erityisen tärkeää taata tiedon välittyminen seurantatutkimuksissa ja ennallistamisprosessissa tekijältä toiselle.

5.1. Seurannan ja jatkotutkimuksen tarve ennallistetuilla lähteiköillä

Seurantatutkimuksessa oli mukana vain 12 alkuperäisestä 30:stä lähteestä ja mikäli useampia lähteitä tästä kokonaisuudesta päädytään ennallistamaan, olisi niille mahdollisesti hyvä perustaa uusia kasvillisuusruutuja ennen ennallistamistoimien toteuttamista. Erityisesti ruutuja tulisi sijoitella siten, että niiden avulla saataisiin kiinni muutoksia niissä paikoissa, joihin ennallistamistoimilla pyritään vaikuttamaan lähteen kannalta positiivisesti. Myös jo kerättyä kahden seurantakerran aineistoa tässä tutkimuksessa mukana olleelta kahdeltatoista lähteeltä voisi jatkojalostaa siten, että ojaruutujen aineisto käsiteltäisiin erillään muusta aineistosta tai jätettäisiin kokonaan pois analyyseista. Tällaisen jatkotutkimuksen mielekkyys ei kuitenkaan ole täysin selvää, sillä se ei poistaisi sitä ongelmaa, että aineisto puuttuu edelleen niistä paikoista, joissa merkittävimmät rakenteelliset muutokset ovat tapahtuneet. Puutteistaan huolimatta Haapaniemen ja Juutisen perustama kiinteiden kasvillisuusruutujen tutkimusasetelma ja vuosina 2008 sekä 2020 kerätty aineisto tarjoaa hyvän alun pitkäaikaisseurannalle samaisilla kohteilla. Ennallistettujen lähteiden lisäksi luonnontilaisilla lähteillä havaittu lähdespesialistilajien peittävyksien merkitsevä lasku kaipaa jatkoseurantaa.

Ennallistettujen lähteiden tilassa tapahtuvista muutoksista on olemassa vasta puutteellisesti tietoa, eivätkä seurantametodit ole vakiintuneet (Ilmonen ym. 2010). Tämän tutkimuksen yhdeksi puutteeksi muodostui seurannan sijoittelu kohteille ennen ennallistamissuunnittelua, mitä ei tässä yhteydessä voitu välttää. Lähtökohtaisesti olisi merkityksellisempää perustaa seurannat ennallistamiskohteille sen ennallistamissuunnitelman ja tavoitteiden perusteella. Seurannan, ennallistamissuunnitelman ja toteutuksen suorittaa kuitenkin usein eri taho ja henkilö, mikä voi vaikeuttaa eri vaiheiden linkittämistä toisiinsa. Lähteiden seurantametodit tulisi myös miettiä alusta alkaen ennallistamistoimien tavoitteita ja lähteikön rakennetta silmällä pitäen. Tiedon kartuttamisen ja seurantametodien kehittämisen tarve on ilmeinen.

Kiitokset

Suuret kiitokset molemmille Pro gradu -tutkielmani ohjaajille Kaisa Lehosmaalle ja Jari Ilmoselle neuvoistanne, palautteestanne ja siitä, että olette olleet aina tavoitettavissa. Erityisesti Kaisan kärsivällisyys ja tuki on ollut kallisarvoista. Kiitokset Metsähallitukselle ja Geoparkille, jotka mahdollistivat tämän seurantatutkimuksen puitteet. Lisäksi haluan kiittää Pekka Vesteristä laajan osaamisensa ja tietojensa jakamisesta, Lauralotta Muurista sammalnäytteiden tarkistuksesta sekä Riikka Juutista häneltä saamistani opeista ja innoittavana esimerkkinä olemisesta. Kiitoksen ansaitsee myös Veera Saari, joka tarjosi korvaamattoman avun maastotöissä ja muunmuassa testasi hetteikköjen hyllyvyyttä ihailtavalla intensiivisyydellä.

Kirjallisuus

Aapala K, Similä M & Penttinen J (toim.) (2013) Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallitus, Vantaa.

Airaksinen O & Karttunen K (2001) Natura 2000 -luontotyyppiopas. Suomen ympäristökeskus, Oy Edita Ab, Helsinki

Ala-aho P, Björn K, Britschgi R, Ilmonen J, Juuti P, Katko T, Kivimäki A, Korkka-Niemi K, Kuusisto E, Mäkinen R, Pellikka K, Rautio A & Rossi P (2014) Suomen lähteet. *Vesitalous* 54(4): 5–32

BIOFRESH (2015) Freshwater biodiversity – the big picture. Horizon 2020, European Union. Saatavana osoitteesta: (<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/freshwater-biodiversity-%E2%80%93-big-picture>)

Eurola S, Huttunen A & Kukko-oja (1995 a) Suokasvillisuusopas. Oulanka Reports.

Eurola S, Huttunen A, Kaakinen E, Kukko-Oja K, Saari V & Salonen V (2015 b) SATA suotyyppiä, opas suokasvillisuuden tuntemiseen. Oulanka Reports.

Haapaniemi U (2009) Lähteiden ennallistamistarve kasvillisuuden perusteella. Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Heino J, Virtanen R, Vuori K-M, Saastamoinen J, Ohtonen A & Muotka T (2005) Spring bryophytes in forested landscapes: Land use effects on bryophyte species richness, community structure and persistence. *Biological Conservation* 124(4): 539–545.

Ilmonen J, Salmela J, Haapaniemi U & Juutinen R (toim.) (2010) Lähteikköjen ennallistamistarve – hyönteislajiston tarkastelu ja koko hankkeen yhteenveto. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 193.

Ilmonen J, Mykrä H, Virtanen R, Paasivirta L & Muotka T (2012) Responses of spring macroinvertebrate and bryophyte communities to habitat modification: community composition, species richness, and red-listed species. *Freshwater science* 31(2): 657–667.

Juutinen R (2007) Lähteikköjen luonnontilan ja sammallajiston muutokset Salpausselällä 1953–2006. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Juutinen R & Kotiaho J (2009) Lähteikköjen luonnontilan ja sammallajiston pitkäaikaismuutokset. Suomen ympäristö 19.

Juutinen R, Haapaniemi U & Kotiaho J S (2010) Lähteikköjen ennallistamistarve – kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen tarkastelu. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 192.

Juutinen R (2011) The decrease of rich fen bryophytes in springs as a consequence of large-scale environmental loss. A 50-year re-sampling study. *Lindbergia* 34: 2–8.

Kitti H (2013) Pohjavesien laadullisen turvaamisen ja puhdistamisen hyödyt Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 34.

Kløve B, Balderacchi M, Gemitzi A, Hendry S, Kvæner J, Muotka T & Preda E (2014) Protection of groundwater dependent ecosystems: current policies and future management options. *Water policy* 16(6): 1070–1086.

Kontula T & Raunio A (toim.) (2018) Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö, Helsinki.

Lehosmaa K, Jyväsjärvi J, Virtanen R, Ilmonen J, Saastamoinen J & Muotka T (2017 a) Anthropogenic habitat disturbance induces a major biodiversity change in habitat specialist bryophytes of boreal springs. *Biological Conservation* 215: 169–178.

Lehosmaa K, Jyväsjärvi J, Virtanen R, Rossi P M, Dimitrios R, Tatiana C, Markkola A, Ilmonen J & Muotka T (2017 b) Does habitat restoration enhance spring biodiversity and ecosystem functions? *Hydrobiologia* 793: 161–173.

Lehosmaa K (2018) Anthropogenic impacts and restoration of boreal spring ecosystems. Oulun yliopisto, luonnontieteellinen tiedekunta.

Lehosmaa K, Jyväsjärvi J, Ilmonen J, Rossi M R, Paasivirta L & Muotka T (2018) Groundwater contamination and land drainage induce divergent responses in boreal spring ecosystems. *Science of The Total Environment* 639: 100–109.

Metsähallitus. Suoluonnon suojele Metsähallituksessa.

Saatavana osoitteessa: (<https://www.metsa.fi/luonto-ja-kulttuuriperinto/lajien-ja-luontotyyppien-suojelu/luontotyyppien-suojelu/suoluonto/>)

Miller T K, Heegaard E, Hassel K & Kapfer J (2020) Environmental variables driving species composition in subarctic springs in the face of climate change. *Journal of Vegetation Science* 32(1).

Shiklamov I A & Rodda J C (2003) *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, Cambridge.

Suomen ympäristökeskus SYKE (2020) Norojen, lampien ja lähteiden kunnostus.

Saatavana osoitteessa: (https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/pienvesien_kunnostus/Norosten_lampien_ja_lahteiden_kunnostus)

Ulvinen T, Syrjänen K & Anttila S (toim.) (2002) Suomen sammalet -levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala.

Wetzel R G & Scheiner S M (toim.) (2001) *Freshwater Ecosystems*. Julkaisussa: *Encyclopedia of Biodiversity*: 560–569.

Liite 1: Lähteikköjen kuvaukset

Lähteikköjen kuvaukset on kirjoitettu sekä seurantatutkimuksen yhteydessä tehtyjen maastohavaintojen, että Haapaniemen (2009) laatimien kohdekuvauksien pohjalta. Kasvillisuusruuduidya otetuista kuvista on esitetty kolmas ruutu kultakin kasvillisuusruututyypiltä (Hete/allikko, oja, puro).

1. Karhulankeidas

Luonnontilaisesta kaksiosaisesta mesotrofisesta lähdeallikosta (kuva 1 A) ja lyhyestä lähteisestä puronvarresta koostuva lähteikkö sijaitsee varputurvekankaan ja isovarpurämeen reunassa (Haapaniemi 2008). Ympäröivä kasvatusmetsä koostuu nuorehkosta männystä ja hieskoivusta. Pienemmän allikon pohjoispäähän kaivetulla lyhyellä ojanpätkällä ei edelleenkään ilmene lähteisyyttä. Suuremman allikon kaakkoislaidalta lähtee piiloileva puro, jonka alkupää on kaivettu ojaksi. Puro katoaa noin kolmentoista metrin päässä allikosta luhtanevaan, jossa ei enää ilmene lähteisyyttä. Luhtanevan kaakkoislaidalla oja katkaisee puron luonnollisen uoman.

Lyhyessä ja lähteisessä ojassa ja sen reunamilla kasvaa suuria pajuja. Oja on lähestulkoon kasvanut umpeen eikä siinä ole edelleenkään havaittavissa virtausta; oja kasvaa runsaana rahkasammalta ja kaiken kaikkiaan se vaikuttaa kuivemmalta ja vähävetisemmältä kuin vuonna 2008. Allikoissa kasvaa runsaana kurjenjalkaa (*Comarum palustre*) ja hetepinnoilla rahkasammalta. Hetekuirisammalta (*Calliergon giganteum*) esiintyy runsaasti.

Allikoiden länsipuolella sijaitsee kaksi kaivoa (kuva 1 B), joita on kunnostettu vuonna 2018. Vielä vuonna 2008 vedenotto on ollut runsasta. Silmämääräisesti lähteikkö ei näytä edelleenkään kärsineen vedenotosta.



Kuva 1 A & B. A) Karhulankeitaan allikkolähde. B) Lähteen vierellä sijaitsevat kaivorakenteet.



Kuva 2 A & B. A) Ruutu H/A3, B) Ruutu O3.

3. Rummunlähteet

Mesotrofisen sararämeen, kanervarahkarämeen ja isovarpurämeen keskellä sijaitseva luonnontilainen mesoeutrofinen lähdeallikko ja -puro (Haapaniemi 2008) on pysynyt tähän saakka varsin muuttumattomana (kuvat 3 A & B). Allikkojen valtalajina on edelleen isonäkingsammal (*Fontinalis antipyretica*). Se kasvaa allikoissa paikoitellen tiiviinä kasvustoina, mutta pääosin varsin harvakseltaan. Allikoista luoteeseen lähtevä osin piiloilevan puron varsi on pääosin rämettä, paikoitellen nevaa. Puron ohittamat korpimaiset tervaleppäryhmät eivät edelleenkään ole merkittävän lähteisiä.

Vuonna 2008 purosta on tavattu mm. purolähdesammalta (*Philonotis fontana*), purossuikerosammalta (*Brachythecium rivulare*), isonäkingsammalta sekä lähdelehväsammalta (*Rhizomnium magnifolium*). Näitä kaikkia esiintyy purossa edelleen sekä niiden lisäksi myös hetealvesammalta (*Chiloscyphus polyanthos*). Paikoin hetekaali (*Montia fontana*) muodostaa purossa laakeita kasvustoja, allikkojen laidoilla taas kasvaa runsaana metsäkurjenpolvea (*Geranium sylvaticum*).

Puro yläjuoksultaan ja osin myös eteläisempi allikko, josta puro selkeästi virtaa, ovat runsaiden leväkasvustojen paikoitellen lähes kokonaan peittämiä. Purossa on sekä vihreää rihmamaista levää että tummanpunertavaa pallomaista levää (kuva 3 C). Etenkin jälkimmäinen näyttää vaikuttavan haitallisesti vesisammalten kasvuun. Levän alta löytyy runsaasti pelkiksi rangoiksi kuihtuneita isonäkingsammalkasvustoja ja spesialistilajien peittävyudet ovatkin laskeneet huomattavasti.



Kuva 3 A, B & C. A & B) Rummunlähteiden allikkoja. C) Etenkin isonäkinsammalta näivettävää leväkasvustoa.



Kuva 4 A & B. A) Ruutu H/A3, B) ruutu P3.

4. Riitaneva

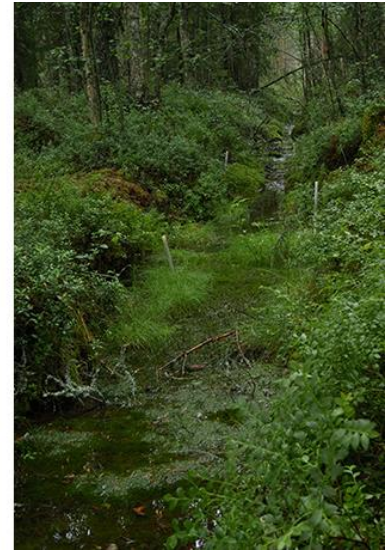
Muuttuneeksi luokiteltu Riitanevan lähteikkö koostuu suurimmilta osin kahdesta mesotrofisesta heikosti lähdevaikutteisesta ojasta ja niiden väliin jäävästä tihkupinnasta, joka on ojituksen myötä umpeenkasvanut ja soistunut (Haapaniemi 2008). Tihkupinta on edelleen hyllyvä (kuva 5 A). Lähteikköä ympäröivä varttunut kasvatusmetsä koostuu puustoltaan männystä, kuusesta ja hieskoivusta. Lisäksi ympäristössä kasvaa suuria katajia. Lahopuuta on hyvin niukasti lähinnä kantojen muodossa.

Ojaruudut on perustettu lähteisistä ojista pohjoisempaan, joka on matala, turvepohjainen ja heikosti virtaava (kuva 5 B). Ojan sammallajistoon kuuluvat edelleen hetealvesammal ja hetesirppisammal (ent. *Warnstorfia exannulata*), jälkimmäinen edellä mainittua huomattavasti runsaampana. Lisäksi ojissa esiintyy suokinnassammalta.

Luhtanevaksi luokiteltavan tihkupinnan (Haapaniemi 2008) lajisto on aikaisemmin koostunut vain niukasti lähdelajeista, eikä tilanne ole muuttunut.

Pohjoisempi oja sijaitsee loivassa rinteessä, mikä osaltaan selittää ojan virtausta. Riitanevan lähteikköä ympäröivissä lukuisissa matalissa ja turvepohjaisissa ojissa voi kuitenkin olla pohjavirtausta (Haapaniemi 2008).

Riitanevan lähteikön tila on vuonna 2008 luokiteltu sitä halkovasta laajasta ojituksesta johtuen heikoksi ja sen ennallistamista on suositeltu. Myös lähteikköä ympäröivä suo on laajojen ojituksien vuoksi kuivunut ja tämän myötä metsäkasvillisuus hallitsee kaikkia kasvillisuuskerroksia (Haapaniemi 2008). Alkuperäisen puron erottaa ojitusten vaikutuksen vuoksi maastossa enää vain vaivoin.



Kuva 5 A & B. A) Riitanevan hyllyvä tihkupinta ja kasvillisuusruutuja merkkäavat kulmaputket. B) Lähteinen oja.



Kuva 6 A & B. A) Ruutu H/A3, B) ruutu O2.

7. Hevoshaankeidas I

Korpimaisia piirteitä ilmentävällä lehtomaisella kankaalla sijaitseva muuttuneeksi luokiteltu lähteikkö koostuu lähes kokonaan ojasta (kuva 7), jonka kasvillisuus muodostuu lähteiden peruslajistosta. Uudistuskypsyn puuston valtalajina on kuusi, jonka lisäksi lähteikön ympäristössä kasvaa mäntyä, pihlajaa, rauduskoivua ja melko runsaana järeähköä tervaleppää. Alueen vähäinen lahopuu koostuu ojien ylle kaatuneista riukukokoisista pihlajista ja koivuista.

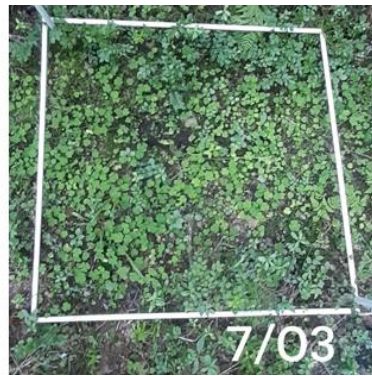
Lähteisten ja toisiinsa yhteydessä olevien ojien pohjoispuolella on pieni tihkupinta ja ojien keskellä on kaksi mahdollisesti ympäröivien puiden varjostuksesta johtuen edelleen kasvintonta allikkoa. Allikot ovat matalia ja näennäisesti turvepohjaisia. Ojien pohjamateriaali on hiekkaa.

Allikoiden länsipuolelle on syntynyt myös uusi allikko, jossa kasvaa purosuikerosammalta. Purosuikerosammal kasvoi edelleen runsaana myös ojissa. Aiemmin tavattua hetehiirensammalta (*Bryum weigelii*) ei lähteiköllä enää esiintynyt. Sen sijaan aiemmin ei-lähteiseksi merkatusta lounaisesta ojasta löytyi sekä purosuikerosammalta että isonäkingsammalta. Vuonna 2008 lähteiköltä oli löytynyt myös purokaltiosammalta (*Harpanthus flotovianus*) ja laholimisammalta (*Lophocolea heterophylla*), joista ensimmäinen on Suomen kansainvälinen vastuulaji ja jälkimmäistä ei oltu aikaisemmin ko. paikalla tavattu. Laholimisammalta tavattiin edelleen kasvillisuusruuduilta.

Allikot ja tihkupinta olivat edelleen kuivahtaneita, minkä voidaan päätellä johtuvan ympäröivistä ojituksista. Luonnontilaista tihkupintaa on jäljellä hyvin vähän ja lähdevedet virtaavat ojissa. On kuitenkin todennäköistä, että oja on kaivettu alkuperäisen puronuoman paikalle, jolloin alkuperäisen luonnontilan ja nykytilanteen välillä ei olisi suurta toiminnallista eroa. Ympäröivän lehtovoittoisen metsätyypin korpimaiset viitteet taas voivat kertoa siitä, että aiemmin kyseessä on ollut entinen korpi, joka on kuivunut ja muuttunut ojituksen vuoksi. Korpimaiset piirteet voisivat palautua, mikäli lähteikkö ennallistettaisiin. (Haapaniemi 2008). Hevoshaankeidas I:n eteläpuolella on osin luonnontilainen ja lajistoltaan vaikuttava ja edustava tihkupinta, jonka lähteiset vedet valuvat alueen ojiin.



Kuva 7. Hevoshaankeitaan lähteinen ojanvarsi



Kuva 8 A & B. A) Ruutu H/A3, B) ruutu O3.

10. Peräkorpi

Muuttuneeksi luokiteltu Peräkorven lähteikkö koostuu laajoista lähdevaihteisista ojista, allikosta, tihkupinnasta ja osin yhä toimivasta vanhasta puronuomasta. Suo- ja metsätyypit sekä tätä kautta puusto vaihtelevat huomattavasti lähteikön alueella. Lähteikön pohjoislaitaa hallitsee mustikka-/ruohokangaskorven varttunut kasvatusmetsikkö, jonka puusto muodostuu lähinnä kuusesta. (Haapaniemi 2008) Etelää kohti virtaavan lähteisen ojan varsi on puustoltaan yksinomaan männystä koostuvaa varputurvekangasta. Lähteikön kaakkoislaidalla sijaitseva laajahko tihkupinta ja sen poikki virtaava oja ovat ruohoturvekangasta, jonka puustossa on kuusta, tervaleppää ja hieskoivua. Rakenteeltaan puusto on kaikkialla kasvatusmetsää, mutta siinä on eri-ikäisyyden piirteitä. Sekä edellä mainitun laajahkon tihkupinnan ja pohjoisessa tukitun ojan alueilla on niin pysty- kuin maalahopuita. Etenkin pohjoisessa on runsaasti järeää lahpuuta.

Itäisen ojan vierustaa seuraileva vanha puronuoma on paikoitellen yhä virtaava, mutta selkeästi viereisen ojan kuivattama. Oja kerää vanhan uoman sijaan alueelle purkautuvat pohjavedet ja siinä virtaa runsaasti kirkasta vettä.

Selvästi virtaavat ojat ovat hiekka- ja turvepohjaisia ja pääosin niissä on vain niukasti kasvillisuutta. Kaakkoislaidan tihkupinnan koillisreunassa on pohjaveden purkautumispiste lähdeallikossa. Myös lähteikön pohjois-luoteis-akselilla sijaitsevan laajahkon hiekkapohjaisen tihkupinnan ja allikon keskiössä on purkautumispisteitä (kuva 9 A). Lännestä laskeva oja tuo selvästi humuspitoista ruskeaa vettä allikkoon. Tämän allikon vieritse kulkee kansallispuiston merkattu reitti ja sen törmälle on rakennettu katselutasanne. Kaikki lähteikön kasvillisuusruudut sijaitsevat tällä hete-allikolla ja sen poikki kulkevassa ojassa. Kaikkien ruutujen kulmaputkia ei löytynyt, mutta niitä ei myöskään merkattu uudestaan katselutasanteen ja polun läheisyyden vuoksi.

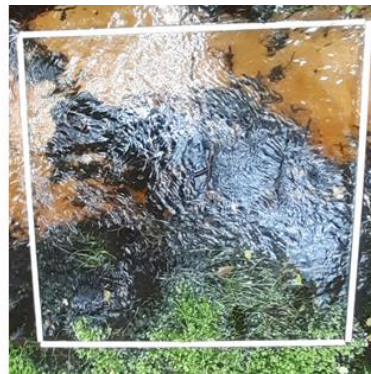
Lähteikköaluetta ympäröivä oja on tukittu vuosina 2011 ja 2013. Ojan pohjoisosiin on rakennettu koko sen pituudelta järeitä patoja noin 30:n metrin päähän toisistaan. Vesi on noussut paikoitellen patojen vuoksi hyvin korkealle ja levinnyt ympäröivään maastoon (kuva 9 B). Vedenpinnan nousu ja tehdyt ennallistamistoimet ovat syynä siihen, miksi järeää lahpuuta on näillä paikkeilla huomattavan paljon. Lähellä tukitun ojan koillisnurkkaa siitä haarautuu lähteinen, tukkimaton oja. Padotussa ojassa on tässä kohtaa hieman hetealvesammalta, kuten myös padotun ojan aivan länsilaidalla, mistä oja jatkuu patoamattomana kohti allikkoista purkautumispistettä ja tutkimusruutuja.

Hetealvesammal ja isonäkingsammal esiintyvät lähteikössä runsaina, mutta paikoitellen ojat ovat myös kasvittomia. Tällaisia suurimmilta osin kasvittomia alueita ovat sekä tutkimusalueelta etelään virtaava oja sekä pohjoisen tukitulta padolta etelään johtava oja. Jälkimmäisessä kasvaa runsaasti levää.

Peräkorven lähteikköä on vuonna 2008 suositeltu ennallistettavaksi. Ennallistamisen tavoitteena olisi tällöin parantaa ojituksen heikentämien tihkupintojen tilaa ja palauttaa lähdevedet takaisin yhä paikoin olemassaolevaan puronuomaan ojat tukkimalla (Haapaniemi 2008). Ennallistamistoimet ovat tapahtuneet verrattain kaukana lähteikköalueesta, joten sen vaikutukset eivät juurikaan näy itse lähteiköllä. Tästä syystä lähdeettä ei ole luokiteltu ennallistetuksi. Lähteisen etelää kohti kulkevan ojan varrella on havaittavissa tihkupintaa ja lyhyitä puro-osuuksia, joissa virtaa vesi.



Kuva 9 A & B. A) Laaja allikko ja hiekkapohjaiset purkauspisteet. B) Patoamisen myötä kohonnut vedenpinta lähteiköltä pohjoiseen.



Kuva 10 A & B. A) Ruutu H/A2, B) ruutu O3.

11. Lohikeidas

Ennallistettuun Lohikeitaan lähteikköön kuuluu hiekkapohjainen edustava tihkupinta ja allikko (kuva 11 A), jonka keskellä on pulppuava pohjaveden purkautumispiste sekä allikosta aluksi etelään kulkeva ja noin 200 metrin jälkeen jyrkästi länteen kääntyvä lähdevaikutteinen ja hiekkapohjainen puro (kuva 11 B). Allikkoon laskee pohjoisesta oja, joka on padottu vuonna 2013. Ympäristö on mustikkatyypin kangasmetsää mustikkakorpilaikuin. Puusto on ikäluokaltaan osin erirakenteista, mutta pääosin uudistuskypsää kuusikkoa. Ympäristössä kasvaa myös hieman haapaa etenkin puron alajuoksulla sekä pihlajaa, mäntyä ja hieskoivua. Allikon pohjoisreunalla kasvaa vanha ja kookas raita. Raita on osin lahonnut ja siinä kasvaa edelleen raidankeuhkojäkälää (*Lobaria pulmonaria*), joka oli havaittu myös vuonna 2008. Pensaskerroksessa kasvaa niukasti virpapajua sekä etenkin allikon länsipuolella nuorta paatsamaa, leppää ja pihlajaa.

Lahopuuta on vuonna 2008 kuvattu Haapaniemen toimesta olleen lähteikön välittömässä läheisyydessä vain niukasti, mutta sen ympäristössä on ollut lahopuuta kohtalaisesti lähinnä tervalepän ja haavan muodostamina pysty- että maapuina. Vuonna 2020 lahopuuta oli jonkin verran myös allikon yhteydessä. Osa allikon laidalla kasvavasta raidasta oli kaatunut ja lahonnut suoraan H/A4-ruudun päälle. Myös tukitun ojan varsilla ja sen päällä on jonkin verran järeähköjä kaatuneita kuusia (kuva 11 C) ennallistamisen seurauksena.

Lohikeitaan ennallistaminen on suoritettu tukkimalla siitä pohjoiseen lähtevä ja lännen kautta puroon sen lounaispuolella yhtyvä oja. Yläjuoksun ojaan on rakennettu myös sen lähteiselle osuudelle kapeita, noin kahden metrin levyisiä patoja. Yksi näistä padoista on tehty suoraan O5-ruudun ylle, eikä kyseistä ruutua uusittu. Tässä ojaosuudessa havaittiin patojen väleissä tummaa, kasvitonta, leväistä ja seisovaa vettä. Alimmasta padosta lähtien ojassa on selkeä kohti allikkoa johtava virtaus. Ojan pohjoispäätä kohti mentäessä patojen väleissä kasvaa myös paikoitellen paksusti rahkasammalta sekä joissain näennäisesti seisovavetisissä altaissa on vähäisiä, yksittäisiä hetealvesammallesiintymiä. Oja tekee sen pohjoisimmassa kulmassa jyrkän mutkan ja kääntyy tästä luoteeseen, kunnes kääntyy jälleen kohti etelää. Pohjois-luoteis-välillä oja on tehokkaammin tukittu ja sen paikalla kasvaa myös paljon karhunsammalia. Ojan kääntyessä kohti etelää on vuoden 2008 karttoihin merkattu heikkoja pohjavesipurkaumia. Näillä paikkeilla pato vuotaa hieman kulumastaan maastoon. Vuotavan padon yhteydessä kasvaa jälleen hetealvesammalta ja lisäksi hetesirppisammalta.

Allikon lounaispuolella sijaitsevat tihkupinnat ovat osin eläneet viimeisen kahdentoista vuoden aikana. Ne eivät ole varsinaisesti kutistuneet tai kasvaneet, vaan muuttaneet jonkin verran muotoaan. Allikon kasvillisuus ja hetepinnat näyttävät kuvien perusteella runsastuneen ja umpeutuneen sitten vuoden 2008; tuolloin purkauspisteen ympärillä on ollut huomattavasti enemmän avovettä kuin nyt. Allikon läpi ojalta puroon kulkee selkeästi hetepinnan läpi uurtunut virtaava juotti. Kuvien perusteella myös irtonaisen, aiemmin mahdollisesti sittemmin tukitusta ojasta valuneen humuksen määrä oli vuonna 2020 silminnähden vähentynyt.

Ennallistamisen yhteydessä puron alajuoksun uomaa on oikaistu. Oikaistu osuus on hiekkapohjainen ja huomattavan leväinen. Heti oikaistun osuuden alajuoksulla kasvaa isonäkingsammalta ja purosuikerosammalta.



Kuva 11 A, B & C. A) Lohikeitaan allikko ja sen hetepintoja. B) Avolähteestä laskeva hiekkapohjainen lähdepuro. C) Padotun ojan ylle kaatuneita puunrunkoja.



Kuva 12 A, B & C. A) Ruutu H/A3, B) ruutu O3 ja C) ruutu P3.

12. Lylykeidas

Laajan suoalueen keskellä kohoava mesotrofinen lähteikkö sijaitsee ympäristöään kuivemmassa saarekkeessa (Haapaniemi 2008). Se muodostuu syvästä, jyrkkäreunaisesta allikosta, joka vuonna 2008 on ollut osin kivipohjainen, mutta nyt kivipohjaa ei enää näkynyt (peittynyt turpeen ja vesisammalten alle). Edelleenkin vuonna 2020 tihkupintaa ei ollut havaittavissa ja lähteikkö rajautuu selvärajaisesti isovarpurämeeseen ilman selkeää lähteikköjen putkilokasvustoa. Vuonna 2008 allikossa on kasvanut sammalia ainoastaan sen pohjalla, mutta nyt isonäkinsammal muodostaa suuren yhtenäisen lautan myös allikon pinnalle. Allikon keskellä on edelleen vedenottorakennelma (kuva 13 A), mutta vuonna 2008 kuvattua itään lähtevää putkea ei maastossa näy.

Syvän allikon kaakkoispuolella on ollut vuonna 2008 viisi pienempää allikkoa. Sittemmin nämä ovat yhdistyneet ja muodostavat nyt yhtäjaksoisen pitkulaisen allikon, joka kulkee vedenottorakennelmalta kohti puroa (kuva 13 B). Virtausta vedenottopaikalta puron suuntaan ei kuitenkaan ole havaittavissa.

Kartan mukaan ja maastoa tarkastelemalla vedenottopaikan allikko on vuoden 2008 jälkeen kutistunut; sen pohjoisin reuna ei ole enää yhtä suoraviivainen, vaan hieman mutkitteleva.

Suon keskellä sijaitsevalla saarekkeella allikoiden koillispuolella kulkee etelää kohden osin piiloileva puro. Purossa ja sen laidoilla kasvaa runsaasti nuorta tiheää pajukkoa. Aivan puron pohjoislaidalla sen yläjuoksulla virtaus on hyvin selkeää, mutta myöhemmissä näkyvissä paikoissa pääosin vain vaivoin havaittavaa. Myös levää on jonkin verran.

Suurimman allikon vedenottopaikka on ollut käytössä vielä vuonna 2008. Vedenotto on jatkunut samantasoisena vuoteen 2020 asti, mutta kaivorakennelman hyvän kunnon vuoksi lähteellä käydään vain harvakseltaan (Pekka Vesterinen, suull. 2020). Vuonna 2008 muunmuassa allikon sammalkasvustoja on perattu, mutta nyt tällaisesta toiminnasta ei ole näkyvissä minkäänlaisia merkkejä. Myös suon poikki lähteelle johtava vanha mönkijäura on enää vain vaivoin maastossa havaittavissa.

Erillisissä pienemmissä allikoissa on ollut alunperin neljä ja suuressa allikossa kolme kiinteää kasvillisuusruutua, joiden kaikkien kulmaputket ovat sittemmin kadonneet. Uusia ruutuja ei merkattu maastoon senhetkisen välinevajakuksen vuoksi. Ruudut oli kuitenkin helppo toistaa oikeille paikoilleen, sillä muutokset ko. lähteiköllä eivät ole olleet kovin suuria ja sittemmin syntynyt pitkulainen allikko mukaillee selkeästi aiemmin paikalla olleita pienempiä allikoita. Loput hete- ja allikkopinnan kasvillisuusruudut olivat satunnaistettuja. Kaikista puroruutujen kulmatolpista vähintään yksi oli tallessa.



Kuva 13 A & B. A) Allikon vedenottorakennelma. B) Lähteen vierellä yhdistyneet allikot.



Kuva 14 A & B. A) Ruutu H/A3, B) ruutu P3.

13. Huhtakorpi/Kivijata

Muuttuneeksi luokiteltu Huhtakorpi on laaja ja lajistoltaan edustava lähdeojan ympärille keskittyvä lähdekokonaisuus, jonka lähiympäristön muodostaa tuore ja lehtomainen kangas sekä käenkaali-oravanmarjatyyppin lehto (Haapaniemi 2008). Pohjois-eteläsuuntaisesti kulkeva yhteensä yli kilometrin mittainen oja (kuva 15 A) on sen eteläosissa pohjamateriaaliltaan hiekkaa, mutta pohjoisessa turvetta. Lähteikön ympäristössä nuoresta varttuneempaan vaihteleva metsä on puustoltaan monipuolinen. Valtalajina on kuusi, mutta alueella kasvaa myös hieskoivua, haapaa, harmaa- ja tervaleppää sekä raitaa. Lahopuuta on niukasti ja lähinnä kapeiden riukujen muodossa. Pensaskerroksessa kasvaa raitaa, paatsamaa, virpapajua sekä kuusen ja pihlajan taimia.

Selvästi lähdevaikutteinen oja virtaa vuolaasti ja on lähes kokonaan hyvin puromainen (kuva 15 B). Ojan varrella siihen yhtyy tihkupinnan, pienen allikon ja laskupuron muodostama lähteikkö sekä vanha puronuoma, jossa yhä virtaa lähdevettä. Aivan lähteikön pohjoispäässä on alueita, joilla vesi virtaa heikommin ja rahkasammalet kasvavat runsaina uomissa. Mittapadolta etelään mentäessä ojasta haarautuu kohti itää erillinen hiekkapohjainen puronuoma, joka saa alkunsa viidestä erillisestä purkauspisteestä. Lähteikön eteläosissa lähellä vedenjakajaa on ojan itäpuolella pieni, kivipohjainen ja tihkupintainen allikkolähde, jonka kirkasvetinen hiekka- ja kivipohjainen laskupuro virtaa itse ojaan. Puro kulkee vanhaa ajouraa pitkin ja tämä on saattanut vaikuttaa uoman syntyyn. Vedenjakajalta lähdevedet virtaavat suoraviivaista ojaa pitkin kohti lounasta lähteisyyden jatkuessa määrittämättömän mittaiselle matkalle.

Vuonna 2008 ojassa ovat kasvaneet peittävinä purosuikerosammal ja hetealvesammal sekä näiden lisäksi lajistoon on kuulunut isonäkingsammal, hetekuirisammal, hetesirppisammal, heterahkasammal, purolähdesammal, Tihkupinnoilla purosuikerosammal, lähdelehväsammal ja isolehväsammal ovat olleet runsaita.

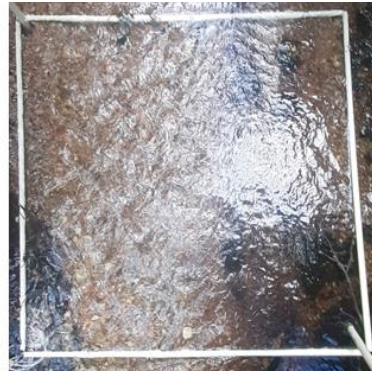
Edelleen purosuikerosammal on selvästi lähteikön valtalaji. Myös hetealvesammalta esiintyy edelleen runsaasti. Näiden ja edellä mainittujen lajien lisäksi lähteiköllä kasvaa hetehiirensammalta.

Runsaan tavallisenomaisen lähdelajiston lisäksi Huhtakorvesta on löydetty joitakin harvinaisuuksia. Vuonna 2008 on löydetty uusi esiintymä alueellisesti uhanalaisesta ryytisammalesta (*Geocalyx graveolens*), joka on kosteiden ja varjoisten metsien, rehevien korprien ja lähdepurojen palteiden laji (Syrjänen ym. 2007; Haapaniemi 2008). Vuodesta 2007 tavattu niin ikään alueellisesti uhanalainen laholimisammal (*Lophocolea heterophylla*). Ryytisammalta tavattiin seurantakartoituksessa kasvillisuusruuduilta. Myös harsosammal (*Trichocolea tomentella*) on löytynyt vuonna 2008 tehdyssä kartoituksessa kasvillisuusruudulta H/A3. Se tuli edelleen vastaan samaisella ruudulla edellistä havaintokertaa runsaampana ja esiintyy myös lähteikön muilla alueilla. Viidestä erillisestä purkauspisteestä alkunsa saavassa purolähteikössä esiintyy edelleen runsaana poimulehväsammalta (*Plagiomnium undulatum*).

On selvää, että ojitukset ovat muuttaneet merkittäväällä tavalla Huhtakorven lähteikköä (Haapaniemi 2008). Todennäköisesti oja on kaivettu alkuperäiseen puronuomaan, joka lähteikön pohjoisosissa on edelleen paikoin havaittavissa. Oja on mitä luultavimmin kuivattanut lähteikön tihkupintoja, joita on voinut alunperin esiintyä laajemmalla alueella ja myös ojan länsipuolella, josta niitä ei enää löydy ollenkaan.



Kuva 15 A & B. A) Huhtakorven lähteinen ojanvarsi. B) Oja on ajan saatossa kehittynyt hyvin puromaiseksi.



Kuva 16 A, B & C. A) Ruutu 13/H/A3, B) ruutu 13/O2 & C) ruutu 13/P3.

16. Kauhalammi

Luhtakorvessa sijaitseva ennallistettu mesoeutrofinen Kauhalammin lähteikkö koostuu vuonna 2014 padotusta lähdevaikutteisesta luoteis-kaakkosuuntaisesta ojasta, sen yläjuoksun lounaispuolisesta tihkupinnasta (kuva 17 A) ja alajuoksun luonnontilaisesta purosta. Ennallistamistöiden myötä aiemmin ojassa virrannut lähteinen vesi on noussut kulkemaan ojan myötäisesti sen lounaispuolelle vanhaan puronuomaansa, jonne on muodostunut vuoronperään ojasta erkaantuvia ja siihen yhtyviä katkonaisia polveilevia virtauksia.

Lähteikön eri-ikäisrakenteinen puusto koostuu hieskoivusta, kuusesta, männystä, rauduskoivusta ja tervalepystä. Pajut kasvavat etenkin lähteikön tihkupinnan tuntumassa tiiviinä ja ryteikköisenä. Lähteiseen ojaan aikaisemmin yhtyneiden ja sittemmin padottujen koillis-luoteissuuntaisten ojien paikoilla kasvaa pensaskerrossa runsaasti vadelmaa.

Lahopuuta on tihkupinnalla runsaasti sekä pysty- että maapuuna. Suurin osa lahopuusta on riukupuuta. Padotun ojan ylle ja sivuille on kaatunut paljon myös järeämpää kuusta.

Kauhalammin lähteikön ympäristöä on ennallistettu järeällä otteella. Lähteisen ojan yläjuoksulta koilliseen ja lounaaseen kääntyvät haarat on täytetty, samoin kuin jokainen lähteisestä ojasta lounaaseen lähtevä sivuhaara. Myös varsinaisessa lähteisessä ojassa on useita patoja noin kolmenkymmenen metrin etäisyydellä toisistaan. Nämä padot ovat suunnilleen parin metrin levyisiä (kuva 17 B). Uomaan on tuotu myös pyöreitä kiviä vedenpintaa korottavaksi pohjapatorakenteeksi.

Vuonna 2008 lähteiköllä ei oltu havaittu pohjaveden purkautumispisteitä, mutta nyt näyttää mahdollisesti siltä, että aivan säännöllisesti padotun ojan luoteiskulmassa O1-ruudun yläjuoksulla olisi heikko purkautumispiste. Voi myös olla niin, että vesi pääsee virtaamaan läpi yläjuoksun padosta, joka on vain noin metrin päässä tästä mahdollisesta purkautumispisteestä.

Luoteis-kaakkoissuuntainen oja on hiekka- ja turvepohjainen. Suurin osa ojan ruutujen kulmaputkista oli veden alla, eli vedenpinnan korkeus on noussut ojassa siihen rakennettujen patojen myötä. Mahdollisesti tästä syystä ruutuja O4 ja O6 ei löytynyt ollenkaan, joten ne perustettiin uudelleen. Ojan lounaispuolella sijaitseva tihkupinta on pysynyt näennäisesti hyvin samankaltaisena kuin mitä se on ollut vuonna 2008. Tihkupinnalla on edelleen muutamia pieniä allikoita. Myös tihkupinnalta jäi vuonna 2020 löytämättä ruudut H/A2 ja H/A3. Ne perustettiin uudelleen.

Ojan kasvillisuus on kokonaisuudessaan vähäistä, mutta paikoitellen siellä täällä kasvaa isonäkingsammalta. Ennen ennallistamista ojien ehdoton valtalaji on ollut juuri isonäkingsammal (Haapaniemi 2008). Isonäkingsammalta esiintyy myös runsaana tihkupinnan allikoissa ja ojaa seurailevissa puronuomissa. Tihkupintojen ja allikoiden runsaimpia lajeja ovat olleet vuonna 2008 isonäkingsammal, kiiltolehväsammal ja purosuikerosammal. Ojissa on tavattu myös hetesirppisammalta, jota edelleen kasvaa lähteiköllä siellä täällä. Nyt lähteisyyttä ilmentävät lisäksi muutamat hetealvesammaleesiintymät sekä purokinnassammal (*Scapania undulata*).

Osa lähteisen ojan padoista vuotaa sivusta. Yksi tällainen pato sijaitsee hieman ennen ojan yhtymistä alkuperäiseen puronuomaan. Patoa ennen on ojassa syvä ja leveä veden täyttämä kuoppa, josta on kaivettu turvetta ja maa-ainesta patoa varten. Tämä allas on täynnä voimakkaan oranssia rautapitoista vettä.

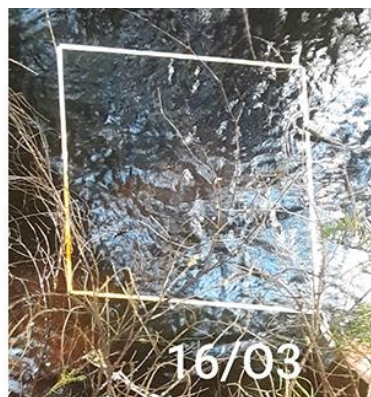
Luonnontilainen puro lähteikön alajuoksulla on merkattu vuonna 2008 lähteisyyttä ilmentäväksi hyvin pitkältä matkalta. Nykyisellään lähteisyys loppuu huomattavasti aikaisemmin. Puroon yhtyy lounaasta oja, joka vuoden 2008 tietojen mukaan on ollut kuiva.

Vuonna 2020 asia ei enää ole niin, vaan ojasta valuu puronuomaan voimakkaan rautapitoista vettä. Puron vesi on tästä eteenpäin alajuoksua kohden mentäessä väriltään selvästi oranssia. Tämä voi mahdollisesti vaikuttaa siihen, miksi puron lajisto on saattanut taantua.

Vuoden 2008 raportissa Kauhalammin ennallistamista on suositeltu juuri patoamalla tehtäväksi. Tämän on toivottu estävän ojien ympäristöä kuivattavaa vaikutusta sekä edesauttavan ojaa reunustavan tihkupinnan elpymistä ja jopa mahdollista laajentumista.



Kuva 17 A & B. A) Lähteen hetteikköä. B) Ojaan rakennettu pato.



Kuva 18 A & B. A) Ruutu H/A3, B) ruutu O3.

17. Pimiäkorpi I

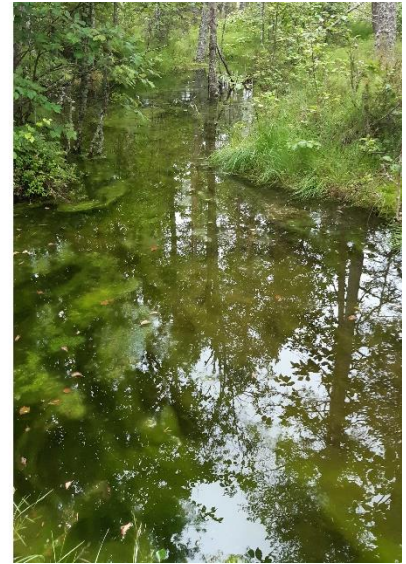
Allikon, puron, ojan sekä tihkupintaa sisältävä mesotrofinen lähteikkö sijaitsee isovarpurämenttä ja varputurvekangasta edustavalla suolla (Haapaniemi 2008), joka on ennallistettu vuonna 2003. Vuonna 2008 Lähteiköllä on erotettu metsäkortekorven piirteitä, kun taas allikko on edustanut koivuluhtaa. Ympäröivä puusto on nuorehkoa kasvatusmetsää. Valtalajeina ovat kuusi ja mänty. Pensaskerroksessa viihtyvät kataja, virpapaju ja pihlajan taimet.

Allikkoon on kuollut pystyyn rinnankorkeuslähimitaltaan 20 cm kuusia, koivuja ja harmaaleppiä (kuva 19 A), muuten lähteiköllä ja sen ympäristössä ei lahpuuta ole.

Ennallistaminen on toteutettu lähteikköä ympäröivällä suolla täyttämällä sitä pohjois-eteläsuunnassa halkovat kolme ojaa. Ennallistamisen jäljet ovat kadonneet hieman alle kahdessakymmenessä vuodessa hyvin maastoon. Allikon itäpuolella kulkeva heikosti lähteinen ja virtaava ojanpätkä on jätetty täyttämättä. Heti O1-ruudun pohjoispuolelta alkava pato näyttää vuotavan hieman. Oja yhtyy puron alkupäähän, joka puolestaan saa alkunsa allikosta. Allikko on ollut vuonna 2008 niukkalajinen ja runsasleväinen, mitä se on edelleen (kuva 19 B).

Piiloileva allikosta etelään laskeva voimakasvirtainen karike- ja turvepohjainen puro katoaa maan alle alle sadan metrin päässä allikosta. Puro purkautuu takaisin maanpinnalle noin kymmenen metrin matkalle tästä entisestään etelään mentäessä sekä myöhemmin noin puolen kilometrin päässä lähteestä. Lähempänä lähettä sijaitsevan puronpätkän varrella kasvaa runsaasti virpapajua. Itse puro on tässä kohtaa täysin levätön ja siinä kasvaa luhtakuirisammalta ja hetealvesammalta.

H/A5-ruudun kulmaputkia ei löydetty, joten kyseinen ruutu perustettiin uudelleen.



Kuva 19 A & B. A) Lähdeallikko. B) Lähde on edelleen runsasleväinen ja vähälajinen.



Kuva 20 A, B & C. A) Ruutu H/A3, B) ruutu 17/O3 & C) ruutu P3.

18. Pimiäkorpi II

Ennallistettu ympäristöltään varputurvekankainen lähteikkö koostuu tihkupinnasta (kuva 21 A), lyhyistä vuonna 2011 padotuista ojanpätkestä sekä purosta. Kahden aikaisemmin osin lähdevaikutteisen, mutta sittemmin padotun etelä-pohjoissuuntaisen ojan väliin jää lähteikön itäpuolella tihkupinta, joka pitää sisällään luhtaisia, lettoisia, lähteisiä ja korpisia alueita (Haapaniemi 2008). Aikaisemmin paikoitellen lähteinen ja voimakkaasti virrannut ojikko on patoamisen jälkeen muuttunut seisovavetiseksi, leväiseksi ja vähälajiseksi (kuva 21 B). Lähteikköön kuuluva puronuoma on vuonna 2008 ollut kuivunut ja vaikeasti havaittava. Ennallistamisen vaikutuksesta tihkupinnalta ojien poikki länteen lähtevän puron havaittiin vuonna 2020 elpyneen ja se jatkuu pitkälle lounaaseen voimakkaan lähteisenä.

Lähteikön puuston valtalaji on mänty, lisäksi sen rinnalla kasvaa hieman hieskoivua. Tihkupinnan tuntumassa kasvaa tervaleppää, pihlajaa, korkeaa kiiltopajua ja nuorta kuusikkoa. Täytettyjen ojien varsilla kasvaa pensaskerrossa katajaa, pajuja ja nuoria hieskoivuja. Lahopuuta ei juurikaan lähteiköllä tai sen tuntumassa ole. Itä-länsisuuntaisen aiemmin lähteisen, mutta nyt padotun ojan länsilaidalla puusto on hieman varttuneempaa ja ojan varrelle on kaatunut muutama iäkäs mänty.

Vuonna 2011 toteutetussa ennallistamisessa suurin osa pohjoisesta etelään laskeneista ojista on padottu toisistaan noin kahdenkymmenen metrin etäisyydellä olevilla padoilla. Osa padotuista ojista on kuivunut ja patojen väleissä kasvaa lähinnä rahkasammalta. Keskimmäisen ojan kolmen eteläisimmän padon havaittiin vuotavan ja niiden kohdilta tulee pohjoisesta heikko virtaus. Hyvin järeät padot tukkivat myös idästä länteen kulkevaa ojaa, jossa on kuvailtu olleen voimakas virtaus ja lähdesammalten vallitsevuus (Haapaniemi 2008). Itä-länsisuuntaisen ojan padot ovat pitäneet hyvin ja niiden väleihin jäävä vesi on tummunut ja vedenpinta kohonnut. Näennäisesti seisovassa vedessä kasvaa ojan länsipuolella patojen välissä yhden esiintymän verran hetesirppisammalta.

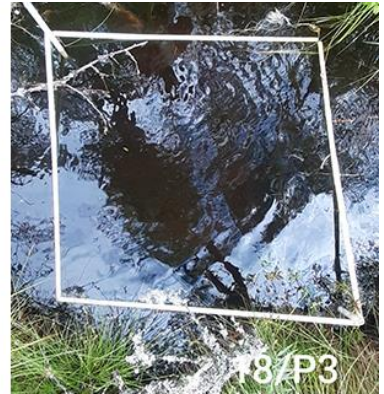
Lännessä poikittaissuuntainen oja yhtyy pohjois-eteläsuuntaiseen reunaojaan. Reunaoja on noin kahden metrin levyinen ja näennäisesti syvä. Ojien yhtymäkohdassa jokaisessa ojanhaarassa oleva pato vuotaa hieman. Näistä pohjoisimman padon pohjoisen ja eteläisen puolen välillä on puolen metrin vedenpinnan korkeusero. Paikoitellen ojissa on nähtävissä hiekkapohja. Vuotavien patojen läheisyydessä kasvaa pieniä esiintymiä hetesirppisammalta ja rimpisirppisammalta (*Scorpidium revolvens*).

Sekä lähteikön tihkupinnan eteläisempi ja avoimempi että pohjoisempi ja sulkeutuneempi osa ovat pysyneet elinvoimaisina.

Uhanalainen lähdesara näyttää runsastuneen alueella, joskaan systemaattista seuranta ei ole tehty (Jari Ilmonen & Pekka Vesterinen, suull. 2020). Uoma on lähes kasviton ja hieman leväinen, mutta siinä kasvaa sen yläjuoksulla ojien lähetyvissä hetesirppisammalta, hetealvesammalta ja purosuikerosammalta. Elpynyt lähdepuro jatkuu kohti lounasta selkeästi virtaavana (kuva 21 C). Itä-länsisuuntaisen ojan ohitettuaan siinä ei enää havaita leväkasvustoja. Sen sijaan laskupurossa kasvaa hetealvesammalta, purosuikerosammalta sekä runsaasti isonäkkinsammalta. Uoma on mutkitteluva ja paikoin hiekkapohjainen, sen varrella kasvaa runsaasti katajaa ja paikoin virpapajua. Lähteisyys jatkuu uomassa pidemmälle kuin mitä sen vartta seurattiin vuonna 2020.



Kuva 19 A, B & C. A) Tihkupinnan ja ojien yhtymäkohta. B) Padotun ojan leväistä ja seisovaa vettä. C) Voimakkaasti virtaava ennallistamisen myötä elpynyt lähdepuro.



Kuva 20 A, B & C. A) Ruutu H/A3, B) ruutu 18/O3 & C) ruutu 18/P3.

19. Mustakeidas

Mesotrofinen useiden satojen metrien mittainen lähdepuro alkaa kapeana pohjoisesta soistuneelta kankaalta. Yläjuoksulla puronvartta reunustaa sulkeutunut mäntyvaltainen puusto, joka on kehitysvaiheeltaan nuorehkoa kasvatusmetsää. Lahopuuta ei ole. Puroon yhtyy sen yläjuoksulla luoteesta sivuhaara, jonka alkupää on epäselvä ja piilotteleva. (Haapaniemi 2008) Nyt tähän sivuhaaraan liittyy sen länsipuolelta myös toinen haara, joka oli yhtä lailla yläjuoksultaan epäselvä. Tässä myöhemmässä haarassa on havaittavissa heikko puron pääuomaa kohti kulkeva virtaus.

Niukkalajinen pääuoma mutkittelee suurimmaksi osaksi avoimen kanerva- ja variksenmarjarämeen poikki (kuva 21 A). Ympäröivä männikkö muuttuu alajuoksua kohden mentäessä jatkuvasti kituliaammaksi. Aivan lähteen puron loppupäässä ympäristö muuttuu avoimeksi suoksi ja tämän jälkeen puustoiseksi nevarämeeksi, jonka vierellä on laajahko ja epäselvärajainen avoin tihkupinta. Alajuoksulla puronvarren puusto muodostuu paikoin hieskoivusta ja pajuista. (Haapaniemi 2008)

Purossa virtaavan veden pinnankorkeus on noussut tuntemattomasta syystä huomattavasti, noin 20-30 cm (Pekka Vesterinen, suull., 2020). Puron vesi on noussut laajalti jyrkkien reunojensa yli ja levinnyt ympäristöön noin viidestä kymmeneen metrin leveydeltä uoman molemmin puolin (kuva 21 B). Muutos on ollut äkillinen ja se on havaittavissa pitkälti alajuoksulle päin mentäessä. Veden alle on jäänyt monin paikoin vielä hyväkuntoisia jäkälä ja varvikoita. Vuonna 2008 kuvatut puronvarren tihkupinnat olivat vaikeasti erotettavissa. Yläjuoksun päähaara on niukkasvustoinen ja leväinen. Aiemmin kuvattu osittainen hiekkapohja ei ole enää havaittavissa.

Lähteikön ruudut on perustettu aivan puron yläjuoksulle lähelle luoteesta tulevia sivuhaaroja. Osa hete- ja allikkoruuduista sijaitsee pääuoman itäpuolella olevalla hetteikköpinnalla. Loput H/A-ruudut ovat olleet puron itäisimmässä haarassa, joka vuonna 2008 on kartan mukaan ollut laajalti hete-allikkopintaa. Nyt kyseisessä kohdassa on havaittavissa selkeä puronuoma. Puroruudut jatkuvat tästä kohdasta alajuoksua pitkin kohti etelää.

Lähes kaikki puroon perustetut ruudut jouduttiin uusimaan kadonneiden tai mahdollisesti nousseen veden alle jääneiden kulmaputkien vuoksi. Ruutua P1 ei voitu perustaa uusiksi kohonneen vedenpinnan vuoksi ja samasta syystä P3:n molemmat uudet kulmatolpat sijaitsevat vierekkäin puron kaakkoislaidalla, kun vuonna 2008 ruutu on merkattu kulmittain keskelle puroa. P6 on perustettu uusiksi uoman länsipuolelle.



Kuva 21 A & B. A) Mustakeitaan luonnontilainen ja edustava lähdepuro. B) Lähteen vedenpinta on noussut ja levinnyt ympäristöön.



Kuva 22 A & B. A) Ruutu H/A3, B) ruutu P3.

Liite 2: Lähteillä tavatut lehti- ja maksasammalet

Lähteillä tavatut lehti- ja maksasammallajit.

Lehtisammalet	
<i>Aulacomnium palustre</i>	Suonihuopas ammal
<i>Brachythecium rivulare</i>	Puros uikeros ammal
<i>Brachythecium sp.</i>	
<i>Bryum weigelii</i>	Hetehiirens ammal
<i>Calliergon cordifolium</i>	Luhtak uiris ammal
<i>Calliergonella cuspidata</i>	Otaluh tas ammal
<i>Calliergon giganteum</i>	Hetek uiris ammal
<i>Dicranella sp.</i>	
<i>Dicranum sp.</i>	
<i>Fontinalis antipyretica</i>	Is on äki ns ammal
<i>Helodium blandowii</i>	Kampas ammal
<i>Hylocomium splendens</i>	Mets äk erross ammal
<i>Leptodictyum riparium</i>	Saukons ammal
<i>Mnium hornum</i>	Soukkalehväs ammal
<i>Paludella squarrosa</i>	Rassis ammal
<i>Philonotis fontana</i>	Purolähdes ammal
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	Mets älehväs ammal
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	Korpilehväs ammal
<i>Plagiomnium medium</i>	Is olehväs ammal
<i>Plagiothecium ruthei</i>	Lehtolaakas ammal
<i>Plagiothecium sp.</i>	
<i>Pleurozium schreberi</i>	Seinäsammal
<i>Pogonatum urnigerum</i>	Törmähiekkas ammal
<i>Pohlia nutans</i>	Nuokkuvars tas ammal
<i>Pohlia sp.</i>	
<i>Polytrichum sp.</i>	
<i>Pseudobryum cinclidioides</i>	Kiiltolehväs ammal
<i>Rhizomnium magnifolium</i>	Lähdelehväs ammal
<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	Lettolehväs ammal
<i>Rhizomnium punctatum</i>	Kilpilehväs ammal
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Mets äliekos ammal
<i>Sanionia uncinata</i>	Mets äk amppis ammal
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	Heterahkas ammal
<i>Sphagnum sp.</i>	
<i>Straminergon stramineum</i>	Kalvask uiris ammal
<i>Warnstorffia exannulata</i>	Hetes irppis ammal
<i>Warnstorffia trichophylla</i>	Lampis irppis ammal

Maksasammalet	
<i>Aneura pinguis</i>	Lettonauhas ammal
<i>Blepharostoma trichophyllum</i>	Seittis ammal
<i>Calypogeia sp.</i>	
<i>Cephalozia sp.</i>	
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	Hetealves ammal
<i>Geocalyx graveolens</i>	Ryytis ammal
<i>Gymnocolea inflata</i>	Nevaruoppas ammal
<i>Harpanthus flotovianus</i>	Purokaltios ammal
<i>Lepidozia reptans</i>	Haarus ammal
<i>Lophocolea bidentata</i>	Otalimis ammal
<i>Lophocolea heterophylla</i>	Laholimis ammal
<i>Lophozia sp.</i>	
<i>Marchantia polymorpha</i>	Keuhkos ammal
<i>Mylia anomala</i>	Rahkanäives ammal
<i>Pellia sp.</i>	
<i>Plagiochila asplenioides</i>	Isokastes ammal
<i>Ptilidium ciliare</i>	Isokorallis ammal
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	Sirokorallis ammal
<i>Riccia latifrons</i>	Kantoliuskas ammal
<i>Scapania curta</i>	Ojakinnas ammal
<i>Scapania irrigua</i>	Rantakinnas ammal
<i>Scapania undulata</i>	Purokinnas ammal
<i>Trichocolea tomentella</i>	Harsos ammal
<i>Tetraphis pellucida</i>	Lahos ammal

Liite 3: Lähdespesialistilajit

Analyseissa spesialistilajeina käytetyt lähderiippuvalaiset ja lähteisyyttä suosivat lajit Ulvisen ym. (2002) mukaan.

Lähdespesialistilajit	
<i>Brachythecium rivulare</i>	Puros uikeros ammal
<i>Bryum weigelii</i>	Hetehiirens ammal
<i>Fontinalis antipyretica</i>	Isonäkins ammal
<i>Philonotis fontana</i>	Purolähdes ammal
<i>Rhizomnium magnifolium</i>	Lähdeleväs ammal
<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	Lettoleväs ammal
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	Heterahkas ammal
<i>Warnstorffia exannulata</i>	Hetesirppis ammal
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	Hetealves ammal
<i>Harpanthus flotovianus</i>	Purokaltios ammal
<i>Lophocolea bidentata</i>	Otalimis ammal
<i>Marchantia polymorpha</i>	Keuhkos ammal
<i>Trichocolea tomentella</i>	Harsos ammal

Liite 4: Kasvillisuusruudut lähteittäin

Kasvillisuusruutujen määrä lähteillä hete/allikkopinnoilla, ojissa ja puroissa.

Lähteikön nimi	H/A-ruudut	Ojaruudut	Puroruudut	Yhteensä
1. Karhulankeidas	10	6	-	16
3. Rummunlähteet	10	-	6	16
4. Riihtaneva	10	6	-	16
7. Hevoshaankeidas I	10	6	-	16
10. Peräkorpi	10	6	-	16
11. Lohikeidas	10	6	6	22
12. Lylykeidas	10	-	6	16
13. Huhtakorpi/Kivijata	10	6	6	22
16. Kauhalammi	10	6	-	16
17. Pimiäkorpi I	10	6	6	22
18. Pimiäkorpi II	10	6	3	19
19. Mustakeidas	10	-	6	16