

**HAKKUIDEN VAIKUTUKSET SAMMALTEN BIOMASSATUOTOKSEEN
RUNSASRAVINTEISISSA OJITETUISSA SUOMETSISSÄ**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Kestävä kehitys, Forssa

Kevät 2021

Sanna Stenberg

Tekijä	Sanna Stenberg	Vuosi 2021
Työn nimi	Hakkuiden vaikutukset sammalten biomassatuotokseen runsasravinteisissa ojitetuissa suometsissä	
Ohjaaja	Maria Lehtimäki	

TIIVISTELMÄ

Suomen metsistä noin neljännes on soilla kasvavia suometsiä, joiden maaperä on turvetta ja maaperän hiilivarasto on hyvin suuri. Suometsien hoidon tulee vastata ajankohtaisiin, globaaleihin ympäristöhaasteisiin, kuten ilmastonmuutokseen. Tämä opinnäytetyö on osa Luonnonvarakeskuksen SOMPA-tutkimushanketta, jossa tutkitaan ja kehitetään uusia suometsien metsänkäsittelytapoja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa miten metsän kasvatuksessa toteutettavat hakkuut vaikuttavat sammalten biomassatuotokseen runsasravinteisissa, ojitetuissa suometsissä lyhyellä aikavälillä. Kvantitatiivinen tutkimus toteutettiin sammalten biomassan ja biomassatuotoksen mittausten avulla. Sammalet muodostavat suometsien pohjakerroksen ja ne ovat elintärkeitä suoekosysteemien toiminnalle, joten metsänhoidon vaikutukset sammaliin on tärkeää huomioida. Metsän jatkuvan kasvatuksen vaikutuksia sammalten biomassatuotokseen ei ole aiemmin tutkittu.

Tulosten perusteella metsän jatkuvassa kasvatuksessa toteutettavat osittaishakkuut heikentävät sammalten biomassatuotosta selvästi vähemmän kuin jaksollisessa kasvatuksessa toteutettavat avohakkuut. Sammalten menestymisen kannalta jatkuva kasvatus vaikuttaa olevan hyvä vaihtoehto suometsien metsänhoidossa. Tulokset kuvastavat tilannetta vain lyhyellä aikavälillä ja pitkän aikavälin vaikutuksia tulee jatkossa vielä tutkia.

Avainsanat suometsä, sammal, biomassatuotos, metsän jatkuva kasvatus

Sivut 54 sivua ja liitteitä 2 sivua

Author	Sanna Stenberg	Year 2021
Subject	Effects of Loggings on the Moss Biomass Production in Nutrient-rich Drained Peatland Forests	
Supervisor	Maria Lehtimäki	

ABSTRACT

Approximately, a quarter of Finnish forests are peatland forests with massive turf soil carbon storage. Nowadays, the peatland forestry should meet the global environmental challenges like climate change. In Finland, the Natural Resources Institute Finland Luke studies and develops new forest management practices and this thesis was part of the SOMPA research project.

The aim of the thesis was to research how forestry affects moss biomass production in nutrient-rich drained peatland forests in the short term. Quantitative research was done using the measurements of moss biomass and biomass production. The undergrowth of peatland forests is mostly based on different moss species which are vital for peatland ecosystem functions. Therefore, it is essential to know the effects of forestry on the mosses. Moreover, the effects of continuous cover forestry on moss biomass production have not been previously studied.

The outcome of the research was that in the short term, continuous cover forestry does not harm moss biomass production as much as the forestry based on clear cutting. From the perspective of moss growth, continuous cover forestry is a recommended option for forest management in the peatland forests. However, the results indicate the situation only in the short term whereas the long-term effects need further research in the future.

Keywords peatland forest, moss, biomass production, continuous cover forestry

Pages 54 pages and appendices 2 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Suometsät.....	3
2.1	Metsän jatkuva kasvatus.....	4
2.2	Kestävä ja ilmastoviisas metsänhoito suometsissä	7
2.3	Suometsien vesitalouden hallinta.....	8
2.4	Luonnon monimuotoisuus	9
3	Sammalet.....	11
3.1	Rahkasammalet.....	13
3.2	Metsäsammalet	14
4	Luonnonvarakeskus Luke ja SOMPA-tutkimushanke.....	18
5	Tutkimusongelma ja -kysymykset	20
6	Aineisto ja tutkimusmenetelmät.....	21
6.1	Tutkimuskohteet	22
6.1.1	Paroninkorpi.....	23
6.1.2	Lettosuo.....	24
6.2	Sammalnäytteiden keruu ja sammallajien peittävyksien arviointi	25
6.3	Sammalnäytteiden käsittely.....	27
6.3.1	Sammalten vuosikasvunäytteiden käsittely.....	28
6.3.2	Sammalten kokonaisbiomassanäytteiden käsittely.....	29
6.4	Biomassatuotoksen laskenta	30
6.5	Menetelmien haasteet.....	32
7	Tulokset	33
7.1	Paroninkorven tulokset.....	33
7.2	Lettosuon tulokset	34
7.3	Tulokset tutkimuskysymyksittäin.....	35
7.4	Tulokset skaalattuna kasvillisuuskartoitusaineiston tietoihin	38
8	Johtopäätökset	40
9	Pohdinta	42
10	Yhteenveto opinnäytetyöprosessista.....	46
	Lähteet.....	49

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Jatkuvan kasvatuksen korpikuusikkoa Paroninkorvessa	5
Kuva 2. Jatkuvan kasvatuksen vaiheet	5
Kuva 3. Korprien uhanalaisuus.....	10
Kuva 4. Rahkasammal (<i>Sphagnum</i>)	14
Kuva 5. Seinäsammal (<i>Pleurozium schreberi</i>).....	15
Kuva 6. Metsäkerrossammal (<i>Hylocomium splendens</i>).....	16
Kuva 7. Kangaskynsisammal (<i>Dicranum polysetum</i>)	16
Kuva 8. Kangaskarhunsammal (<i>Polytrichum juniperinum</i>).....	17
Kuva 9. Paroninkorven ja Lettosuon tutkimuskohteet.....	23
Kuva 10. Paroninkorven tutkimuskohde Janakkalassa.....	24
Kuva 11. Lettosuon tutkimuskohde Tammelassa.....	25
Kuva 12. Sammalverkot	26
Kuva 13. Sammalnäytteiden keruu näytealoilta	27
Kuva 14. Rahkasammalten vuosikasvunäytteiden käsittely.....	28
Kuva 15. Rahkasammalten vuosikasvunäytteiden pituuskasvun mittaus	29
Kuva 16. Sammalten kokonaisbiomassanäytteiden käsittely	30
Kuva 17. Sammalten vuotuinen biomassatuotos Paroninkorvessa	34
Kuva 18. Sammalten vuotuinen biomassatuotos Lettosuolla.....	35
Kuva 19. Tutkimuskohteiden keskimääräinen sammalten biomassatuotos eri tavoin käsitellyillä koelajoilla	36
Kuva 20. Sammalten keskimääräiset biomassatuotokset ja kokonaisbiomassat Paroninkorvessa ja Lettosuolla.....	36
Kuva 21. Rahka- ja metsäsammalten keskimääräiset biomassatuotokset ja kokonaisbiomassat eri tavoin käsitellyillä koelajoilla.....	37
Kuva 22. Kasvillisuuskartoitusaineistoon perustuvat sammalten keskimääräiset kokonaistuotokset Paroninkorvessa ja Lettosuolla.....	38
Kuva 23. Kasvillisuuskartoitusaineistoon perustuvat sammalten keskimääräiset kokonaistuotokset eri tavoin käsitellyillä koelajoilla.....	39
Kuva 24. Kasvillisuuskartoitusaineistoon perustuvat rahka- ja metsäsammalten keskimääräiset biomassatuotokset eri tavoin käsitellyillä koelajoilla	40

Taulukko 1. Paroninkorvesta kerätyt sammalnäytteet (yhteensä 67 kpl)26

Taulukko 2. Lettosuolta kerätyt sammalnäytteet (yhteensä 82 kpl)26

Kaava 1. Näytealojen pinta-ala.....27

Liitteet

Liite 1 Aineistonhallintasuunnitelma

1 Johdanto

Suomi on suhteellisesti maailman soisin maa, sillä Suomen maapinta-alasta lähes kolmannes on suota. Vielä 1900-luvun alussa soista yli 10 miljoonaa hehtaaria oli luonnontilaisia, mutta sittemmin noin puolet on ojitettu metsänkasvatusta varten. Ojituksen seurauksena on syntynyt uudenlaisia elinympäristöjä, kun luonnontilaiset suot ovat muuttuneet puustoisiksi suometsiksi. Suometsät ovat siis soita, joilla kasvaa puita kuten metsissä. Kaikki suometsät eivät ole kuitenkaan syntyneet ojitusten myötä. Ojittamattomia, luontaisia suometsiä ovat esimerkiksi kuusivaltaiset korvet. Suometsät muodostavat Suomen metsätalousmaasta noin neljänneksen. (Kaakinen ym., 2018, s. 156; Luonnontila, 2014; Luonnonvarakeskus, n.d.-a; Penttilä ym., n.d.) Suometsien merkitys on huomattava Suomen metsätaloudelle, mutta sen lisäksi suometsät ovat tärkeä osa Suomen luontoa ja sen monimuotoisuutta. Suometsien kestävän hyödyntämisen avulla niiden arvo ja merkitys voidaan säilyttää myös jatkossa. Luonnonvarakeskus on mukana tutkimassa ja edistämässä tätä tavoitetta. Tämä opinnäytetyö on osa lokakuussa 2017 käynnistynyttä SOMPA-tutkimushanketta, jossa Luonnonvarakeskus on osaltaan kehittämässä ekologisesti, ilmastoviisaasti ja taloudellisesti kestäviä keinoja suometsien hoitoon (Luonnonvarakeskus, n.d.-b).

Suomessa metsätaloutta on tyypillisesti harjoitettu jaksollisena kasvatuksena, jossa puustoa kasvatetaan pääte- eli avohakkuseen saakka (Suomen Metsäyhdistys, n.d.). SOMPA-tutkimushankkeessa tutkitaan tällaisen jaksollisen kasvatuksen rinnalle soveltuvia vaihtoehtoisia metsänkäsitteilytapoja, lähinnä metsän jatkuvaa kasvatusta eli metsänhoitoa ilman avohakkuita. Hankkeessa muun muassa mitataan suometsien ekosysteemin hiilen ja ravinteiden kiertoa sekä seurataan miten kasvillisuus reagoi erilaisiin metsänkäsitteilytapoihin. (Luonnonvarakeskus, n.d.-b & n.d.-c) Tämän opinnäytetyön osuus hankkeesta on kartoittaa miten metsän kasvatuksessa toteutettavat osittais- ja avohakkuut vaikuttavat sammalten biomassatuotokseen runsasravinteisissa, ojitetuissa suometsissä lyhyellä aikavälillä. Kartoitusta tehdään sammalten biomassan ja biomassatuotoksen mittausten avulla, joista erityisesti biomassatuotokseen liittyviä tietoja tarvitaan koko ekosysteemiä kuvaavan mallin kehittämiseen. Opinnäytetyön tulokset pohjautuvat kahdelta Luonnonvarakeskuksen tutkimuskohteelta kerättyihin ja analysoituihin sammalnäytteisiin.

Tutkimuskohteet sijaitsevat Kanta-Hämeessä, joten tulokset kertovat ennen kaikkea eteläisen Suomen tilanteesta. Molemmat kohteet ovat kuusivaltaisia korpikohteita.

Sammalten biomassatuotoksen määrää jatkuvan kasvatuksen metsissä ei ole aiemmin tutkittu. Jatkuva kasvatusta kuitenkin pidetään yhtenä tärkeimmistä metsänkäsittelyn vaihtoehtoista jaksollisen rinnalle erityisesti turvemaiden metsänhoidossa (Luonnonvarakeskus, n.d.-c), joten on tärkeää saada tietoa jatkuvan kasvatuksen vaikutuksista myös metsän aluskasvillisuuteen. Metsän jatkuvassa kasvatuksessa on tarkoitus välttää avohakkuiden aiheuttamat rajut muutokset sekä parantaa suometsien hoidon ekologista kestävyyttä ja ilmastoviisautta. Jatkuvan kasvatuksen avulla voidaan hillitä suometsien kasvihuonekaasupäästöjä sekä vähentää kunnostusojituksia ja niiden aiheuttamaa vesistökuormistusta. (Luonnonvarakeskus, n.d.-c; Ojanen ym., 2010). Metsänkäsittelytapojen vaikutusten kartoittaminen linkittyykin vahvasti ajankohtaisiin megatrendeihin, sillä Sitra on määritellyt ekologisen jälleenrakennuksen kiireellisyyden keskeisimmäksi tulevaisuuteen vaikuttavaksi tekijäksi. Ekologisella jälleenrakentamisella tarkoitetaan muun muassa sitä, miten vastaamme ilmastonmuutokseen ja luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen. (Dufva, 2020, s. 3)

Tutkimusongelmana olevaan hakkuiden vaikutusten kartoittamiseen sammalten biomassatuotokseen haetaan vastausta vertailemalla, miten sammalten vuotuisten biomassatuotosten ja kokonaisbiomassojen määrät eroavat eri metsänkäsittelytapoin käsitellyillä koealoilla. Biomassalla tarkoitetaan eloperäistä, fotosynteesin kautta syntyneitä kasvimassaa ja biomassatuotoksella keskimääräistä vuotuista biomassan määrää. Lisäksi kartoitetaan eri sammalryhmien reagoitua hakkuisiin. Työn havainnollistamiseksi on valokuvattu tutkimusprosessin vaiheita ja eri sammallajeja. Kaikki opinnäytetyössä käytetyt valokuvat ovat tätä työtä varten itse otettuja. Saatujen tulosten hyödyntämismahdollisuudet ovat monipuoliset, sillä sammalten ja niiden elinympäristöjen väliset vuorovaikutussuhteet ovat merkittäviä koko ekosysteemin kannalta. Tuloksia voidaan hyödyntää muun muassa laadittaessa suometsien hiilenkiertoa kuvaavia malleja, arvioitaessa sammalten roolia suometsien ilmastonmuutoksen hillinnässä ja pohdittaessa suometsien biodiversiteetin turvaamista.

2 Suometsät

Tässä opinnäytetyössä sammalten biomassatuotosta kartoitetaan tutkimuskohteilla, jotka sijaitsevat soilla kasvavissa metsissä eli suometsissä. Soilla tarkoitetaan alueita, joissa maata peittävä orgaaninen kerros on turvetta tai kasvillisuudesta yli 75 prosenttia on suokasvillisuutta. Kaikki puustoiset suot luetaan Suomessa soihin, eikä niitä puuston kasvun tai latvuspeittävyuden perusteella luokitella metsiin. (Kaakinen ym., 2018, s. 124; Laine ym., 2018, s. 9; Luonnontila, 2014). Suometsät kasvavat siis turvemaidella eli maaperä on turvetta. Turve on suokasvillisuuden muodostama orgaaninen eli eloperäinen maalaji, jota muodostuu erityisesti alueilla, joissa vedenpinnan taso on korkealla. Tällöin kasviaines hajoaa hitaasti märissä, hapettomissa oloissa ja muodostaa turvetta. (Penttilä ym., n.d.) Turpeen kuivamassasta noin puolet on hiiltä (C), jonka kasvit ovat aikanaan sitoneet ilmakehästä fotosynteesissä eli yhteyttämällä (Ojanen, 2015, s. 50). Turvekerroksen päällä on usein sammalten ja havupuiden neulasten muodostama kangashumuskerros. (Penttilä ym., n.d.)

Suometsiä on erilaisia, joista tässä tutkimuksessa keskitytään runsasravinteisiin, ojitettuihin korpiin, joilla tutkimuskohteet sijaitsevat. Runsasravinteisellä tarkoitetaan rehevää elinympäristöä, jossa kasvien perustuotanto on runsasta (Tieteen termipankki, 2021). Suotyyppiluokituksen mukaan korvet ovat luonnontilaisia puustoisia soita, joissa vallitsevana puulajina on kuusi (*Picea abies*) ja kenttäkerros muistuttaa metsäkasvillisuutta. Luonnontilaiset suot ovat kuitenkin metsäojituksen myötä muuttuneet niin paljon, että ojitetut suot luokitellaan erikseen niin sanotun turvekangastyyppiluokituksen mukaisesti. Turvekangasvaihe on ojituksen jälkeisen sukcession myöhäisin vaihe. Turvekankaiksi määritellään ojitetut suot, jotka ovat kuivattamisen vuoksi saavuttaneet suhteellisen pysyvän, suokasvillisuudesta selvästi poikkeavan ja kangasmetsäkasvillisuutta muistuttavan koostumuksen. (Laine ym., 2018, ss. 7, 9, 96) Tämän opinnäytetyön tutkimuskohteista Paroninkorpi on tyyppiltään ruohoturvekangas II (Rhtkg II) ja Lettosuo mustikkaturvekangas I (Mtkg I) (Jauhiainen ym., 2021, ss. 13, 16), jotka molemmat ovat ojituksen myötä kehittyneet korvista. Ruohoturvekankaiden vallitseva puulaji on yleensä kuusi tai koivu ja mustikkaturvekankailla männyn osuus kasvaa ja lehtipuun osuus vähenee. Mustikkaturvekankaan alatyypeistä I:llä (Mtkg I) on enemmän kuusta ja vähemmän mäntyä kuin II:llä. (Kaakinen ym., 2018, s. 157)

Viimeisimmän valtakunnan metsien inventoinnin (VMI12) mukaan suometsiä oli Suomen kasvullisesta metsämaasta 24 prosenttia eli 4,9 miljoonaa hehtaaria. VMI12 kattaa mittaustiedot vuosilta 2014–2017. Suometsistä oli ojitettuna 4,1 miljoonaa hehtaaria ja loput 0,8 miljoonaa hehtaaria oli ojittamatta. Suometsien kokonaispuusto oli lähes 600 miljoonaa kuutiota ja puuston laskennallinen arvo vuosien 2017–2019 keskimääräisten kantohintojen perusteella yli 13 miljardia euroa. Tästä arvosta 84 prosenttia oli ojitusalueilla eli ojitettujen suometsien merkitys Suomen metsätaloudelle on hyvin suuri. (Saarinen ym., 2020) Suometsät ovat tärkeitä myös muun muassa ilmasto- ja vesistövaikutusten, luonnon monimuotoisuuden ja virkistyskäytön kannalta (Luonnonvarakeskus, n.d.-a).

2.1 Metsän jatkuva kasvatus

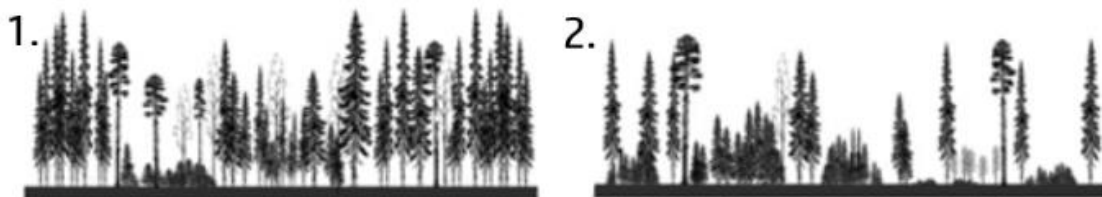
Suomessa metsätaloutta on tyypillisesti harjoitettu jaksollisena eli tasaikäiskasvatuksena, jossa puustoa kasvatetaan päätehakkuuseen saakka. Päätehakkuu tehdään usein avohakkuuna kaataen valtaosa metsän puista. Päätehakkuun jälkeen metsä uudistetaan joko viljellen tai luontaisen uudistumisen kautta. Jaksollisessa kasvatuksessa metsän kasvatuksen kiertoaika uudistumisesta päätehakkuuseen kestää Etelä-Suomessa noin 60–80 vuotta. (Suomen Metsäyhdistys, n.d.) Jaksollisen kasvatuksen rinnalle on kuitenkin tullut vaihtoehtoisia metsänkäsittelytapoja, kuten metsän jatkuva kasvatus. Metsän jatkuva kasvatus tarkoittaa metsän hoitoa, jossa metsää ei uudisteta ja kasvateta tasaikäisenä puusukupolvena, vaan metsässä on eri ikäisiä ja eri rakenteisia puusukupolvia, joita poistetaan osa kerrallaan. Jatkuva kasvatus on siis metsänhoitoa ilman avohakkuuta. (Luonnonvarakeskus, n.d.-c; Valkonen, 2020, s. 8) Tässä opinnäytetyössä tutkimuskohteet sijaitsevat runsasravinteisilla, kuusivaltaisilla turvemilla, jonne jatkuva kasvatus metsän käsittelytapana vaikuttaisi soveltuvan hyvin, koska kuusivaltaiset turvemaat ovat luonnostaan hyvin erirakenteisia ja niissä on yleensä runsaasti alikasvustoa ja taimia (Kuva 1.) (Valkonen, 2020, s. 18).

Kuva 1. Jatkuvan kasvatuksen korpikuusikko Paroninkorven tutkimuskohteella.



Kuusikoissa jatkuvan kasvatuksen tärkein menetelmä on eri-ikäiskasvatus (Kuva 2.), jossa metsää käsitellään osittais- eli poimintahakkuin poistaen pääasiassa vain suuria puita. Uutta metsää syntyy kasvamaan jätetyistä pienemmistä puista ja alikasvoksesta. Kasvatusta tehdään melko harvana, jotta pienet puut ja alikasvos säilyvät hyvässä kunnossa ja metsä taimettuu. (Luonnonvarakeskus, n.d.-c) Lisäksi kuusikoissa voidaan tehdä pienaukkohakkuita, joissa metsään hakataan pieniä aukkoja, joiden uudistuminen tapahtuu luontaisesti aukkoa ympäröivästä reunametsästä (Valkonen, 2020, s. 10). Korpilähtöisillä, kuusivaltaisilla ruoho- ja mustikkaturvekankailla pienaukkouudistaminen on tuottanut hyviä tuloksia taimettumisen suhteen. Pienaukkohakkuiden avulla voidaankin vähitellen siirtyä jatkuvaan kasvatukseen ilman maanmuokkausta ja kunnostusojituksia. (Penttilä ym., n.d.)

Kuva 2. Jatkuvan kasvatuksen runsasravinteinen korpikuusikko, 1. ennen hakkuuta, 2. tavoitetila (mukaillen Saarinen ym., 2020).



Metsän jatkuvan kasvatuksen tarkoituksena on välttää avohakkuiden aiheuttamat rajut muutokset ympäristölle, parantaa suometsien hoidon ekologista kestävyyttä sekä sopeuttaa metsänkäsittelytapoja entistä paremmin ilmastonmuutokseen (Luonnonvarakeskus, n.d.-c). Jatkuva kasvatusta vähentää monille lajeille haitallista metsän pirstoutumista pienempiin elinympäristöihin ja parantaa vesistöjen tilaa. Metsän jatkuvalla kasvatuksella pyritään suojelemaan ja vahvistamaan metsien hiilinielua ja hiilivarastoja. (Saarinen, 2018) Hiilinielulla tarkoitetaan sitä, että metsän kasvillisuus sitoo hiiltä enemmän kuin sitä poistuu ekosysteemin toimintojen ja metsätalouden myötä (Penttilä ym., n.d.). Hiilivarasto taas tarkoittaa ekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrää, joka kattaa maaperän, maanpäällisen ja maanalaisen biomassan, kuolleen puuaineksen, karikkeen eli maanpinnalla olevan kuolleen kasviaineksen, sekä lisäksi puusta valmistetut tuotteet (Tapio Oy, 2020, s. 36).

Turvemailla tapahtuvaa metsän jatkuvaa kasvatusta on äskettäin tutkittu myös taloudelliselta näkökulmalta ja tulosten mukaan varttuneet korpikuusikot vaikuttavat olevan myös taloudellisesti hyviä kohteita jatkuvalla kasvatukselle. Tulosten mukaan jatkuvan kasvatuksen kannattavuus on parempi kuin jaksollisen kasvatuksen, koska jatkuvassa kasvatuksessa metsänhoitokustannukset jäävät pois metsän uudistumisen tapahtuessa luontaisesti ilman maanmuokkausta ja taimien istuttamista. Lisäksi jatkuvassa kasvatuksessa tuloja saadaan nopeammin poimintahakkuiden yhteydessä, kun taas jaksollisessa kasvatuksessa hakkuutulot saadaan vasta päätehakuussa. (Juutinen ym., 2020; ks. myös: Nieminen ym., 2018)

Jatkuvaa kasvatusta metsänkäsittelytapana on kuitenkin tutkittu vielä melko vähän, joten lisää tietoa tarvitaan, erityisesti pitkän aikavälin vaikutusten osalta. Tutkimustietoa tarvitaan muun muassa siitä, miten puusto uudistuu ja kasvaa osittaihakkuiden jälkeen, miten vedenpinnan taso vaihtelee ja kuinka paljon metsän jatkuvalla kasvatuksella on vaikutusta kasvihuonekaasupäästöjen hillintään. Lisäksi tarvitaan tietoa metsän jatkuvan kasvatuksen vaikutuksista metsän aluskasvillisuuteen. Jaksollisen kasvatuksen osalta tutkimustietoa on olemassa, mutta jatkuvan kasvatuksen osalta tietoa on vielä vähäistä.

2.2 Kestävä ja ilmastoviisas metsänhoito suometsissä

Suomessa metsätalouden ja kansallisen metsästrategian tavoitteiden toteutumisen tukena toimii maa- ja metsätalousministeriön ohjeistus: ”Metsänhoidon suositukset – Metsien kestävän hoidon ja käytön perusteet”. Metsänhoidon suosituksissa on koottu yhteen keinoja ja vaihtoehtoja suomalaisen metsän kokonaiskestävään hoitoon, joka tarkoittaa metsänhoitoa, jossa metsien monimuotoisuus, elinvoimaisuus, tuottavuus ja uudistumiskyky säilyvät. Lisäksi on säilytettävä mahdollisuudet merkityksellisten ekologisten, taloudellisten ja sosiaalisten toimintojen toteuttamiseen nyt ja tulevaisuudessa vahingoittamatta muita ekosysteemejä. Metsien kestävään ja vastuulliseen hoitoon ja käyttöön liittyy olennaisesti metsävarojen riittävyyden ja luonnon monimuotoisuuden turvaaminen sekä ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen. Metsänhoidon suositukset on laadittu vuodesta 2013 lähtien ja viimeisin päivitys ohjeisiin on tehty vuonna 2020, jolloin mukaan tuli aiempaa vahvemmin metsänhoidon ilmastokestävyys. (Tapio Oy, 2020, ss. 2–8) Metsien jatkuvan kasvatuksen suositukset tulivat mukaan ohjeisiin vuonna 2014, mutta ohjeistusta tarkennettiin vuonna 2019 erityisesti turvemaiden osalta, jotka ovat parhaiten jatkuvaan kasvatukseen soveltuvia kohteita (maa- ja metsätalousministeriö, 2019).

Suometsillä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä, koska puusto ja muu kasvillisuus sitovat fotosynteesissä hiilidioksidia (CO_2) ilmakehästä ja suometsät toimivat siten hiilinieluina. Suometsät eivät kuitenkaan toimi ainoastaan hiilinieluina, sillä vaikka puuston kasvuun sitoutuu hiiltä, vapautuu samalla maaperän turvekerroksesta kasvihuonekaasupäästöjä ilmakehään. Puuston hiilivarasto on myös huomattavasti lyhytaikaisempi maaperän turpeeseen verrattuna. Suometsän hiilivarasto on sitä suurempi, mitä paksumpi suometsän turvekerros on. (Penttilä, ym., n.d.; Luonnonvarakeskus, n.d.-a)

Maaperän turpeen hajotessa hapellisissa olosuhteissa ilmakehään vapautuu hiilidioksidia (CO_2) ja hapettomissa olosuhteissa metaania (CH_4). Runsasravinteisilla ojitetuilla soilla, joilla turve on riittävän typpipitoista, voi syntyä myös dityppioksidi- eli typpioksiduulipäästöjä (N_2O). Päästöjen määrä riippuu siitä, kuinka syvällä pohjaveden pinta on. (Penttilä ym., n.d.; Ojanen ym., 2013) Suomessa suometsien maaperän vuotuiset päästöt ovat yhteensä noin kahdeksan miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia, joka vastaa suuruudeltaan noin neljännestä Suomen metsien puuston hiilinielusta (Penttilä ym., n.d.). Metsien

nettohiilinielun eli metsien ilmakehästä sitoman hiilidioksidin määrä on Suomessa ollut vuodesta 1990 lähtien välillä 17,5–47 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenteina. Nettohiilinielu vastaa noin reilua kolmasosaa Suomen vuotuisesta kokonaispäästömäärästä. (maa- ja metsätalousministeriö, n.d.) Vaikka suometsien puuston hiilinielu on maaperästä tulevia päästöjä suurempi, puusto ei kuitenkaan kasva loputtomasti ja tällöin myös sen hiilinielun merkitys vähenee. Suometsät muuttuvat päästöjen lähteiksi avohakkuiden seurauksena, sillä hiiltä sitovaa puustobiomassaa ei enää ole ja maaperästä tulevat päästöt kuitenkin jatkuvat. (Penttilä ym., n.d.)

Runsasravinteisten suometsien pohjaveden korkeuden, haihdunnan ja kasvihuonekaasupäästöjen määrän muutoksista ensimmäisinä vuosina osittais- ja avohakkuiden jälkeen on julkaistu tuore väitöskirja vuoden 2020 lopulla. Väitöksen tulokset pohjautuvat tässäkin opinnäytetyössä tutkimuskohteena olevaan Lettosuohon. Tulosten mukaan vedenpinnan tason nousu on avohakkuun jälkeen huomattavasti suurempi kuin osittaishakkuun jälkeen ja myös kasvihuonekaasupäästöt merkittävästi suuremmat avohakkuun kuin osittaishakkuun jälkeen. Suometsien hakkuiden ilmasto- ja vesistövaikutuksia pystytään siis vähentämään välttämällä avohakkuuta ja suosimalla jatkuvalla kasvatuksella tyypillisiä osittaishakkuuta. (Korkiakoski, 2020) Vesistövaikutuksia aiheutuu ennen kaikkea ojitusten myötä lisääntyvästä kiintoaine- ja ravinnekuormituksesta vesistöihin (Luonnonvarakeskus, n.d.-d). Suometsien kokonaiskestävässä hyödyntämisessä erilaisten metsäkäsittelytapojen lisäksi vaihtoehtoina voisivat olla myös puuston kasvamaan jättäminen tai soiden ennallistaminen eli luonnontilaisiksi palauttaminen (Ojanen, 2015, s. 53).

2.3 Suometsien vesitalouden hallinta

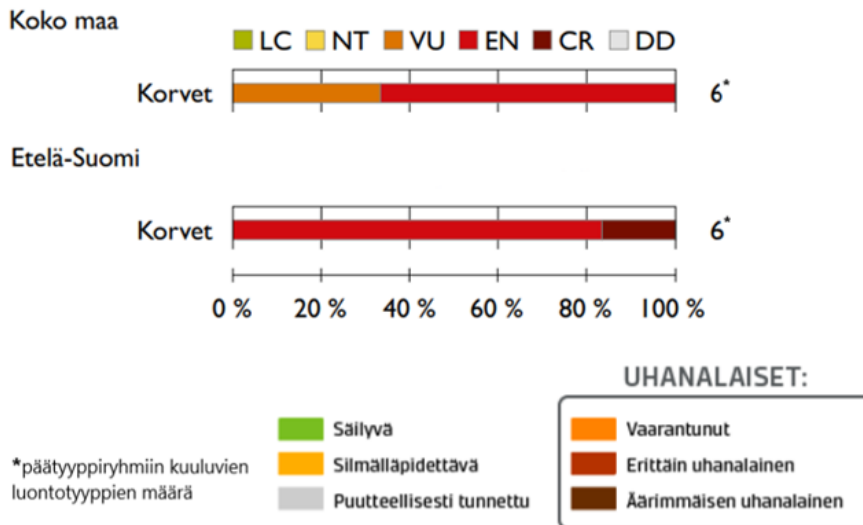
Suometsissä metsätalouden harjoittaminen on tyypillisesti edellyttänyt vedenpinnan tason säätelyä ojituksen avulla (Luonnonvarakeskus, n.d.-c). Käytännössä kaikki Suomen metsäojituskelpoiset suot onkin aikoinaan ojitettu metsätaloukseen, ja nykyisin pyritään muun muassa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi selvittämään näiden ojitettujen suometsien parhaita mahdollisia käsittelytapoja (Ojanen, 2015, s. 53). Mikäli metsätaloutta jatketaan jaksollisena kasvatuksena, tulee suometsien vesitaloutta jatkossakin hallita vedenpinnan tasoa säätelemällä ojaverkoston kunnostuksilla. Sen sijaan metsän jatkuva kasvatus

vähentää kunnostusojitusten tarvetta metsän pysyessä jatkuvasti puustoisena, jolloin puuston haihdutus ylläpitää vedenpinnan sopivaa tasoa. Jotta puusto kasvaa hyvin, on pohjaveden pinnan oltava noin 30–40 senttimetrin syvyydellä. Tällöin puiden juuret ovat vedenpinnan yläpuolella hapellisissa oloissa ja suurin osa turvekerroksesta vedenpinnan alla hapettomissa oloissa. (Luonnonvarakeskus, n.d.-a & n.d.-c; Sarkkola ym., 2010; Nieminen ym., 2018) Puuston kasvun edistämisen lisäksi vedenpinnan sopiva taso siten edesauttaa myös suometsien kasvihuonekaasupäästöjen hillintää, kun turvekerros ei hapettomissa oloissa hajoa ja vapauta päästöjä ilmakehään (Ojanen ym., 2013). Vesitalouden hallinnalla on siis merkittävä rooli ilmastoviisaassa ja luonnon monimuotoisuutta turvaavassa suometsien metsänhoidossa.

2.4 Luonnon monimuotoisuus

Luonnontilaiset suot ovat luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä, eikä viimeisimmän Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvion mukaan korprien ryhmässä ole yhtään säilyväksi arvioitua tyyppiä (Kuva 3.) Soiden uhanalaisuuden arvioinnissa ojitettut suot on kuitenkin tulkittu poistumaksi suotyyppin pinta-alasta, eikä ojitettujen korprien enää siis katsota kuuluvan luontotyyppin levinneisyys- ja esiintymisalueeseen. (Kaakinen ym., 2018, s. 134, 156). Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti tarkoittaa elollisen luonnon monimuotoisuutta niin maa- kuin vesiekosysteemeissäkin kattaen lajirunsauden, lajien sisäisen geenimuuntelun sekä lajien muodostamien ekosysteemien runsauden. (IPBES, 2019, s. 4)

Kuva 3. Suotyypeistä kuusivaltaisten, puustoisten soiden eli korpjen päätyyppiryhmässä kaikki tyypit ovat uhanalaisia koko maassa (mukaillen Kaakinen ym., 2018, s. 134).



Suomessa luonnontilaiset suoekosysteemit ovat muuttuneet ja vähentyneet voimakkaasti maankäytön muutosten myötä, kun soita on muun muassa ojitettu metsänkasvatukseen ja pelloiksi sekä niitä on hyödynnetty turpeenottoon. Jäljellä olevien soiden luonnontilaa ovat heikentäneet ojittamattomien puustoisten soiden hakkuut ja maanmuokkaukset, tieverkostot sekä pohjavedenotto. Kasvavina uhkina ovat ilmastonmuutos, kaivostoiminta ja sammalen keruu. Soiden suojeleminen jakautuu epätasaisesti sekä maantieteellisesti kuin myös eri suotyypien välillä. Etelä-Suomessa suojeltujen soiden osuus on vain 8 prosenttia ja suojelualueet ovat pieniä ja laadultaan heikkeneviä. Suojeltujen korpjen osuus on pienempi kuin niiden osuus keskimäärin suoluonnossa. Viimeisimmän Suomen lajien uhanalaisuusarvion eli vuoden 2019 Punaisen kirjan mukaan uhanalaisia suolajeja on Suomessa 120 ja näistä ensisijaisesti korpissa eläviä lajeja on noin 13 prosenttia. Punaisen listan suolajeissa on eniten perhosia ja kaksisiipisiä, mutta myös paljon sammalia ja putkilokasveja ja jonkin verran jäkäliä ja lintuja. (Hyvärinen ym., 2019, ss. 50–52)

Ojitus ja turpeenotto ovat merkittävimmät syyt suolajiston uhanalaisuudelle (Hyvärinen ym., 2019, s. 53). Soiden metsäojituksen seurauksena suon keskeisiä toiminnallisia piirteitä katoaa, kun soiden luonnollinen hydrologinen tila muuttuu, turpeen muodostuminen vähenee ja kasvillisuus muuttuu metsäisemmäksi. Lisäksi ojitetut suometsät ovat kehittyneissä puustorakenteiltaan entistä homogeenisemmiksi. Vaikka ojitus vähentääkin suoluonnoston monimuotoisuutta, on suometsillä kuitenkin suuren metsäpeitteisen pinta-

alansa vuoksi merkitystä monimuotoisuuden kannalta. Esimerkiksi lisääntyvän lehtipuuston määrällä on positiivisia vaikutuksia metsien eliöstölle ja monimuotoisuudelle. Myös puustorakenteella, muun muassa puuston kerroksellisuudella sekä vanhojen ja lahonneiden puiden määrällä, on merkitystä luontotyypin lajistollisen monimuotoisuuden kannalta. Ruoho- ja mustikkaturvekankailla kuollutta puuta on enemmän kuin muilla turvekankailla, sillä niillä kasvaa enemmän kuusta ja koivua, jotka ovat mäntyä herkempiä lahoamaan. Ruoho- ja mustikkaturvekankaille on kuitenkin viimeisten 30 vuoden aikana kohdistunut runsaasti hakkuita, koska korvista kehittyneillä turvekankailla puusto on kasvanut hyvin. Luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi metsänkäsittelytapoja tulisi monipuolistaa ja lisätä metsän jatkuvaa kasvatusta, korpisyntyisillä kohteilla erityisesti erirakenteis- tai pienaukkohakkuiden avulla. Tosin kyseessä on nykyisin lähinnä metsäluonnon, ei enää suoluonnon, monimuotoisuuden turvaaminen. (Kaakinen ym., 2018, ss. 158–160; Saaristo ym., ss. 5–6)

Ojitettujen soiden monimuotoisuutta voidaan myös parantaa ennallistamalla. Suometssissä ennallistamistoimenpiteitä ovat esimerkiksi puuston vaurioittaminen, tiettyjen puulajien suosiminen ja ojien tukkiminen. Tavoitteena on tuottaa lahoppuuta, monipuolistaa puustorakennetta, palauttaa luontainen vesitalous sekä käynnistää puuston ja kasvillisuuden luonnollinen sukkessio. Sammalten kannalta ennallistamistoimenpiteet ovat usein välttämättömiä elinympäristöjen säilyttämiseksi esimerkiksi ojitetuilla soilla. (Ulvinen ym., 2002, s. 107) Monimuotoisuuden kannalta kiireinen ennallistamisen tarve kohdistuu Etelä-Suomen runsasravinteisiin ja puustoiisiin soihin, erityisesti korpiin (Kaakinen ym., 2018, s. 160). Korprien suojelua tehdäänkin Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman eli METSO-ohjelman avulla. Ohjelman tavoitteena on estää metsäisten luontotyyppien ja lajien tilan heikentyminen sekä parantaa luonnon monimuotoisuuden turvaamista vuoteen 2025 mennessä (METSO, 2016a & 2016b).

3 Sammalet

Suomi kuuluu pohjoiseen havumetsävyöhykkeeseen eli boreaaliseen vyöhykkeeseen, jossa sekä soiden että metsien pohjakerroksen muodostavat sammalet ja jäkälät (Koponen ym., 2019, s. 12). Sammalet ovat soilla ekosysteemin toiminnan kannalta tärkein kasviryhmä, sammalkerros toimii suojana ja eristeenä huolehtien maan lämpö- ja kosteusoloista ja

mahdollistaen elinolosuhteet lukuisille elintärkeille pieneliöille. Lisäksi sammalilla on suuri merkitys ekosysteemien ravinnekierrolle ja lajien väliselle kilpailulle. (Laine ym., 2020, s. 8; Reinikainen ym., 2000, s. 232). Lähes kaikentyyppisten soiden pinnat ovat eri sammallajien peittämiä, vaikka ojitettujen soiden metsittyessä suosammalet ovatkin vähentyneet ja korvautuneet osin metsäsammalilla. Soilla sammalet ovat usein pääosassa turpeen muodostumisessa (Ulvinen ym., 2002, ss. 47, 49) ja ne ovatkin tuottaneet Suomen soille viimeisimmän jääkauden jälkeen miljardien tonnien hiilivaraston turpeeseen sitoutuneena (Laine ym., 2020, s. 8).

Sammalet luokitellaan kolmeen pääryhmään: sarvisammaliin (*Anthocerotophyta*), maksasammaliin (*Marchantiophyta*) ja lehtisammaliin (*Bryophyta*) (Laine ym., 2020, s. 10). Suomessa sammallajeja on 917: lehtisammalia 681 lajia ja maksasammalia 234 lajia, sarvisammallajeja on tavattu vain kaksi. Lisäksi tiedossa on useita sammalten alalajeja ja muunnoksia. (Juutinen ym., 2019, s. 157) Tässä opinnäytetyössä sammalia tarkastellaan kahteen ryhmään jaoteltuna: rahkasammalet on erotettu omaksi ryhmäkseen ja toisena ryhmänä ovat metsäsammalet. Kaikki mukana olevat sammallajit kuuluvat lehtisammalten pääryhmään.

Lehtisammalet ovat pienehköjä kasveja, jotka kasvavat mättäinä tai laajoina mattoina eli kasvustolaikkuina (Laine ym., 2020, s. 10). Yleensä varren haarautumistapa antaa sammalella sen ominaisen ulkonäön, verson tyveltä haarautuvat sammalet kasvavat mätäsmäisesti ja koko verson pituudelta haarovat sammalet kasvavat suikertavasti, kohenevasti tai riippuvasti. Sammalet kiinnittyvät kasvualustaansa juurtumahapsien avulla, varsinaisia juuria sammalilla ei ole. (Koponen ym., 2019, s. 16) Lehtisammalten rakenteeseen kuuluvat varsi ja lehdet, joissa on usein keskisuoni. Lehtien muodot vaihtelevat hyvin kapeista soikeisiin ja leveään herttamaisiin sekä pyöreisiin, lisäksi lehtien pinnoissa ja lehtien kiinnittymistavoissa varteen on eroja. Myös keskisuonen vahvuus ja pituus vaihtelevat lajeittain. Useilla lajeilla varsi on lyhyen karvamaisen huovaston peitossa, joka muodostuu pääasiassa juurtumahapsista. Sammalet ovat yleensä väriltään vihreitä tai ruskehtavan ja kellertävän vihreitä. Värit muodostuvat lehtivihreän sekä kellertävien ja punaisten flavonoidien muodostamista sävyistä. (Laine ym., 2020, ss. 10–13).

Sammallajit ovat hyvin erikoistuneita kasvupaikkojensa suhteen eikä yleisiä ja yhtenäisiä kasvupaikkavaatimuksia ole. Niin lajimäärältään kuin biomassaltaan sammalet ovat kuitenkin runsaimmillaan erilaisissa kosteissa elinympäristöissä. (Ulvinen ym., 2002, ss. 9, 37)

Sammalet leviävät sekä kasvullisesti että itiöiden välityksellä. Itiölevinnän ansiosta sammalet leviävät tehokkaasti paikasta toiseen, ja osalla sammallajeista itiöt voivat säilyä maaperässä hyvinkin pitkään. (Reinikainen ym., 2000, s. 234) Vesi on olennaisessa osassa sammalten lisääntymisen onnistumisessa, joten lähes kaikki sammallajit vaativat elinympäristöltään ainakin ajoittaista kosteutta. Toisaalta monet sammallajit sietävät myös hyvin ajoittaista kuivumista ja kylmyyttä. (Ulvinen ym., 2002, s. 37) Kylmänkestävyys paranee kasvukauden loppua kohden ja sammalet voivat yhteyttää vielä ensilumen alla. Sammalten aktiivisin kasvu ajoittuu nimenomaan kasvukauden loppupuolelle, jolloin myös kosteusolot ovat hyvät ja vedensaanti on riittävää. (Reinikainen ym., 2000, s. 235)

3.1 Rahkasammalet

Rahkasammallajeja on tavattu Suomessa 41 ja ne kaikki kuuluvat *Sphagnum*-sukuun (Kuva 4.). Tässä opinnäytetyössä rahkasammalia ei tarkastella lajilleen. Rahkasammalten osuus suokasvillisuudesta on Suomessa keskeinen. Rahkasammalet ovat olennainen tekijä soiden kehityksessä ja suoekosysteemien toiminnassa, ja ne muodostavat suuren osan Suomen turvevaroista. Rahkasammalten vaikutukset kasvuympäristöön ovat suuret, sillä happamuus lisääntyy rahkasammalten kuollessa ja turvekerroksen kasvaessa. Soilla rahkasammalten asema onkin sitä hallitsevampi mitä pidemmällä suon sukessiokehitys on. Tällöin rahkasammalten asema korostuu muun muassa kasvipeitteessä, turpeenmuodostuksessa ja hiilensidonnassa. (Reinikainen ym., 2000, ss. 266–267)

Rahkasammalet leviävät sekä kasvullisesti että itiöiden avulla. Rahkasammalet kasvavat pituuttaan latvasta, samalla kun sammalten alaosat kuolevat ja muuttuvat turpeeksi. Rahkasammallajit viihtyvät hyvin monenlaisilla kosteilla kasvupaikoilla ja niitä kasvaakin lähes kaikentyypisillä soilla. Runsaaravinteiset turvemaat eivät kuitenkaan ole rahkasammalten parhaita kasvupaikkoja. Rahkasammalet ovat vähentyneet Suomessa ja suurimpana syynä tähän on ollut soiden kuivuminen ja metsittyminen ojitusten ja metsänkasvatuksen myötä. Taantuminen näkyy ennen kaikkea peittävydessä, ei niinkään

yleisyydessä eli rahkasammalet ovat edelleen yleisiä koko maassa. (Reinikainen ym., 2000, ss. 266–267)

Kuva 4. Kaikki Suomessa tavatut rahkasammallajit kuuluvat *Sphagnum*-sukuun.



3.2 Metsäsammalet

Tässä opinnäytetyössä esiintyvät metsäsammalet ovat: seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*), kangaskynsisammal (*Dicranum polysetum*), isokynsisammal (*Dicranum majus*), kivikynsisammal (*Dicranum scoparium*), kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum*), korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*), rämekarhunsammal (*Polytrichum strictum*), suonihuopasammal (*Aulacomnium palustre*) sekä suikerosammalet (*Brachythecium*).

Seinäsammal (*Pleurozium schreberi*) (Kuva 5.) on Suomen metsien yleisin kasvilaji. Se on metsäsammalista kasvupaikkavaatimuksiltaan laaja-alaisin ja siten hyvin yleinen koko maassa. Seinäsammal menestyy sekä kivennäis- että turvemilla kaiken ikäisissä metsissä sekä myös soilla. Seinäsammal on hyötynyt soiden ojituksista ja vallannut tilaa rahkasammalilta, jotka ovat ojitusten myötä taantuneet. Erityisesti Etelä-Suomessa seinäsammalen osuus pohjakerroksen kokonaispeittävydestä turvemilla on runsastunut merkittävästi, kun luonnontilaiset suot ovat vähentyneet ojitusten myötä. (Reinikainen ym., 2000, ss. 251–253)

Kuva 5. Seinäsammal (*Pleurozium schreberi*).



Myös metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*) (Kuva 6.) on yleinen koko maassa. Metsäkerrossammal menestyy parhaiten vakaisissa olosuhteissa ja metsäympäristön muutosten, kuten hakkuiden, myötä kasvustot taantuvat ja palautuminen on hidasta. Metsäkerrossammalen osuus pohjakerroksen kokonaispeittävydestä onkin laskenut huomattavasti koko maassa. Taantuminen on ollut voimakkainta Etelä-Suomessa ja taantumisen myötä kangaskynsisammalesta on tullut metsäkerrossammalta yleisempi metsäsammallaji. Varsinkin turvemaiilla metsäkerrossammal tarvitsisi vanhoja metsiä menestyäkseen, nuorissa metsissä sen peittävyys on vähäistä. Metsäkerrossammalen pituuskasvu ja biomassatuotos ovat riippuvaisia kosteusoloista ja se tarvitsee kasvaakseen riittävän pitkän kostean ajanjakson, erityisesti syksyisin aktiivisimman kasvukauden aikana. Myös valo-olosuhteet vaikuttavat metsäkerrossammalen kasvuun, se ei siedä suoran auringonvalon kuivattavaa vaikutusta. (Reinikainen ym., 2000, ss. 248–250)

Kuva 6. Metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*).



Kangaskynsisammal (*Dicranum polysetum*) (Kuva 7.) kuuluu myös Suomen metsäkasvillisuuden yleisimpiin lajeihin, ja se menestyy myös soilla kuten muutkin yleiset metsäsammallajit. Kangaskynsisammal on selvästi yleisin Etelä-Suomessa. Se on hyötynyt soiden ojituksista, joiden myötä se on runsastunut koko maassa, eniten kuitenkin Etelä-Suomessa. Kangaskynsisammal kasvaa kaiken ikäisissä metsissä, mutta parhaiten vanhoissa metsissä. Hakuut vaikuttavat voimakkaasti kangaskynsisammalen peittävyteen, ei kuitenkaan yhtä selkeästi kuin esimerkiksi seinä- ja metsäkerrossammalilla. (Reinikainen ym., 2000, ss. 244–245)

Kuva 7. Kangaskynsisammal (*Dicranum polysetum*).



Myös isokynsisammal (*Dicranum majus*) esiintyy koko maassa, runsaimpana Etelä-Suomessa. Se ei kuitenkaan menesty soilla yhtä hyvin kuin esimerkiksi kangaskynsisammal eikä se hyödy soiden ojituksista yhtä merkittävästi. Menestyäkseen soilla isokynsisammal tarvitsisi suuria, vanhoja puita suojakseen. (Reinikainen ym., 2000, ss. 242–243) Kivikynsisammal (*Dicranum scoparium*) ei ole yhtä yleinen kuin kangas- ja isokynsisammalet, mutta esiintyy kuitenkin koko maassa. Kivikynsisammal kasvaa hyvin monenlaisilla kasvupaikoilla, mutta sen peittävyys on kaikkialla melko vähäistä. (Reinikainen ym., 2000, s. 247)

Kangaskarhunsammalta (*Polytrichum juniperinum*) (Kuva 8.) tavataan koko Suomessa, mutta se on pohjoisessa yleisempi ja runsaampi kuin Etelä-Suomessa. Se on kuivien kasvupaikkojen laji, joten se menestyy esimerkiksi tuntureilla. Kangaskarhunsammal on pioneerilaji, joka menestyy sukkession alkuvaiheessa avoimella tai häiriön jälkeen paljastuneella kasvupaikalla. Se siis hyötyy metsänkäsittelyistä sekä soiden ojituksista, ja on yleisin nuorissa metsissä ja ojitetuilla soilla, joissa muut metsäsammallajit ovat häiriöiden myötä vähentyneet. (Reinikainen ym., 2000, ss. 258–259)

Kuva 8. Kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum*).



Korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*) on Suomessa yleisin karhunsammallaji, ja se on kooltaan yksi suurimmista lehtisammalista. Se lisääntyy tehokkaasti itiöiden avulla ja pystyy siten valtaamaan nopeasti uusia kasvupaikkoja esimerkiksi hakkuiden jälkeen. Runsastuminen kuitenkin vähenee puuston tihentymisen ja soiden kuivumisen myötä ja

turvemailla korpikarhunsammalen peittävydet ovatkin laskeneet. Korpikarhunsammal on kuitenkin puustoisilla soilla seinäsammalen ja rahkasammalten ohella yksi pohjakerroksen vallitsevista lajeista. (Reinikainen ym., 2000, ss. 255–257) Rämekarhunsammal (*Polytrichum strictum*) on pioneerilaji, joka menestyy esimerkiksi paljailla turvemailla. Se hyötyy soiden ojituksista, mutta taantuu sukkession edetessä turvekangasvaiheeseen.

Rämekarhunsammalen esiintyminen painottuu nimensä mukaan rämeille, eikä se ole korvissa erityisen yleinen. (Reinikainen ym., 2000, ss. 260–261)

Suonihuopasammal (*Aulacomnium palustre*) on myös yksi Suomen yleisimmistä sammalista. Se viihtyy soilla, mutta myös monenlaisilla muilla kosteilla kasvupaikoilla. Se kasvaa yleensä muiden sammalten seassa ja tässä opinnäytetyössäkin suonihuopasammalta esiintyi vain muiden sammalten joukossa eikä lainkaan omina kasvustoinaan. Korvissa suonihuopasammal on runsaimmillaan ojituksen jälkeen, mutta vähenee turvekangasvaiheessa. (Reinikainen ym., 2000, ss. 236–237)

Suikerosammalia (*Brachythecium*) esiintyy Suomessa 19 eri lajia, joita tässä opinnäytetyössä ei tarkasteltu lajilleen. Suikerosammalet ovat yleisiä Suomen metsissä koko maassa, soista ne viihtyvät erityisesti ruohoisissa korvissa. Suikerosammalet ovat ojitetuilla soilla runsaimmillaan sukkession edettyä pitkälle turvekangasvaiheeseen, jolloin rahkasammalet ovat vähentyneet kuivumisen myötä ja tehneet tilaa muille lajeille. (Reinikainen ym., 2000, ss. 238–239)

4 Luonnonvarakeskus Luke ja SOMPA-tutkimushanke

Luonnonvarakeskus Luke on Suomen maa- ja metsätalousministeriön alainen tutkimuslaitos, jonka toimialana on edistää elinkeinotoimintaa, joka perustuu uusiutuvien luonnonvarojen kestävään käyttöön. Luonnonvarakeskuksen tehtäviin kuuluvat muun muassa tieteellisen tutkimustoiminnan harjoittaminen ja asiantuntijapalveluiden tarjoaminen yhteiskunnallista päätöksentekoa tukemaan. Luonnonvarakeskus myös huolehtii luonnonvarojen seurannoista, geenivarojen säilytyksestä, kasvihuonekaasujen laskennoista, tukee luonnonvarapolitiikkaa ja tuottaa Suomen viralliset luonnonvara- ja ruokatilastot. Toiminnan tavoitteena on biotaloudelle rakentuvan yhteiskunnan edistäminen. Luonnonvarakeskus perustettiin vuonna 2015, kun Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT),

Metsäntutkimuslaitos (Metla), Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) ja maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen (Tike) tilastotehtävät yhdistyivät. (maa- ja metsätalousministeriö, 2014; Luonnonvarakeskus, n.d.-e)

SOMPA-tutkimushanke, ”Uudet maatalous- ja metsämaan viljely- ja hoitomenetelmät – avain kestävään biotalouteen ja ilmastomuutoksen hillintään”, kehittää ilmastomuutosta hillitseviä, ekologisesti ja taloudellisesti kestäviä tapoja hoitaa suometsiä ja -peltoja.

Hankkeessa mitataan ekosysteemien hiilen ja ravinteiden kiertoa sekä seurataan metsän kasvillisuutta ja sen reaktiota erilaisiin metsänkäsittelytapoihin. SOMPA-hanke on saanut Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen rahoituksen. Hanketta koordinoi Luonnonvarakeskus Luke ja toteuttamiseen osallistuvat lisäksi Suomen ympäristökeskus SYKE, Itä-Suomen yliopisto, Helsingin yliopisto ja Tyrsky Consulting (Luonnonvarakeskus, n.d.-b).

SOMPA-tutkimushankkeen lisäksi Luonnonvarakeskus on mukana LIFE OrgBalt -projektissa, jossa selvitetään ja havainnollistetaan maankäytön ilmastovaikutusten hillitsemisen potentiaalia runsasravinteisilla orgaanisilla mailla Baltian maissa ja Suomessa. Projektissa tehdään mittauksia kuudellatoista eri tutkimuskohteella Baltiassa ja Suomessa. Kaksi näistä tutkimuskohteista ovat Paroninkorpi ja Lettosuo, jotka ovat myös tämän opinnäytetyön tutkimuskohteina. (LIFE OrgBalt -project, n.d.-a & n.d.-b)

Sammalten biomassatuotoksen määrää jatkuvan kasvatuksen metsissä ei ole aiemmin tutkittu. SOMPA-tutkimushankkeelle on kuitenkin tehty samasta aihepiiristä selvitys vuonna 2019, kun Joni Haapakoski selvitti pro gradussaan erirakenteishakkuiden voimakkuuden vaikutuksia aluskasvillisuuden rakenteeseen korpikohteilla. Tämä selvitys oli Suomessa ensimmäinen laatuaan. Selvityksen perusteella sammalet kärsivät erirakenteishakkuista. Sammalten peittävyys keskimäärin laski kontrollikoealoilla ja erirakenteishakkuin käsitellyillä koealoilla. Poikkeuksena olivat suikerosammalet, jotka hyötyivät voimakkaasta käsittelystä, sillä ne menestyvät hakkuutähteiden ja karikkeen päällä. Selvityksen pääpaino oli lajien ja lajiryhmien peittävyysien muutoksissa, myös lajimäärissä tapahtuvia muutoksia tarkasteltiin. (Haapakoski, 2019, ss. 2, 35–36) Haapakosken pro gradussa ei kuitenkaan selvitetty aluskasvillisuuden, kuten sammalten, biomassatuotosten määriä, joihin tässä opinnäytetyössä keskitytään.

5 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tämä opinnäytetyö on tyypiltään tutkimuksellinen. Tutkimuksellisen opinnäytetyön lähtökohtana on työelämälähtöinen tutkimusongelma, jota pyritään ratkaisemaan asianmukaisten, empiiristen aineistojen ja yleisten tutkimusmenetelmien avulla. Tutkimuksellinen opinnäytetyö toteutetaan käytännön näkökulman sisältävänä tutkimuksena eli soveltavana tutkimuksena. Työ pohjautuu tutkittavaa aihetta käsittelevään teoriaan ja aiempiin tutkimuksiin. Opinnäytetyö muodostuu kerätystä taustatiedosta, havaintomateriaalista eli aineistosta sekä aineiston analysoinnista. (Hämeen ammattikorkeakoulu, 2020, ss. 15–16)

Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmana on selvittää miten hakkuut vaikuttavat sammalten biomassatuotokseen runsasravinteisilla, ojitetuilla korpikohteilla.

Tutkimusongelmaan haetaan vastausta seuraavien tutkimuskysymysten avulla:

- Miten sammalten vuotuinen biomassatuotos eroaa eri metsänkäsittelytavoin käsitellyillä koealoilla?
- Miten sammalten kokonaisbiomassan määrä eroaa eri metsänkäsittelytavoin käsitellyillä koealoilla?
- Miten eri sammalryhmät reagoivat hakkuisiin?

Biomassalla tarkoitetaan eloperäistä, fotosynteesin kautta syntynyttä elävää kasvimassaa ja biomassatuotoksella keskimääräistä vuotuista biomassan määrää, joka voidaan ilmoittaa esimerkiksi kuivapainona pinta-alaa kohti (g/m^2). Vertailua tehdään koealoilla, joista osa on käsittelemättömiä kontrollikoealoja ja osalla on tehty osittais- tai avohakkuita.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi arvioitaessa sammalten roolia suometsien ilmastonmuutoksen hillinnässä. Sammalten muodostamassa turpeessa on suuri osa kaikesta maaperän hiilestä ja lisäksi sammalten karikkeen mukana maahan tulee jatkuvasti lisää hiiltä (Luonnonvarakeskus, n.d.-a; Penttilä ym., n.d.). Kasvien ja niiden tuottaman karikkeen määrän merkitystä suometsien maaperän hiilitaseeseen on tutkittu vain vähän, sillä hiilitasetutkimukset ovat painottuneet lähinnä puustoon. Suometsien maaperän hiilitaseella tarkoitetaan erotusta maahan karikkeena tulevan sekä maaperästä

ilmaan ja veteen poistuvan hiilimäärän välillä (Penttilä ym., n.d.). Sammalten kariketuotannon on arvioitu vastaavan sammalten biomassatuotoksen määrää (LIFE OrgBalt-projektin protokollasta saatu henkilökohtainen tiedonanto, 16.3.2021). Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää myös muun muassa suometsien biodiversiteettiin, veden kiertoon ja haihduntaan liittyen. Tulosten käyttömahdollisuudet ovat monipuoliset, sillä sammalten vaikutukset elinympäristöön ovat merkittäviä, kuten myös elinympäristön vaikutukset sammalten menestymiseen.

6 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Tämä opinnäytetyö on tyypiltään kvantitatiivinen eli määrällinen. Opinnäytetyössä selvitettiin sammalten kuivapainoja grammoina ja painojen perusteella laskettiin sammalten biomassatuotokset grammoina pinta-alaa kohti. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa on tärkeää aineiston soveltuvuus määrälliseen, numeeriseen mittaamiseen ja aineiston saattaminen tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Lisäksi keskeistä ovat johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat ja käsitteiden määrittely. (Hirsjärvi ym., 2009, s. 140) Opinnäytetyön perustana käytettiin aiempia tutkimuksia ja olemassa olevaa teoretietoa. Käytetyt käsitteet pyrittiin määrittelemään yksiselitteisesti. Tutkimusaineisto kerättiin numeeriseen mittaamiseen soveltuvaan muotoon ja tulokset voitiin tallentaa ja esittää tilastollisesti hyödyntäen muun muassa taulukoita ja erilaisia kaavioita.

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tutkimustyyppinä on usein kokeellinen eli eksperimentaalinen tutkimus, jossa mitataan yhden muuttujan vaikutusta toiseen muuttujaan (Hirsjärvi ym., 2009, ss. 132–134, 191). Tässä opinnäytetyössä mitattiin erilaisten metsänkäsittelytapojen vaikutuksia sammaliin. Tyypillisiä piirteitä kokeelliselle tutkimukselle ovat muun muassa tietystä ryhmästä otettu näyte tai otos, jota analysoidaan harkitusti ja systemaattisesti ja muuttujissa tapahtuneita muutoksia mitataan numeerisesti (Hirsjärvi ym., 2009, s. 134). Tässä opinnäytetyössä osittais- ja avohakkuiden vaikutuksia sammalten biomassatuotokseen selvitettiin keräämällä sammalnäytteitä tutkimuskohteilta, analysoimalla näytteitä sekä tulkitsemalla saatuja tuloksia.

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa on usein hankalaa tehdä niin sanottua kokonaistutkimusta, vaan tavoitteena voi olla saada tulokseksi yleistettäviä päätelmiä. Tällöin tulokset

pohjautuvat perusjoukosta valittuun edustavaan otokseen. (Hirsjärvi ym., 2009, s. 180) Sammalten biomassatuotosta olisi käytännössä mahdotonta tutkia kaikilta Suomen runsasravinteisilta, ojitetuilta korpikohteilta, joten tutkimus rajautui kahdelle valitulle tutkimuskohteelle. Maastotyöskentely tutkimuskohteilla Paroninkorvessa ja Lettosuolla koostui sammalnäytteiden keruusta ja sammallajien peittävyksien arvioinneista näytealoilla. Näytealoilta tehtyjen otosten perusteella voitiin tehdä yleistyksiä otoksesta (Hirsjärvi ym., 2009, s. 180), jotka esitettiin opinnäytetyön tutkimustuloksina. Käytetyt näytteiden keräysmenetelmät ja otoskoot oli määritelty Luonnonvarakeskuksen toimesta, ja ne pohjautuvat aiemmissa tutkimuksissa hyväksi havaittuihin näytteenottotapoihin ja -määriin.

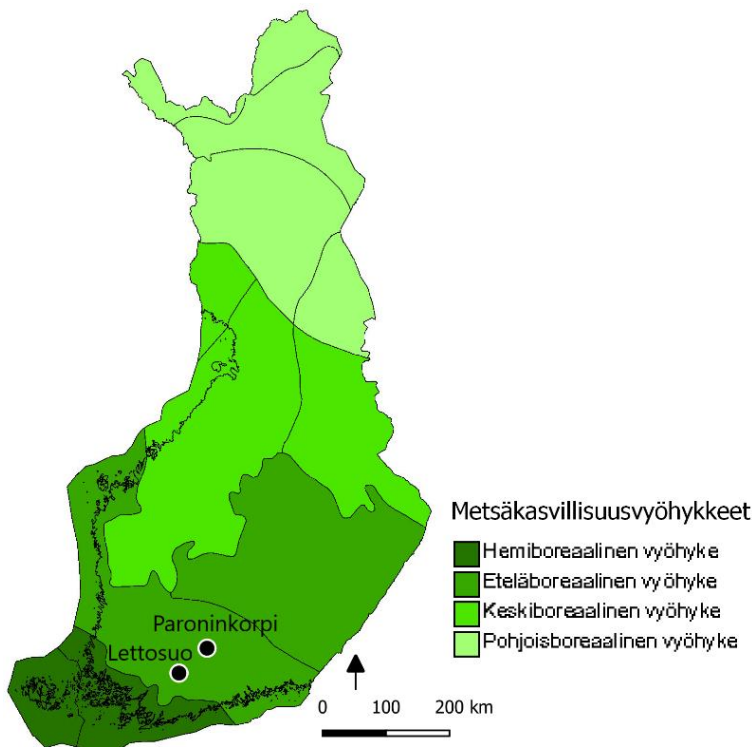
Opinnäytetyö on tieteellinen tutkimus, joten tässä opinnäytetyössä on otettu huomioon tieteelliselle tutkimukselle asetetut vaatimukset. Tutkimuksen on oltava universaalia, yhteisöllistä ja puolueetonta. Lisäksi tulokset asetetaan julkiseen tarkasteluun. (Hirsjärvi ym., 2009, s. 21) Jotta opinnäytetyö on eettisesti hyväksyttävä ja luotettava ja saadut tutkimustulokset ovat uskottavia, on opinnäytetyön teko suoritettava hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla. Opinnäytetyön teossa on noudatettu rehellisyyttä ja huolellisuutta niin tutkimuksen toteutuksessa kuin myös tulosten tallentamisessa, havainnollistamisessa ja tulkinassa. Käytetyt tutkimusmenetelmät ovat tieteellisen tutkimuksen vaatimusten mukaisia ja eettisesti hyväksyttäviä. Lähdeviittaukset ja opinnäytetyön raportointi on tehty asianmukaisesti ja avoimesti. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012, ss. 6–7) Tässä opinnäytetyössä ei tarvittu tutkimuslupaa eikä eettistä ennakoarviointia. Opinnäytetyö toteutettiin digitaalisten dokumenttien saavutettavuusvaatimusten edellyttämällä tavalla.

6.1 Tutkimuskohteet

Luonnonvarakeskuksella on tutkimuskohteita eri puolilla Suomea, mutta tässä opinnäytetyössä tutkimuskohteina olivat Paroninkorpi Janakkalassa (61°0'N, 24°45'E) ja Lettosuo Tammelassa (60°38'N, 23°57'E) (Kuva 9.). Molemmat kohteet sijaitsevat Kanta-Hämeen maakunnassa eteläboreaalaisella ilmasto- (Ilmatieteen laitos, n.d.) ja metsäkasvillisuusvyöhykkeellä (Suomen ympäristökeskus, 2020). Molemmilla tutkimuskohteilla tutkitaan suometsien uusien metsänkäsittelytapojen, lähinnä metsän

jatkuvan kasvatuksen, vaikutuksia muun muassa kasvillisuuteen, vedenpinnan tasoon sekä kasvihuonekaasuihin.

Kuva 9. Paroninkorven ja Lettosuon tutkimuskohteet sijaitsevat eteläborealisella metsäkasvillisuusvyöhykkeellä (Suomen ympäristökeskus, 2020).

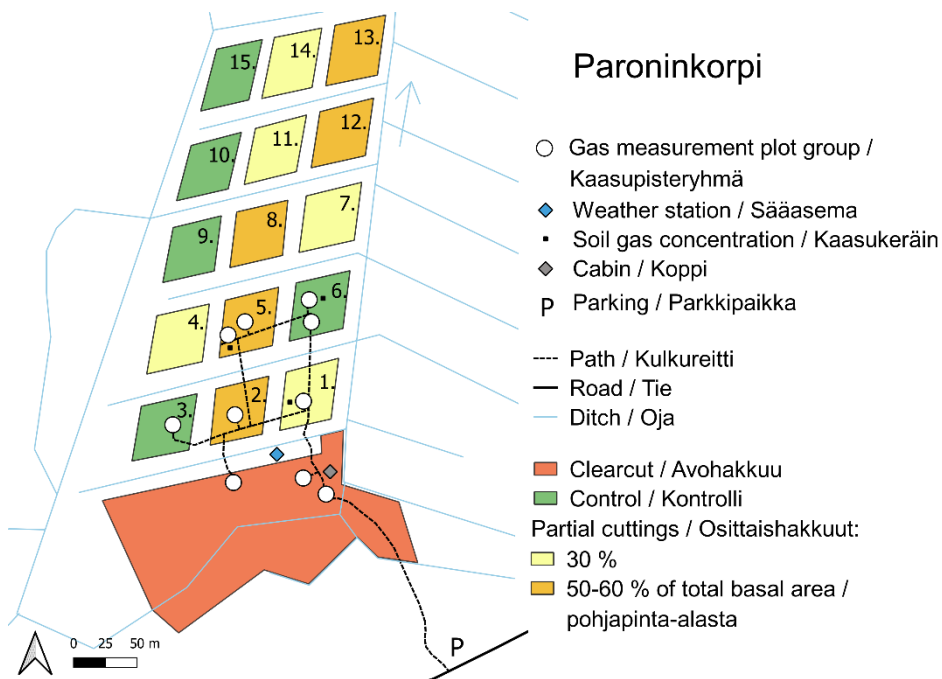


6.1.1 Paroninkorpi

Paroninkorpi on runsaravinteista turvemaakuusikko, joka on ojitettu metsätaloukseen jo 1940-luvulla ja ojituksia on tehty vielä 1960-luvun alussa. Tämän jälkeen ojaverkoston kunnostuksia ei ole tehty. Maaperä muodostuu lähinnä saraturpeesta ja turvekerroksen paksuus on yli metrin. Paroninkorven kasvupaikkatyyppi on määritelty ruohoturvekangas II (Rhtkg II). Paroninkorven tutkimuskohde on jaettu koealoihin (Kuva 10.), joissa metsän käsittelyä on toteutettu eri tavoin vertailua varten. Tutkimukset erilaisten metsänkäsittelytapojen vaikutuksista ja mahdollisuuksista alkoivat vuonna 2016. Osa koealoista on jätetty käsittelemättä eli ne toimivat niin sanottuina kontrollikoealoina, osassa on tehty osittaihakkuuta ja osa alueesta on avohakattu. Osittaihakkuut tehtiin helmikuussa 2017 ja eri koealoilla hakkuuta toteutettiin eri voimakkuuksin. Kontrollikoealojen ja

osittaishakkuualojen pinta-alat ovat yhteensä 3,5 hehtaaria ja avohakkuun ala on 0,6 hehtaaria. (Jauhiainen ym., 2021, ss. 12–14)

Kuva 10. Paroninkorven tutkimuskohde Janakkalassa (Rautakoski, 2020).

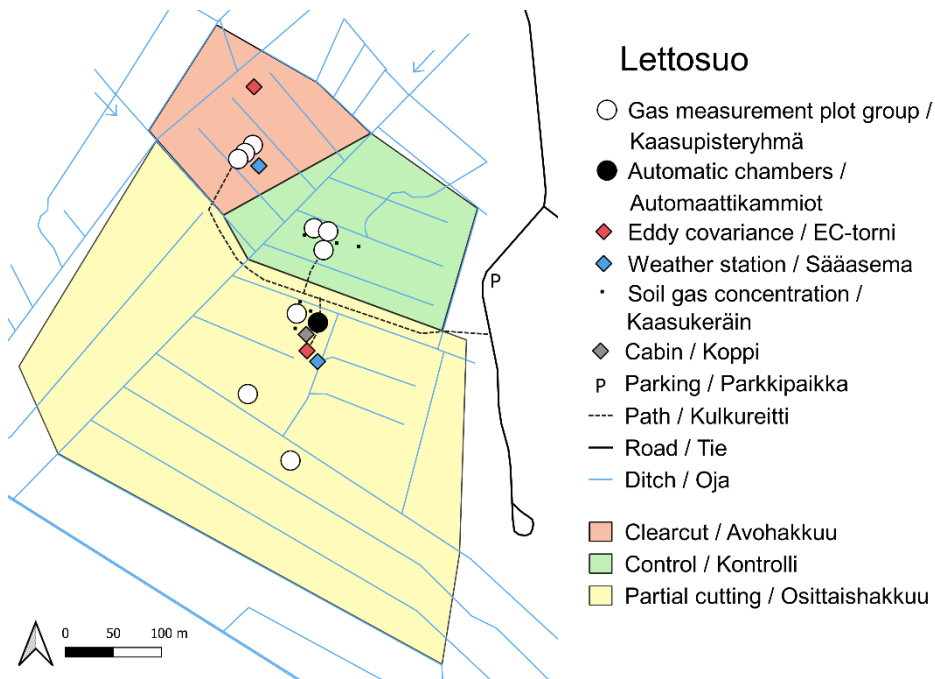


6.1.2 Lettosuo

Lettosuo on runsravinteista suometsää, joka on alun perin ojitettu arviolta 1930-luvulla ja ojituksia on tehty vielä 1960-luvun lopulla. Turvekerroksen paksuus alueella vaihtelee 1,5–2,5 metrin välillä ja turve on lähinnä saraturvetta. Lettosuon kasvupaikkatyyppi on mustikkaturvekangas I (Mtkg I). Alueen puulajeja ovat mänty, koivu ja kuusi. Lettosuon tutkimuskohde on jaettu koeloihin (Kuva 11.), joissa metsän käsittelyä on toteutettu eri tavoin vertailua varten. Talvella 2016 alueella tehtiin osittais- ja avohakkuuta.

Osittaishakkuuta tehtiin 13 hehtaarin alalla ja avohakkuu 2,3 hehtaarin alalla, lisäksi 3,1 hehtaarin ala jätettiin käsittelemättä eli se toimii niin sanottuna kontrollikoealana. Kesällä 2016 alueella tehtiin mätästys ja vuonna 2017 istutettiin kuusia. (Jauhiainen ym., 2021, ss. 15–17)

Kuva 11. Lettosuon tutkimuskohde Tammelassa (Rautakoski, 2020).



6.2 Sammalnäytteiden keruu ja sammalajien peittävyksien arviointi

Maastokäynnit tutkimuskohteille tehtiin joulukuussa 2020 ennen lumen tuloa, Paroninkorpeen 11.12.2020 ja Lettosuolle 17.12.2020. Sammalnäytteiden keruut ajoittuivat loppuvuoteen, jotta sammaleiden koko pitkälle viileään syksyyn saakka jatkunut kasvu saatiin mukaan näytteisiin. Maastossa tutkimuskohteilta kerättiin sammalten vuosikasvunäytteet ja totaali (TOT)- eli kokonaisbiomassanäytteet. Tutkimuskohteille oli keväällä 2020 laitettu sammalverkkoja (Kuva 12.), joiden läpi sammalet olivat päässeet kasvamaan kasvukauden aikana eli kevästä loppusyksyyn. Sammalverkoilta kerättiin sammalten kasvukauden aikainen biomassa. Kokonaisbiomassanäytteissä talteen otettiin kaikki näytealalla olleet sammalet kokonaisuudessaan. Sammalnäytteitä kerättiin yhteensä 149 kappaletta (Taulukko 1. ja Taulukko 2.). Sammalnäytteet ovat nimenomaan tätä tutkimusta varten itse kerättyä tutkimusaineistoa eli primaariaineistoa. Sammalnäytteet ovat empiiristä tietoa, jotka sisältävät välitöntä tietoa tutkimuskohteesta. (Hirsjärvi ym., 2009, s. 186)

Kuva 12. Sammalverkkoja asetettu sammalten pintaan, jotta sammalet pääsevät kasvamaan verkon läpi vuosikasvun seurantoja varten.



Taulukko 1. Paroninkorvesta kerätyt sammalnäytteet (yhteensä 67 kpl).

Paroninkorpi 11.12.2020	Avohakkuu A1	Avohakkuu A2	Ruutu 2 osittaihakkuu	Ruutu 3 kontrolli	Ruutu 5 osittaihakkuu	Ruutu 6 kontrolli
Vuosikasvunäytteet metsäsammalet				4 kpl	4 kpl	5 kpl
Kokonaisbiomassanäytteet (TOT) metsäsammalet				5 kpl	5 kpl	5 kpl
Vuosikasvunäytteet rahkasammalet			5 kpl		4 kpl	5 kpl
Kokonaisbiomassanäytteet (TOT) rahkasammalet	5 kpl	5 kpl	5 kpl		5 kpl	5 kpl

Taulukko 2. Lettosuolta kerätyt sammalnäytteet (yhteensä 82 kpl).

Lettosuo 17.12.2020	Avohakkuu	Kontrolli K1	Kontrolli K2	Kontrolli K3	Osittaihakkuu O1	Osittaihakkuu O2	Osittaihakkuu O3
Vuosikasvunäytteet metsäsammalet	5 kpl	5 kpl	5 kpl	5 kpl	5 kpl		5 kpl
Kokonaisbiomassanäytteet (TOT) metsäsammalet	5 kpl	5 kpl	5 kpl	5 kpl	5 kpl	2 kpl	5 kpl
Vuosikasvunäytteet rahkasammalet				5 kpl		5 kpl	
Kokonaisbiomassanäytteet (TOT) rahkasammalet				5 kpl		5 kpl	

Sammalverkkoja oli tutkimuskohteilla olevilla tutkimuspisteryppäillä keskimäärin viisi kappaletta kumpaakin sammalryhmää, rahka- ja metsäsammalia, kohden. Paroninkorpeen sammalverkot oli asetettu 28.5.2020 ja ne poistettiin 11.12.2020 eli vuosikasvunäytteiden sammalet olivat kasvaneet 198 vuorokauden ajan. Lettosuolle sammalverkot oli asetettu 9.6.2020 ja poisto tehtiin 17.12.2020, jolloin vuosikasvunäytteiden sammalten kasvu-aika oli 192 vuorokautta. Vuosikasvunäytteitä otettaessa sammalverkon päälle kasvanut osuus sammalesta leikattiin saksien avulla talteen muovipussiin. Kokonaisbiomassanäytteissä näytealoilta otettiin talteen kaikki sammalet kokonaisuudessaan. Ympyränmuotoiset

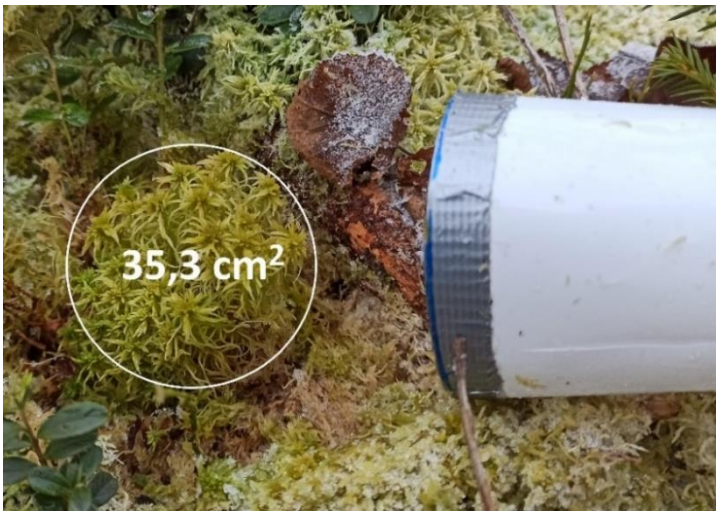
näytealat olivat halkaisijaltaan 6,7 senttimetriä eli näytealojen pinta-alat olivat 35,3 neliösenttimetriä (Kaava 1. & Kuva 13.).

Kaava 1. Näytealojen pinta-alat olivat 35,3 cm².

$$A = \pi r^2 = \pi \times \left(\frac{6,7 \text{ cm}}{2}\right)^2 = \frac{3,142 \times 6,7 \text{ cm} \times 6,7 \text{ cm}}{4} \approx 35,3 \text{ cm}^2$$

(A = pinta-ala, r = säde)

Kuva 13. Sammalnäytteiden keruu näytealoilta.



Ennen näytteenottoa tehtiin arvio eri sammallajien peittävyksistä näytealalla.

Näytepusseihin kirjattiin tutkimuskohteen nimi, koealan numero, päivämäärä sekä tiedot näytteen sammallajeista ja sammallajien peittävyysprosentista näytealalla. Peittävyystiedot kirjattiin sammallajien kasvunopeuksien ja versotiheyksien vaihtelevuuksien vuoksi, jotta näiden huomioiminen olisi tarvittaessa myöhemmin mahdollista.

6.3 Sammalnäytteiden käsittely

Ohjeistus maastossa kerättyjen sammalnäytteiden käsittelyä varten käytiin läpi

Luonnonvarakeskuksen tiloissa, jonka jälkeen näytteiden käsittelyt tehtiin ohjeistuksen mukaisesti kotioiloissa. Sammalnäytteiden käsittely tarkoitti sammalnäytteiden huolellista puhdistusta, sammalten erottelua toisistaan, mittausta ja lajitunnistusten varmistusta.

Näytteiden käsittelyssä olennaista oli samojen toimintamallien ja rajoksien noudattaminen kaikkien näytteiden kohdalla, jolloin näytteet saatiin yhdenmukaisiksi ja vertailukelpoisiksi.

Maastossa sammalnäytteet oli kerätty muovipusseihin, joista ne siirrettiin käsittelyn jälkeen paperipusseihin kuivumaan. Alkuperäisiin näytepusseihin kirjatut tiedot kopioitiin paperipusseihin. Käsitellyt näytteet toimitettiin paperipusseissa Luonnonvarakeskuksen tiloihin kuivausta ja punnitusta varten.

6.3.1 Sammalten vuosikasvunäytteiden käsittely

Sammalten vuosikasvunäytteiden avulla haluttiin selvittää, kuinka paljon sammaliin on kasvukauden aikana sitoutunut biomassaa neliometriä kohti. Paroninkorven vuosikasvunäytteiden määrä oli 27 kappaletta ja Lettosuon 40 kappaletta. Metsä- ja rahkasammalten vuosikasvunäytteiden käsittelyt poikkesivat hieman toisistaan. Metsäsammalten biomassaan huomioitiin kaikki sammalverkon päältä talteen otettu biomassa, mutta rahkasammalissa kärkisilmu ja latvus (capitulum) jätettiin huomioimatta (Kuva 14.). Rahkasammalten capitulum on ollut olemassa jo sammalverkon alla, joten sitä ei laskettu mukaan vuosikasvuun, ainoastaan sammalverkon yläpuolinen kasvu huomioitiin.

Kuva 14. Rahkasammalten vuosikasvussa ei huomioitu kärkisilmua ja latvusta (capitulum).



Rahkasammalten vuosikasvunäytteiden käsittelyssä capitulumin osuutta selvitettiin satunnaisotosten ja mittausten avulla. Jokaisesta rahkasammalnäytteestä laskettiin ensin sammalten kokonaiskappalemäärä. Tämän jälkeen sammalista otettiin kymmenen kappaleen satunnaisotos mittausta varten. Satunnaistaminen tehtiin yksinkertaisena satunnaisotantana eli otoksen poimintamenetelmänä, jossa jokaisella näytteen

sammalyksilöllä oli sama mahdollisuus tulla valituksi otokseen (Tilastokeskus, n.d.). Käytännössä tämä tehtiin ottamalla kaikkien näytteen sammalyksilöiden joukosta sattumanvaraisesti kymmenen yksilöä mitattavaksi. Satunnaisotoksen sammalten kokonaispituus mitattiin, jonka jälkeen sammalesta poistettiin capitulum ja sammal mitattiin ilman sitä (Kuva 15.). Tarkoituksena oli otoksen avulla selvittää rahkasammalten keskimääräinen kasvu senttimetreinä. Keskimääräinen kasvu laskettiin jakamalla otoksen sammalten kokonaispituuksien summa mitattujen sammalyksilöiden määrällä.

Kuva 15. Rahkasammalten vuosikasvunäytteiden pituuskasvun mittausta.



6.3.2 Sammalten kokonaisbiomassanäytteiden käsittely

Kokonaisbiomassanäytteiden avulla haluttiin selvittää, kuinka paljon näytealalla on elävää sammalbiomassaa huomioiden uudet ja vanhat vuosikasvut. Paroninkorven kokonaisbiomassanäytteiden määrä oli 40 kappaletta ja Lettosuon 42 kappaletta. Kokonaisbiomassanäytteiden käsittelyssä eroteltiin elävä sammalbiomassa kuolleesta. Koska näytteiden käsittely tehtiin kotiloissa eikä laboratorioissa, ei erottelua tehty mikroskooppisen tarkasti. Elävän ja kuolleen biomassan rajaa voitiin suuntaa antavasti tehdä sammalten värin perusteella, mutta värin lisäksi pyrittiin kuitenkin tarkastelemaan myös sammalten solurakennetta. Selkeästi kuollut ja hajonnut lehtisolurakenne voitiin havaita paljaalla silmällä. Jokaisen näytteen käsittelyssä noudatettiin samoja rajauksia, jotka oli sovittu näytteiden käsittelyn ohjauksen yhteydessä. Apuna yhdenmukaisuuden säilyttämisessä koko työskentelyn ajan toimivat valokuvat (Kuva 16.).

Kuva 16. Sammalten kokonaisbiomassanäytteissä varren yläosan elävä biomassa eroteltiin alaosan kuolleesta osuudesta. Kuvissa vasemmalta oikealle rahkasammal, seinäsammal, metsäkerrossammal ja kangaskynsisammal.



Kokonaisbiomassanäytteet oli pyritty maastossa keräämään siten, että näyte muodostuisi kokonaisuudessaan vain yhdestä sammallajista. Osassa näytteistä kuitenkin oli mukana vähäisiä määriä myös muita sammallajeja ja nämä eroteltiin käsittelyssä omiin pusseihin. Kaikki saman näytteen eri lajit kuitenkin säilytettiin ja huomioitiin lopullisissa punnituksissa.

6.4 Biomassatuotoksen laskenta

Sammalnäytteiden käsittelyn yhteydessä tiedot näytteistä kerättiin Excel-taulukkoon tulosten analysointia varten. Näytteiden käsittelyn ja tietojen tallennuksen jälkeen näytteet kuivattiin ja punnittiin Luonnonvarakeskuksen tiloissa. Näytteet kuivattiin lämpökaapissa 70 celsiusasteen lämmössä vakio painoon eli kunnes lisäkuivaus ei muuttanut näytteen painoa perättäisissä punnituksissa. Kuivatut näytteet punnittiin sammalten kuivapainon selvittämiseksi. Kuivapainon avulla haluttiin saada selville kuin paljon sammaliin sitoutuu biomassaa grammoina neliometriä kohden. Saatujen tulosten avulla voitiin selvittää sammalten biomassatuotoksen määriä myös isommilla pinta-aloilla hyödyntäen Luonnonvarakeskuksen olemassa olevia kasvillisuuskartoitusaineistoja. Paroninkorvessa ja Lettosuolla on kasvuruutuja, joissa on jo aiemmin tehty kasvillisuuden kartoitusta ja

peittävyysprosenttien arviointia. Kasviruudut ovat yhden neliömetrin kokoisia alueita, joita on jokaisella koealalla vähintään kaksi kappaletta. Oletuksena on, että kasviruudut edustavat hyvin koealoja ja niiden perusteella voidaan tehdä yleistyksiä. Esimerkiksi kasviruudun keskimääräinen sammalajin peittävyys kuvastaa lajin peittävyyttä koko kyseisellä koealalla. Kasvillisuuskartoitusaineistojen tiedot ovat tässä opinnäytetyössä sekundaariaineistoa eli aineistoa, joka on muiden keräämää (Hirsjärvi ym., 2009, s. 186).

Biomassatuotoksen laskennat tehtiin seuraavasti:

Rahkasammalet

Rahkasammalten vuosikasvunäytteistä oli jo näytteiden käsittelyn yhteydessä laskettu rahkasammalten keskimääräinen kasvu senttimetreinä. Kuivattujen sammalnäytteiden avulla haluttiin selvittää paljonko yksi senttimetri rahkasammalta painaa. Ensin määritettiin sammalten pituuskasvu ilman capitulumia koko näytealalla senttimetreinä eli kerrottiin näytteen sammalyksilöiden lukumäärä keskimääräisellä kasvulla ilman capitulumia. Tämän jälkeen punnittiin näyte, josta oli poistettu capitulumit. Näytteen paino jaettiin näytealan kokonaiskasvulla ilman capitulumia. Tulokseksi saatiin rahkasammalten paino grammoina senttimetriä kohti (g/cm). Lopuksi laskettiin biomassatuotoksen määrä pinta-alayksikköä kohden kertomalla vuosikasvun pituuteen suhteutettu kuivapaino näytealan pinta-alalla eli $\text{g/cm} \cdot \text{cm/cm}^2$. Tällöin saatiin selville rahkasammalten biomassatuotos näytealalla grammoina neliösenttimetriä kohti (g/cm^2), jonka jälkeen tulokset muunnettiin grammoiksi neliömetrille (g/m^2). Näytteissä, joissa sammalten peittävyys näytealalla oli alle 100 prosenttia, muunnettiin ala oikeaksi kertomalla näytealan ala $35,3 \text{ cm}^2$ sammalten peittämällä prosenttisuudella alasta.

Metsäsammalet

Metsäsammalten osalta laskettiin biomassatuotoksen määrä pinta-alayksikköä kohden jakamalla näytteen kuivapaino näytealan pinta-alalla (g/cm^2). Saadut tulokset muunnettiin grammoiksi neliömetrille (g/m^2). Näytteissä, joissa sammalten peittävyys näytealalla oli alle 100 prosenttia, muunnettiin ala oikeaksi kertomalla näytealan ala $35,3 \text{ cm}^2$ sammalten peittämällä prosenttiosuudella alasta.

Tulosten yleistäminen koealoille ja sammalten kokonaistuotos

Luonnonvarakeskuksen kasvillisuuskartoitusaineistosta saatiin tiedot rahka- ja metsäsammalten osuuksista sammalten kokonaispeittävydestä tutkimuskohteilla. Laskennassa käytettiin keskiarvoistamista eli laskettiin koealan kaikkien kasvuruutujen perusteella rahka- ja metsäsammalten keskimääräiset peittävydet koealoilla. Keskimääräiset peittävyysprosentit kerrottiin sammalten biomassatuotoksen määrällä eli peittävyysprosentti* g/m^2 . Sammalten kokonaistuotos saatiin laskemalla yhteen rahka- ja metsäsammalten biomassatuotokset. Kokonaistuotokset voitiin esittää grammoina neliometriä kohti (g/m^2). Kasvillisuuskartoitusaineiston oletettiin edustavan hyvin koealoja, joten niiden perusteella voitiin tehdä yleistyksiä. Tämän opinnäytetyön tutkimustulosten, eli sammalbiomassan määrien, yhdistäminen kasvillisuuskartoitusaineiston tietoihin antoi edustavat vastaukset sammalten kokonaistuotoksista koealoilla.

6.5 Menetelmien haasteet

Käytetyissä tutkimusmenetelmissä haasteita aiheuttivat rajalliset resurssit ajan ja olosuhteiden osalta, sekä inhimillisen työn aiheuttama epätarkkuus. Sammalnäytteiden keruu ja näytteiden käsittelyt tehtiin melko nopeassa aikataulussa. Jokainen sammalnäyte puhdistettiin ja käsiteltiin parhaalla mahdollisella tavalla, kuitenkin rajallisen ajan puitteissa. Näytteiden käsittelyt tehtiin kotioloissa eivätkä työskentelyolosuhteet siten vastanneet laboratorio-olosuhteita. Inhimilliset virheet ovat myös mahdollisia, vaikka kaikessa työskentelyssä noudatettiin tarkkuutta ja huolellisuutta.

Suurimmat haasteet liittyivät rahkasammalnäytteiden käsittelyyn. Rahkasammalnäytteet olivat osittain kooltaan hyvin pieniä, jonka vuoksi niiden puhdistaminen oli hankalaa. Rahkasammalet olivat herkkiä murenemaan, vaikka näytteitä käsiteltiin erityisen varovasti ja pinsettejä apuna käyttäen. Myös sammalten kosteus hankaloitti roskien irrottamista sammalista. Rahkasammalten vuosikasvunäytteissä huomioon otettava capitulum aiheutti myös haasteita, koska osa vuosikasvunäytteistä muodostui lähes ainoastaan capitulumeista. Sammalen vuotuinen kasvu on siis ollut vain capitulumien pituuden verran ja näiden hyvin pienten näytteiden käsittely ja mittaaminen oli hankalaa. Capitulumien koon on todettu säilyvän suunnilleen vakiona ajan myötä sammalen kasvaessa pituutta (LIFE OrgBalt - projektin protokollasta saatu henkilökohtainen tiedonanto, 16.3.2021).

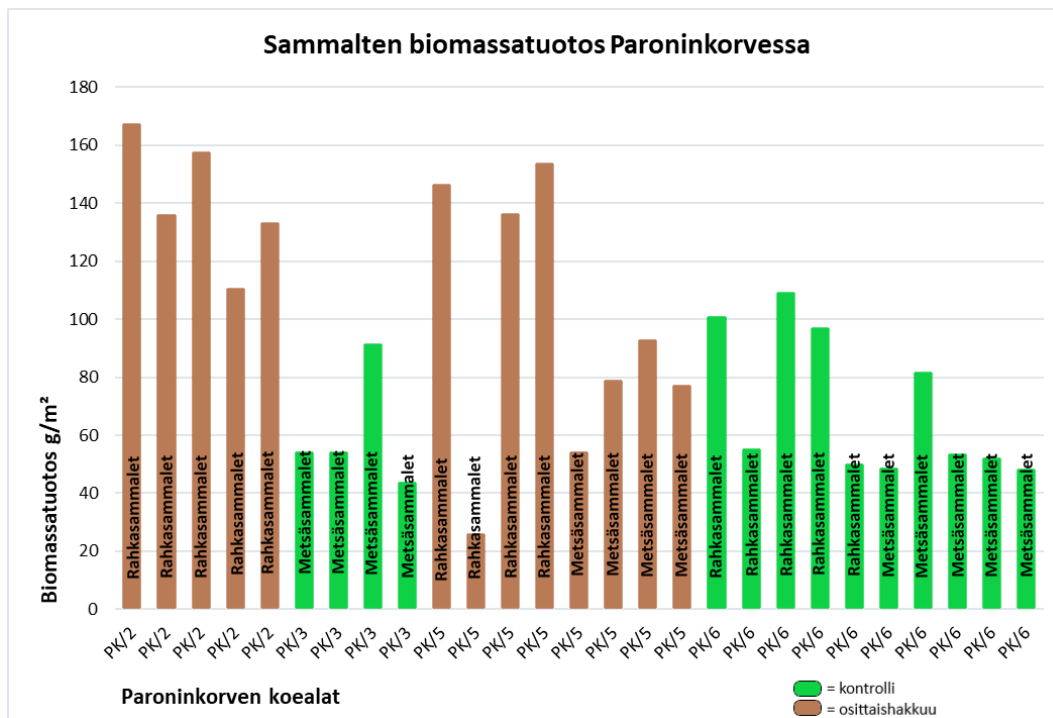
Kokonaisbiomassanäytteiden käsittelyssä eroteltiin elävä biomassa kuolleesta ja tämän rajan vetäminen oli välillä haastavaa. Erottelussa kuitenkin noudatettiin jokaisen näytteen kohdalla samoja rajauksia, joten näytteet ovat sen suhteen vertailukelpoisia.

7 Tulokset

Saadut tulokset on esitetty tutkimuskohteittain omina tuloksina Paroninkorvesta ja Lettosuolta, lisäksi on esitetty biomassatuotoksen ja kokonaisbiomassan erot eri tavoin käsitellyillä koealoilla molemmat tutkimuskohteet huomioiden. Myös rahkasammalten ja metsäsammalten biomassatuotokset ja kokonaisbiomassat on esitetty eri tavoin käsitellyillä koealoilla molemmat tutkimuskohteet huomioiden. Nämä tulokset on esitetty ainoastaan sammalnäytteisiin perustuen huomioimatta kasvivuutujen peittävyystietoja. Lopuksi opinnäytetyössä saadut uudet tutkimustulokset, jotka perustuvat primaariaineistona olleisiin sammalnäytteisiin, on yhdistetty sekundaariaineistona olleeseen Luonnonvarakeskuksen kasvillisuuskartoitusaineistoon, ja siten on voitu esittää tulokset myös laajemmassa mittakaavassa. Tulokset on esitetty kaavioina, jotka soveltuvat kvantitatiivisen tutkimuksen tulosten tilastolliseen esittämiseen (Hirsjärvi ym., 2009, s. 140). Tulokset on esitetty grammoina neliometriä kohti (g/m^2).

7.1 Paroninkorven tulokset

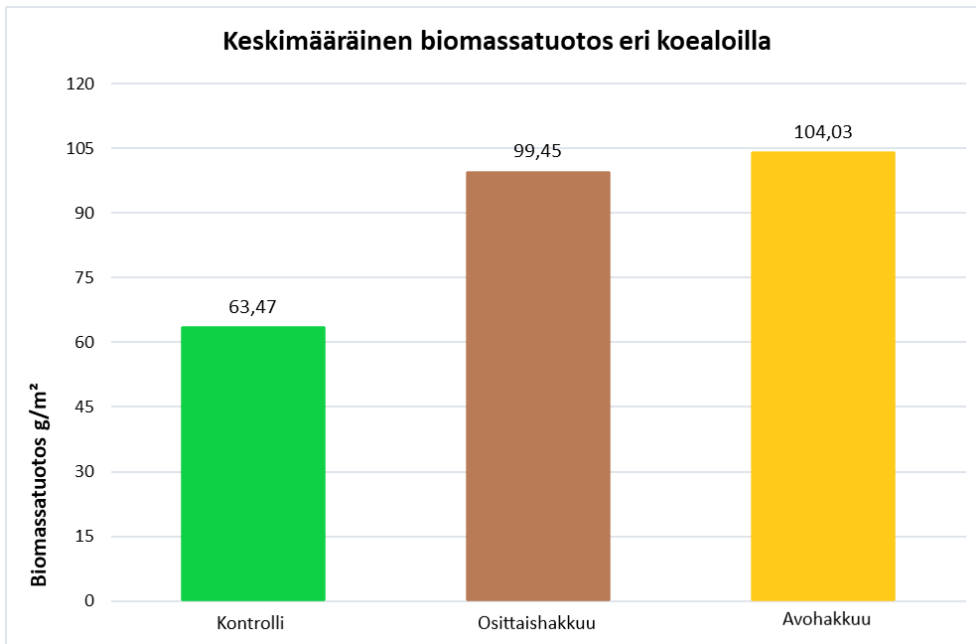
Paroninkorvessa sammalten vuotuisen biomassatuotoksen määrä vaihteli välillä 25,9–167,1 g/m^2 . Keskimääräinen biomassatuotos oli 89,2 g/m^2 . Tuotoksen määrä oli suurempi osittaishakkuilla kuin kontrollikoealoilla. Avohakkuilta vuosikasvunäytteitä ei kerätty Paroninkorvesta lainkaan. Rahkasammalten biomassatuotos oli suurempi kuin metsäsammalten. Rahkasammalten tuotos oli keskimäärin 112,7 g/m^2 ja metsäsammalten tuotos keskimäärin 63,8 g/m^2 . (Kuva 17.) Paroninkorvessa sammalten kokonaisbiomassan määrä vaihteli välillä 10,2 g/m^2 –357,6 g/m^2 . Kokonaisbiomassa oli keskimäärin 203,5 g/m^2 . Kokonaisbiomassaan huomioitiin kaikki näytealalla ollut elävä sammal, mukaan lukien vanhat ja uudet vuosikasvut. Biomassaa oli osittais- ja avohakkuilla enemmän kuin kontrollikoealoilla. Rahkasammalten biomassaa oli kaikilla koealoilla suurempi kuin metsäsammalten.

Kuva 17. Sammalten vuotuinen biomassatuotos Paroninkorven koaloilla (g/m²).

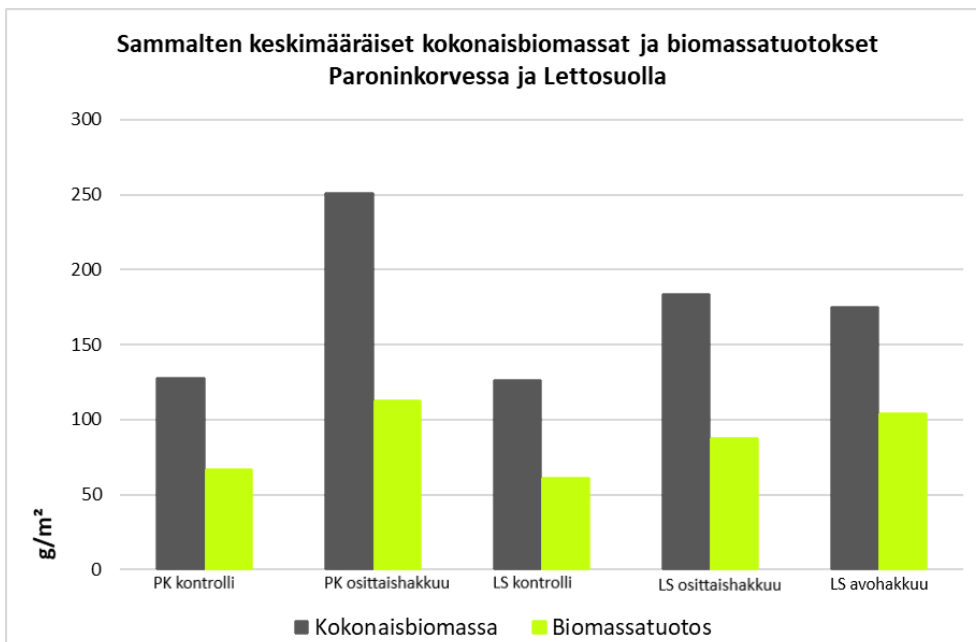
7.2 Lettosuon tulokset

Lettosuolla sammalten vuotuisen biomassatuotoksen määrä vaihteli välillä 27,1–262,7 g/m². Lettosuon keskimääräinen biomassatuotos oli 76,3 g/m². Biomassatuotos oli keskimäärin hieman suurempi osittais- ja avohakkuilla kuin kontrollikoealoilla. Rahkasammalten ja metsäsammalten tuotokset erosivat melko vähän toisistaan, poikkeuksina yksi osittaisshakkuun rahkasammalnäyte ja yksi avohakkuun metsäsammalnäyte, joissa tuotosten määrät olivat selkeästi keskimääräistä suuremmat. Rahkasammalten tuotos oli keskimäärin 91,1 g/m² ja metsäsammalten tuotos keskimäärin 71,5 g/m². (Kuva 18.) Lettosuolla sammalten kokonaisbiomassan määrä vaihteli välillä 66,7 g/m²–406,1 g/m². Kokonaisbiomassa oli keskimäärin 155,2 g/m². Kokonaisbiomassaan huomioitiin kaikki näytealalla ollut elävä sammal, mukaan lukien vanhat ja uudet vuosikasvut. Biomassan määrässä oli vaihtelevuutta kaikilla koaloilla. Osittaisshakkuilla korostui rahkasammalten biomassan suuri määrä.

Kuva 19. Tutkimuskohteiden keskimääräinen sammalten biomassatuotos eri tavoin käsitellyillä koelaloilla (g/m^2).



Kuva 20. Sammalten keskimääräiset kokonaisbiomassat ja biomassatuotokset Paroninkorven ja Lettosuon koelaloilla (g/m^2).

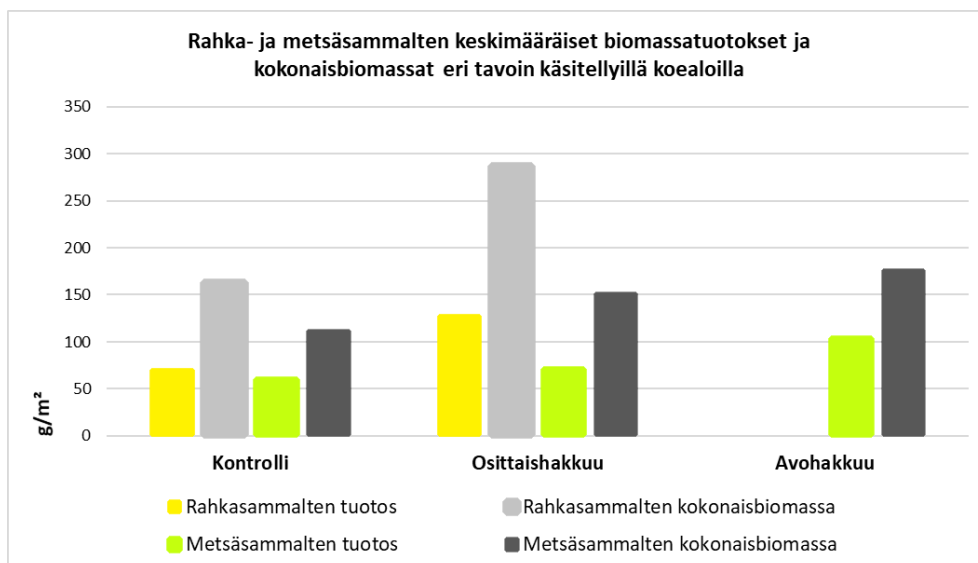


Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli ”Miten eri sammalryhmät reagoivat hakkuisiin?”.

Tuloksia tarkasteltiin rahkasammaliin ja metsäsammaliin jaoteltuna. Rahkasammalten osalta vuotuinen biomassatuotos oli suurempi osittaishakkuilla kuin kontrollikoealoilla, sekä Paroninkorvessa että Lettosuolla. Rahkasammalten vuosikasvunäytteitä ei kerätty lainkaan avohakkuilta. Rahkasammalten keskimääräinen biomassatuotos oli kontrollikoealoilla 70,2 g/m² ja osittaishakkuilla 127,6 g/m². Rahkasammalten kokonaisbiomassa oli kontrollikoealoilla keskimäärin 163,2 g/m², osittaishakkuilla 287,5 g/m² ja avohakkuilla 246,2 g/m². (Kuva 21.)

Metsäsammalten osalta biomassatuotoksen määrät olivat suurimmat avohakkuulla, mutta avohakkuulta metsäsammalten vuosikasvunäytteitä oli kerätty ainoastaan Lettosuolta. Erot kontrollikoealojen ja osittaishakkuiden välillä olivat vähäisiä, kuitenkin osittaishakkuilla metsäsammalten biomassatuotos oli hieman suurempi. Paroninkorven ja Lettosuon välillä ei ollut merkittäviä eroja. Metsäsammalten keskimääräinen biomassatuotos oli kontrollikoealoilla 60,6 g/m², osittaishakkuilla 71,3 g/m² ja avohakkuilla 104,0 g/m². Metsäsammalten kokonaisbiomassa oli kontrollikoealoilla keskimäärin 112,3 g/m², osittaishakkuilla 151,3 g/m² ja avohakkuilla 175,9 g/m². (Kuva 21.)

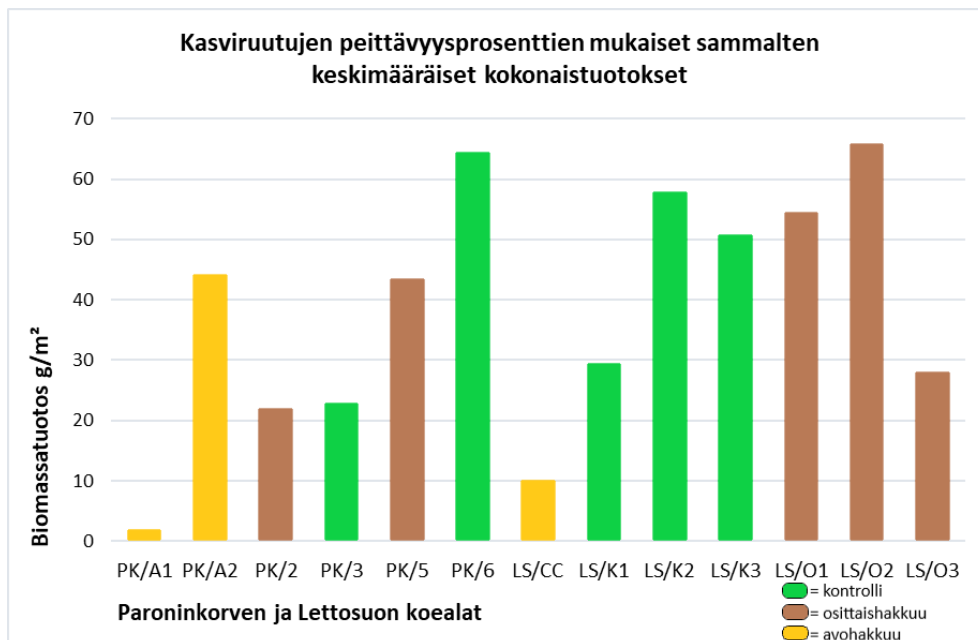
Kuva 21. Rahka- ja metsäsammalten keskimääräiset biomassatuotokset ja kokonaisbiomassat eri tavoin käsitellyillä koealoilla (g/m²).



7.4 Tulokset skaalattuna kasvillisuuskartoitusaineiston tietoihin

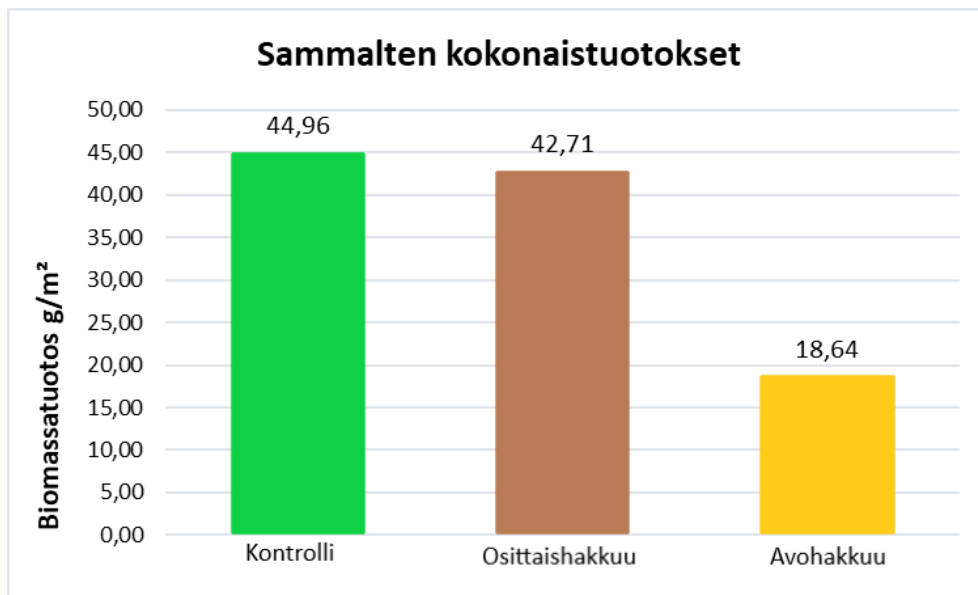
Luonnonvarakeskuksen kasvillisuuskartoitusaineistojen avulla tulokset saatiin esitettyä myös laajemmassa mittakaavassa. Paroninkorvessa ja Lettосуolla olevien kasviruutujen avulla oli jo aiemmin selvitetty eri sammallajien osuudet sammalten kokonaispeittävydestä tutkimuskohteilla. Tämän opinnäytetyön tutkimustulokset sammalten biomassatuotoksesta skaalattiin kasvillisuuskartoitusaineiston peittävyystietoihin eli muunnettiin tulokset vastaamaan suurempia pinta-aloja. Kasvillisuuskartoitusaineiston avulla saatiin siten tehtyä edustavat yleistyksyet sammalten kokonaistuotoksista eri koealoilla. Kasvillisuuskartoituksen peittävyysprosentteihin perustuen sammalten kokonaisbiomassatuotos vaihteli Paroninkorvessa välillä $1,9 \text{ g/m}^2$ – $64,4 \text{ g/m}^2$ ja Lettосуolla välillä $10,0 \text{ g/m}^2$ – $65,8 \text{ g/m}^2$. Paroninkorven avohakkuun koealalla PK/A2 rahkasammalen peittävyys oli huomattava, joka nosti koealan kokonaistuotoksen muita avohakkuita selvästi suuremmaksi. Sammalten kokonaisbiomassatuotoksiin huomioitiin sekä rahka- että metsäsammalet. (Kuva 22.)

Kuva 22. Kasvillisuuskartoitusaineistoon perustuvat sammalten keskimääräiset kokonaistuotokset Paroninkorvessa ja Lettосуolla (g/m^2).



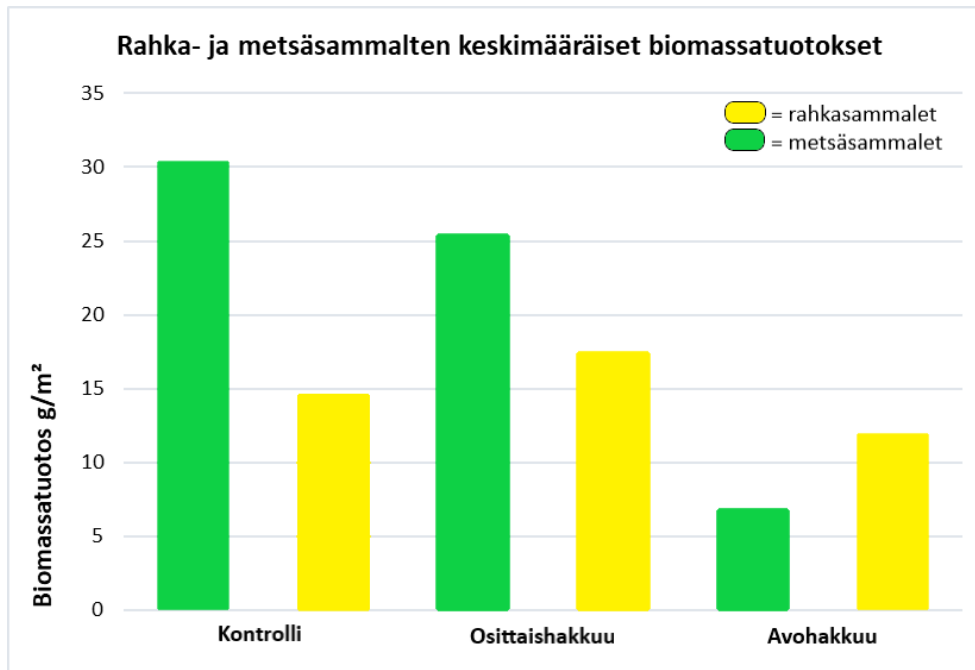
Paroninkorven ja Lettosuon kaikki koealat huomioiden sammalten kokonaisbiomassatuotos oli keskimäärin suurempi kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla kuin avohakkuilla. Erot olivat selkeät, sillä kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla tuotos oli yli puolet enemmän kuin avohakkuilla. Kokonaistuotos oli kontrollikoealoilla keskimäärin 45,0 g/m², osittaishakkuilla 42,7 g/m² ja avohakkuilla 18,7 g/m². (Kuva 23.)

Kuva 23. Kasvillisuuskartoitusaineistoon perustuvat sammalten keskimääräiset kokonaistuotokset eri tavoin käsitellyillä koealoilla (g/m²).



Sammalryhmistä kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla metsäsammalten keskimääräinen biomassatuotos oli suurempi kuin rahkasammalten, sen sijaan avohakkuilla rahkasammalten tuotos oli suurempi kuin metsäsammalten. Metsäsammalten keskimääräinen biomassatuotos oli kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla suurempi avohakkuihin verrattuna. Myös rahkasammalten osalta keskimääräinen biomassatuotos oli kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla suurempi avohakkuihin verrattuna, mutta erot olivat selvästi pienemmät kuin metsäsammalilla. Rahkasammalten keskimääräinen biomassatuotos oli kontrollikoealoilla 14,6 g/m², osittaishakkuilla 17,4 g/m² ja avohakkuilla 11,9 g/m². Metsäsammalten keskimääräinen biomassatuotos oli kontrollikoealoilla 30,4 g/m², osittaishakkuilla 25,4 g/m² ja avohakkuilla 6,7 g/m². (Kuva 24.)

Kuva 24. Kasvillisuuskartoitusaineistoon perustuvat rahka- ja metsäsammalten keskimääräiset biomassatuotokset eri tavoin käsitellyillä koealoilla (g/m^2).



8 Johtopäätökset

Paroninkorven ja Lettosuon tutkimuskohteiden väliset erot tutkimustuloksissa olivat melko vähäiset. Molemmat tutkimuskohteet edustavat runsasravinteista, ojitettua suometsää ja molemmat kohteet sijaitsevat eteläborealisella metsäkasvillisuusvyöhykkeellä. Sammalten kasvuolosuhteet ovat siten kummallakin kohteella samankaltaiset muun muassa maaperän ja ilmaston suhteen. Tulosten yhdenmukaisuus vahvistaa tulosten soveltuvuutta kvantitatiivisessa tutkimuksessa tyyppilliseen yleistettävien päätelmien tekoon, saadut tulokset siis pohjautuvat runsasravinteisten, ojitettujen korpikohteiden joukosta valittuun edustavaan otokseen (Hirsjärvi ym., 2009, s. 180).

Primaariaineistona olleisiin sammalnäytteisiin perustuvien tulosten perusteella kummallakin tutkimuskohteella sammalten kasvukauden 2020 aikainen biomassatuotoksen määrä oli keskimäärin runsainta osittais- ja avohakatuilla koealoilla ja vähäisintä käsittelemättömillä kontrollikoealoilla. Myös sammalten kokonaisbiomassat olivat keskimäärin suuremmat osittais- ja avohakkuilla kuin kontrollikoealoilla. Kummallakin tutkimuskohteella rahkasammalten biomassatuotos oli keskimäärin runsaampaa kuin metsäsammalten. Kun nämä saadut tulokset yhdistettiin sekundaariaineistona olleisiin Luonnonvarakeskuksen

kasvillisuuskartoitusaineiston peittävyystietoihin, saatiin tehtyä edustavat yleistyksset sammalten kokonaisbiomassatuotoksista eri metsänkäsittelytavoin käsitellyillä koealoilla. Tällöin tulokset eri koealojen välillä hieman muuttuivat. Sammalten kokonaisbiomassatuotos olikin keskimäärin selkeästi vähäisintä avohakkuilla ja runsaampaa kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla. Muutokset biomassatuotoksen määrien suhteissa ennen ja jälkeen kasvillisuuskartoitusaineistoilla tehtyä skaalausta selittyy todennäköisesti sammalnäytteiden keruun näytealojen pienellä koolla verrattuna kasvillisuuskartoituksen kasviruutujen suurempiin kokoihin ja siten myös edustavampiin lajien peittävyysprosentteihin.

Tulosten perusteella metsän jatkuva kasvatus vaikuttaa soveltuvan metsänkäsittelytavaksi runsasravinteisille, ojitetuille korpikohteille sammalten menestymisen kannalta tarkasteltuna. Jatkuvassa kasvatuksessa toteutettavat osittaishakkuut ovat sammalten kasvun kannalta selvästi suotuisimmat kuin jaksollisessa kasvatuksessa toteutettavat avohakkuut. Tulokset kuitenkin kuvastavat tilannetta vain lyhyellä aikavälillä.

Opinnäytetyön tulokset sammalten biomassatuotoksesta kertovat kasvukauden 2020 tilanteesta. Yhden kasvukauden tulosten perusteella ei voida tehdä kovin varmoja johtopäätöksiä siitä, mitkä ovat lopulta vaikuttavimmat tekijät sammalten biomassatuotokseen. Sammalten kasvuun ja menestymiseen vaikuttavat monet eri tekijät, muun muassa sääolot, valo-olosuhteet, maaperän ravinnetaso, mikroilmasto ja kosteusolot, ja hakkuiden seurauksena näiden tekijöiden muodostama monimutkainen kokonaisuus muuttuu. Hakkuiden jälkeen sammalten kasvussa tapahtuvat muutokset eivät siis yksiselitteisesti ole seurausta vain hakkuutavasta tai hakkuun laajuudesta. Ilman vertailukohtaa on hankala arvioida, kuinka suuri merkitys on esimerkiksi kasvukauden aikaisilla sääoloilla. Kasvukausien välisiä sääolosuhteita on tosin verrattu aiemmin tehdyssä tutkimuksessa, ei kuitenkaan jatkuvan kasvatuksen metsissä, ja on todettu sammalten biomassatuotosten määrissä vaihtelua eri kasvukausien välillä, riippuen muun muassa lämpötiloista, kosteusolosuhteista ja sateen määrästä (Laiho ym., 2011).

Opinnäytetyön tulosten perusteella ei voida suoraan tehdä johtopäätöksiä sammalten taantumisesta tai runsastumisesta, sillä vertailukohtaa aiempien vuosien biomassatuotosten määriin ei ole. Kasvukauden 2020 biomassatuotoksia voidaan kuitenkin verrata saatuihin tuloksiin kokonaisbiomassoista, joissa on mukana kaikki elävä sammalbiomassa mukaan

lukien vanhat vuosikasvut. Tällöin voidaan hyvin karkeasti arvioida mikä on edellisen tai edellisten kasvukausien osuus kokonaistuotoksesta ja verrata tätä määrää kasvukauden 2020 tuotokseen. Kaiken kaikkiaan nykyistä tarkemman vertailukohdan saamiseksi uudet tutkimukset sammalten biomassatuotoksesta ovat tulevaisuudessa tarpeellisia.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön lähtökohtana olleessa SOMPA-tutkimushankkeessa tutkitaan jaksollisen kasvatuksen rinnalle soveltuvia vaihtoehtoisia suometsien metsänkäsittelytapoja, lähinnä metsän jatkuvaa kasvatusta, ja tässä opinnäytetyössä pyrittiin kartoittamaan metsän kasvatuksessa toteutettavien hakkuiden vaikutuksia sammalten biomassatuotokseen runsasravinteisissa, ojitetuissa suometsissä lyhyellä aikavälillä. Kartoitusta tehtiin sammalnäytteitä keräämällä ja niitä analysoimalla. Näytteiden avulla saatiin selville sammalten vuotuisten biomassatuotosten ja sammalten kokonaisbiomassojen määrät. Opinnäytetyön tärkeimpinä tuloksina olivat sammalten biomassatuotokseen liittyvät tiedot, joita tarvitaan koko ekosysteemiä kuvaavan mallin kehittämiseen.

Opinnäytetyön luotettavuutta ja pätevyyttä voidaan arvioida reliaabeliuksen ja validiuksen avulla. Reliaabelius tarkoittaa tutkimustulosten toistettavuutta, jonka avulla varmistetaan tutkimuksen kyky antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. (Hirsjärvi ym., 2009, s. 231) Tässä opinnäytetyössä sammalnäytteiden keruu ja käsittely tehtiin Luonnonvarakeskuksen ohjeistuksen mukaisesti ja lisäksi noudatettiin LIFE OrgBalt -projektin protokollaa sammalten biomassatuotoksen mittauksesta. Menetelmät olivat selkeät ja toistettavissa olevat, joten samankaltaisiin tuloksiin päästäisiin, mikäli tutkimukset uusittaisiin. Luontoa tutkittaessa täysin samoja tuloksia tuskin saataisiin, koska ajankohta ja vallitsevat olosuhteet vaikuttavat kasvillisuuteen. Validius eli pätevyys tarkoittaa tutkimusmenetelmän kykyä mitata juuri sitä mitä on tarkoitus (Hirsjärvi ym., 2009, s. 231). Tässä opinnäytetyössä haluttiin selvittää sammalten biomassatuotoksen ja kokonaisbiomassan määriä ja käytettyjen tutkimusmenetelmien avulla tiedot saatiin mitattua tarkasti grammoina pinta-aloja kohti.

Tulosten luotettavuudessa on hyvä ottaa huomioon, miten ainoastaan primaariaineistoon perustuvat tulokset erosivat tuloksista, jotka saatiin, kun hyödynnettiin myös sekundaariaineistoa. Sammalnäytteet kertoivat validisti sammalten kasvun määrästä, mutta

eivät sammalten yleisyydestä tutkimuskohteilla. Primaariaineistoon perustuvien tulosten mukaan sammalten biomassatuotos oli keskimäärin vähäisintä kontrollikoealoilla, mutta tilanne muuttui päinvastaiseksi, kun tulokset skaalattiin sekundaariaineistona olleeseen kasvillisuuskartoitusaineistoon. Tällöin sammalten kokonaisbiomassatuotoksen määrä nousikin keskimäärin suurimmaksi kontrollikoealoilla. Sammalnäytteitä kerättyä näytealat valittiin koealoilta sellaisista kohdista, joissa halutun sammalryhmän peittävyys oli mahdollisimman suuri. Näytealoja ei siis valittu sattumanvaraisesti. Osalla koealoista sammalten peittävyydet olivat vähäiset, mutta pienten näytealojen peittävyydet saattoivat silti olla sata prosenttia. Sammalnäytteet eivät siten suoraan kertoneet edustavasti koealojen kokonaistilanteista, joten edustavan tuloksen saamiseksi hyödynnettiin kasvillisuuskartoitusaineiston peittävyystietoja. Sammalnäytteiden perusteella lasketut biomassatuotokset ja kokonaisbiomassat kuvastivat siis lähinnä sitä, kuinka paljon tietyllä koealalla oleva sammal kasvaa. Sammalyksilöitä saattoi olla koealalla vain vähän, mutta silti yksilöiden kasvu saattoi olla suurta. Sammalten peittävyydestä tulokset eivät kertoneet. Kasvillisuuskartoituksen peittävyysprosentteihin suhteutetut tulokset sen sijaan kertoivat myös sammalten yleisyydestä ja peittävyydestä koealoilla.

Tulosten perusteella metsän jatkuva kasvatus vaikuttaa soveltuvan metsänkäsittelytavaksi runsasravinteisille, ojitetuille korpikohteille sammalten menestymisen kannalta tarkasteltuna. Jatkuvan kasvatuksen mukaisilla osittaishakatuilla koealoilla sammalten kokonaisbiomassatuotos oli huomattavasti suurempi kuin niillä koealoilla, joilla oli tehty jaksollisen kasvatuksen mukaisia avohakkuuta. Kestävän ja ilmastoviisaan metsänhoidon näkökulmasta tulos on positiivinen, sillä se vahvistaa ajatusta siitä, että jatkuvaa kasvatusta olisi hyvä lisätä turvemaiden metsänhoidossa jaksollisen kasvatuksen rinnalle. Mikäli metsän jatkuvaa kasvatusta lisätään, edistää se suomalaisen metsänhoidon sopeuttamista nykyistä paremmin ilmastonmuutokseen sekä vie metsänhoitoa ekologisesti kestävämpään suuntaan. Vastaavanlaisiin tuloksiin on tultu myös aiemmissa tutkimuksissa, joissa on todettu aluskasvillisuuden toipumisen metsänkäsittelyistä olevan erityisen hidasta nimenomaan avohakkuilla (Hamberg ym., 2019; Palviainen ym., 2005).

Verrattaessa saatuja tuloksia aiempaan tutkimukseen sammalten biomassatuotoksesta, voidaan todeta saatujen tulosten olevan hyvin samansuuntaisia. Aiemmissä tutkimuksissa ei kuitenkaan ole selvitetty biomassatuotosten määriä jatkuvan kasvatuksen metsissä.

Esimerkiksi vuosina 2005 ja 2006 Lakkasuon tutkimuskohteilla keskisessä Suomessa tutkittiin sammalten biomassatuotosta ojitetuissa suometsissä, joissa ei harjoitettu metsän jatkuvaa kasvatusta. Tällöin biomassatuotoksen määrät vaihtelivat välillä 16–388 g/m². (Laiho ym., 2011) Tämän opinnäytetyön tuloksissa Paroninkorven biomassatuotoksen määrä vaihteli välillä 26–167 g/m² ja Lettosuon välillä 27–263 g/m². Kuitenkin kasvillisuuskartoitusaineiston peittävyysprosentteihin skaalattuna sammalten kokonaistuotosten määrät olivat keskimäärin selvästi vähäisemmät, Paroninkorvessa välillä 2 g/m²–64 g/m² ja Lettosuolla välillä 10 g/m²–66 g/m².

Kasvupaikan valo-olosuhteilla on suuri merkitys sammalten kasvuun. Metsän jatkuvassa kasvatuksessa metsä säilyy jatkuvasti puustoisena, eivätkä valo-olosuhteet muutu osittaishakkuiden myötä yhtä radikaalisti kuin avohakkuissa. Puustoisuus säilyttää kasvupaikalla sopivan varjostuksen, jolloin sammalet eivät häiriinny liian voimakkaasta auringonvalosta. Valo-olosuhteiden vaikutusta sammalten kasvuun on tutkittu boreaalisen vyöhykkeen metsissä, ja tulosten mukaan hakkuiden seurauksena aiheutuvista valo-olosuhteiden muutoksista kärsivät eniten ne lajit, jotka suosivat varjoisia kasvupaikkoja. Esimerkiksi varjossa viihtyvän metsäkerrossammalen on todettu vähentyvän voimakkaasti ja toipuvan hitaasti avohakkuiden seurauksena. Harvennushakkuiden jälkeen metsäkerrossammalen sen sijaan on todettu jopa runsastuvan. Myös hieman enemmän valoa sietävien sammalten, kuten seinäsammalen ja kangaskynsisammalen, on todettu vähentyvän melko voimakkaasti avohakkuiden jälkeen, mutta toipuvan melko nopeasti. Myös nämä lajit runsastuvat harvennushakkuiden jälkeen. Harvennushakkuiden myötä lisääntyvä valon määrä hyödyttää karkeasti ottaen kaikkia sammallajeja. (Tonteri ym., 2016; Palviainen ym., 2005) Myös tämän opinnäytetyön tuloksissa osittaishakatuilla koealoilla sammalten biomassatuotos oli runsasta, joka todennäköisesti johtuu ainakin osittain sopivasti lisääntyneestä valon määrästä. SOMPA-hankkeessa aiemmin tehdyn selvityksen perusteella kuitenkin todettiin sammalten peittävyden laskevan erirakenteishakkuin käsitellyillä koealoilla (Haapakoski, 2019, s. 35). Osittaishakkuut näyttäisivät siis vaikuttavan eri tavoin sammalten biomassatuotokseen ja sammalten peittävyteen.

Valon lisäksi myös esimerkiksi kasvupaikkatyyppi ja kosteusolot vaikuttavat sammalten kasvuun. Turvekangastyyppiluokitukselta tutkimuskohteista Paroninkorpi on tyyppiltään ruohoturvekangas II (Rhtkg II) ja Lettosuo mustikkaturvekangas I (Mtkg I) (Jauhiainen ym.,

2021, ss. 13, 16). Aiempien tutkimusten perusteella metsäkerrossammalen on todettu taantuvan voimakkaasti avohakkuiden seurauksena sekä ruohoturvekankailla että mustikkaturvekankailla. Ruohoturvekankailla rahkasammalten on todettu runsastuvan väliaikaisesti avohakkuiden jälkeisen vedenpinnan nousun myötä. Myös karikepinnoilla viihtyvät suikerosammalet runsastuvat hakkuiden jälkeen lisääntyneen karikkeen vuoksi. (Laine ym., 2018, ss. 108, 118) Kosteusolosuhteiden osalta sammalet ovat yleisesti ottaen sekä lajimäärältään että biomassaltaan runsaimmillaan erilaisissa kosteissa elinympäristöissä (Ulvinen ym., 2002, s. 9). Hakuut muokkaavat kasvupaikan kosteusolosuhteita, muun muassa haihduttavan puuston vähenemisen vuoksi. Pohjaveden tasolla ei ole kuitenkaan todettu olevan suoranaista merkitystä sammalten biomassatuotokseen (Laiho ym., 2011).

Opinnäytetyössä sammalia tarkasteltiin jaoteltuna rahka- ja metsäsammalten ryhmiin eikä siten tehty lajikohtaisia tarkasteluja hakkuiden seurauksena muuttuneiden olosuhteiden vaikutuksista. Sammalryhmien biomassatuotosten perusteella voitiin kuitenkin havaita, että sammalryhmistä kontrollikoealoilla ja osittaishakkuilla metsäsammalet menestyivät rahkasammalia paremmin ja avohakkuilla rahkasammalet menestyivät metsäsammalia paremmin. Sekä rahka- että metsäsammalilla keskimääräinen biomassatuotos oli vähäisintä avohakkuilla ja runsaampaa osittaishakkuilla ja kontrollikoealoilla. Metsäsammalilla erot olivat hyvin selkeät eri koealojen välillä, mutta rahkasammalten biomassatuotos oli vain hieman vähäisempi avohakkuilla muihin koealoihin verrattuna. Rahkasammalet eivät tulosten perusteella näytä kärsivän avohakkuista yhtä voimakkaasti kuin metsäsammalet. Rahkasammalet viihtyvätkin tyypillisesti avonaisemmilla ja kosteammilla kasvupaikoilla kuin metsäsammalet, joten tulos on siten realistinen.

Ilmasto- ja vesistövaikutusten näkökulmasta suometsien metsänkäsittelytapoina tulisi suosia jatkuvalla kasvatuksella tyypillisiä osittaishakkuita ja välttää avohakkuita. Avohakkuita ei pidetä suositeltavana metsänkäsittelytapana ojitetuissa suometsissä. (Hamberg ym., 2019; Korkiakoski, 2020) Sammalten merkitystä suometsien hiilitaseessa ei voida jättää huomioimatta, sillä suometsien pohjakerros on sammalten peittämää ja maaperän hiilestä suuri osa on sammalten muodostamassa turpeessa ja sammalten karikkeessa (Luonnonvarakeskus, n.d.-a; Penttilä ym., n.d.; Laiho ym., 2011). Metsän jatkuvan kasvatuksen lisäämisen ohella suometsiä olisi tärkeää ennallistaa, erityisesti luonnon monimuotoisuuden turvaamisen näkökulmasta. Myös nimenomaan sammalten kannalta

ennallistamistoimenpiteet ovat tärkeitä elinympäristöjen säilyttämiseksi (Ulvinen ym., 2002, s. 107). Metsän jatkuvaa kasvatusta on perusteltua lisätä myös taloudelliselta ja yhteiskunnalliselta näkökulmalta tarkasteltuna. Jatkuvan kasvatuksen on arvioitu olevan suometsissä taloudellisesti kannattavaa, koska metsän uudistamisen ja kasvatuksen kustannukset ovat vähäiset metsän uudistuessa luontaisesti (Juutinen ym., 2020; Nieminen ym., 2018). Jatkuvassa kasvatuksessa vältetään myös avohakkuiden aiheuttamat haittavaikutukset suometsien virkistyskäytölle maiseman säilyessä puustoisena ilman suuria avohakkuuaukkoja (Nieminen ym., 2018). Metsän jatkuvalla kasvatuksella on monipuolisesti positiivisia vaikutuksia niin luonnon ja ympäristön kuin myös ihmisten kannalta.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tämän opinnäytetyön tulosten perusteella SOMPA-tutkimushankkeessa tutkittava ja kehitettävä vaihtoehtoinen suometsien metsänkäsittelytapa, metsän jatkuva kasvatus, vaikuttaa olevan sammalten kannalta hyvä ja suositeltava vaihtoehto. Osittaishakkuut ovat sammalille parempi vaihtoehto kuin avohakkuut. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan, ennen kaikkea pitkän aikavälin vaikutuksista, sillä sammallajeista suuri osa vaatii aikaa kasvaakseen ja menestyäkseen. Opinnäytetyön tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää esimerkiksi laadittaessa suometsien hiilenkiertoa kuvaavia malleja ja arvioitaessa sammalten roolia osana suometsien ilmastonmuutoksen hillintää.

10 Yhteenveto opinnäytetyöprosessista

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa uutta tutkimustietoa sammalten biomassatuotoksesta SOMPA-tutkimushanketta varten. Hankkeessa kehitetään ilmastonmuutosta hillitseviä, ekologisesti ja taloudellisesti kestäviä keinoja hoitaa suometsiä. Opinnäytetyön käytännön tavoitteena oli saada kvantitatiiviseen tutkimukseen soveltuvat numeeriset tutkimustulokset sammalten kasvusta Luonnonvarakeskuksen tutkimuskohteilla. Tutkimusaiheen rajausta oli alusta asti hyvin selkeä, samoin tutkimuksen toteutuksen tapa. Opinnäytetyölle asetettuihin tavoitteisiin päästiin ja rajalliset resurssit huomioiden, muun muassa ajan suhteen, voidaan lopputulosta pitää onnistuneena.

Opinnäytetyöprosessi eteni laaditun aikataulun mukaisesti loppuvuodesta 2020 toukokuuhun 2021. Kaikki prosessin vaiheet valmistuivat ajallaan ilman suurempia ongelmia.

Pohjan varsinaiselle tutkimuksen teolle loi teoriatietoon ja aiempiin tutkimuksiin perehtyminen. Aiheeseen liittyvän tiedon suuri määrä teki tiedon rajaamisesta ja tiivistämisestä aikaa vievää, mutta teorian opiskelu tuki prosessin muita vaiheita. Tutkimuskysymysten asettelu oli pulmallista ja tutkimuskysymykset muovautuivat vasta prosessin edetessä lopulliseen muotoon. Asetettuihin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset ja niiden pohjalta voitiin tehdä johtopäätöksiä tutkimuksen tuloksista. Opinnäytetyön teoriataustaan ja aiempiin tutkimustuloksiin nähden saatiin todenmukaiset ja osin myös odotetut tulokset.

Opinnäytetyöprosessin haasteellisin osuus oli biomassatuotoksen laskenta Excelissä sammalnäytteiden kuivapainojen perusteella ja saatujen tulosten tulkinta. Myös Luonnonvarakeskuksen kasvillisuuskartoitusaineiston ymmärtäminen ja sisäistäminen vaati aikaa. Kaiken kaikkiaan tulosten esittäminen havainnollistavassa muodossa, johtopäätösten teko ja tulosten pohdinta oli haastavaa ja edellytti vielä aiempaakin syvällisempää perehtymistä teoriatietoon. Samalla se oli kuitenkin yksi prosessin mielenkiintoisimmista vaiheista. Uuden tutkimustiedon saaminen oli erittäin innostavaa.

Opinnäytetyön käytännön toteutus onnistui hyvin. Tutkimusmenetelmissä vähäisiä haasteita aiheuttivat rajalliset resurssit ajan ja olosuhteiden osalta, sekä inhimillisen työn aiheuttamat mahdolliset epätarkkuudet. COVID-19-pandemia aiheutti omat rajoituksensa tutkimuksen teolle, esimerkiksi sammalnäytteiden punnitusten teko siirtyi Luonnonvarakeskuksen työntekijöiden tehtäväksi toimitilojen henkilörajoitusten vuoksi. Maastopäivät saatiin onnistuneesti toteutettua prosessin alussa ja ne antoivatkin erinomaisen pohjan tutkimuksen teolle. Maastopäivien jälkeen työskentely oli pääasiassa itsenäistä etätyöskentelyä. Luonnonvarakeskuksen asiantuntijat olivat kuitenkin tukena koko opinnäytetyöprosessin ajan. Oli mahtavaa päästä tutustumaan Luonnonvarakeskuksen toimintaan. Suuret kiitokset Luonnonvarakeskuksen Raisa Mäkipäälle ja Päivi Mäkirannalle, jotka mahdollistivat osallistumisen SOMPA-tutkimushankkeeseen opinnäytetyön muodossa. Kiitokset myös Helena Rautakoskelle, Jyrki Jauhiaiselle ja Petri Salovaaralle ohjauksesta ja avusta sekä mukavista maastopäivistä.

Opinnäytetyöprosessi oli kokonaisuudessaan erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen, mutta myös työntäyteinen ja vaativa. Aihe oli paras mahdollinen, siinä yhdistyi monia itselle

tärkeitä aiheita ja sen parissa pääsi todella kehittämään omaa ammatillista osaamista. Suometsät ja niiden moninaiset merkitykset ympäristölle ja ihmisille tulivat prosessin aikana erittäin tutuiksi, myös sammalten lajituntemus vahvistui. Lisääntyneen teoretiedon ja asiaosaamisen lisäksi prosessi opetti valtavasti luonnontieteellisen tutkimuksen teosta, joka oli ennen opinnäytetyöprosessin aloittamista vierasta. Motivoivia tekijöitä oli paljon, työn ajankohtaisuus ja tieto siitä, että tutkimus oli ensimmäinen laatuaan, saivat opinnäytetyön teon tuntumaan tärkeältä. Oli mielekästä, että työlle oli todellinen tarve ja työ oli osa merkittävää SOMPA-tutkimushanketta sekä osin myös LIFE OrgBalt -projektia. Ennen kaikkea työskentelyn motivaattorina oli kuitenkin oma intohimo suomalaista luontoa kohtaan ja halu päästä tekemään töitä luonnon parissa sekä etsiä keinoja sen turvaamiseksi. Mukavana lisänä oli, että prosessin osaksi sai myös yhdistää rakkaan harrastuksen valokuvauksen.

Lähteet

Dufva, M. (2020). *Megatrendit 2020*. Sitran selvityksiä 162, tammikuu 2020.

<https://media.sitra.fi/2019/12/15143428/megatrendit-2020.pdf>

Haapakoski, J. (2019). *Erirakenteishakkuiden voimakkuuden vaikutus aluskasvillisuuden rakenteeseen korpikohteilla*. [pro gradu -tutkielma, Itä-Suomen yliopisto]

https://www.luke.fi/sompa/wp-content/uploads/sites/27/2019/10/Pro_gradu_jonihaapakoski.pdf

Hamberg, L., Hotanen, J. P., Nousiainen, H., Nieminen, T. M. & Ukonmaanaho, L. (2019). Recovery of understory vegetation after stem-only and whole-tree harvesting in drained peatland forests. *Forest ecology and management*, 442, 124–134.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.002>

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). *Tutki ja kirjoita*. 15. uudistettu painos. Tammi. (Alkuperäinen teos julkaistu 1997)

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) (2019). *Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019*. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. <http://hdl.handle.net/10138/299501>

Hämeen ammattikorkeakoulu. (2020). *Opinnäytetyöopas - Toimintaohje opinnäytetyöprosesseihin*. <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/06/HAMK-Opinn%C3%A4ytety%C3%B6opas.docx>

Ilmatieteen laitos. (n.d.). *Suomen ilmastovyöhykkeet*.

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet>

IPBES. (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Glossary*.

http://www.ipbes.net/sites/default/files/ipbes_global_assessment_glossary_unedited_31may.pdf

Jauhiainen, J., Penttilä, T., Mäkiranta, P., Larmola, T., Rautakoski, H. & Laiho, R. (2021).

Report on implementation of CCM measures in demo sites in Finland. LIFE OrgBalt -projektin raportti 2021.

Juutinen, A., Shanin, V., Ahtikoski, A., Rämö, J., Mäkipää, R., Laiho, R., Sarkkola, S., Laurén, A., Penttilä, A., Hökkä, H. & Saarinen, M. (2020). Profitability of continuous cover forestry in Norway spruce-dominated peatland forest and the role of water table. *Canadian Journal of Forest Research*. (ja). <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0305>

Juutinen, R., Syrjänen, K., Korvenpää, T., Laitinen, T., Ahonen, I., Huttunen, S., Korvenpää, T., Kypärä, T., Parnela, A., Ryömä, R. & Ulvinen, T. (2019). Sammalet. Julk.: Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) (2019). *Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019*. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. ss. 157–181. <http://hdl.handle.net/10138/299501>

Kaakinen, E., Kokko, A., Aapala, K., Autio, O., Eurola, S., Hotanen, J-P., Kondelin, H., Lindholm, T., Nousiainen, H., Rehell, S., Ruuhijärvi, R., Sallantausta, T., Salminen, P., Tahvanainen, T., Tuominen, S., Turunen, J., Vasander, H. & Virtanen, K. (2018). Suot. Julk.: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). *Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet*. Suomen ympäristökeskus & ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. ss. 117–170. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4816-3>

Koponen, T. & Piippo, S. (2019). *Suomen sammalet*. Minerva Kustannus Oy.

Korkiakoski, M. (2020). *The short-term effect of partial harvesting and clearcutting on greenhouse gas fluxes and evapotranspiration in a nutrient-rich peatland forest*. [Väitöskirja. Helsingin yliopisto] Ilmatieteen laitos. <http://hdl.handle.net/10138/322172>

Laiho, R., Ojanen, P., Ilomets, M., Hájek, T. & Tuittila, E. (2011). Moss production in a boreal, forestry-drained peatland. *Boreal environment research: an international interdisciplinary journal*, 16(5), ss. 441–449. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/232827/ber16->

5-441.pdf?sequence=1Laine, J., Sallantaus, T., Syrjänen, K. & Vasander, H. (2020).

Sammalten kirja. Metsäkustannus.

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. (2018).

Suotyypit ja turvekankaat -kasvupaikkaopas. Metsäkustannus Oy.

LIFE OrgBalt -project. (n.d.-a). *Demonstration sites*. https://www.orgbalt.eu/?page_id=2375

LIFE OrgBalt -project. (n.d.-b). *LIFE OrgBalt -project, Demonstration of climate change mitigation potential of nutrients rich organic soils in Baltic States and Finland*.

<https://www.orgbalt.eu/>

Luonnontila. (2014). *Suot*. <https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/suot/>

Luonnonvarakeskus. (n.d.-e). *Luke*. <https://www.luke.fi/luke/>

Luonnonvarakeskus. (n.d.-c). *Metsän jatkuvapeitteinen kasvatus*. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsanhoito/metsan-jatkuva-kasvatus/>

Luonnonvarakeskus. (n.d.-b). *SOMPA - Uudet maatalous- ja metsämaan viljely- ja hoitomenetelmät -avain kestävään biotalouteen ja ilmastonmuutoksen hillintään*.

<https://www.luke.fi/sompa/>

Luonnonvarakeskus. (n.d.-d). *SUO-hanke*. <https://www.luke.fi/suometsafoorumi/suo-hanke/>

Luonnonvarakeskus. (n.d.-a). *Suometsät*. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/suometsat/>

Maa- ja metsätalousministeriö. (2014). *Luonnonvarakeskus aloittaa toimintansa 1.1.2015*.

Tiedote, julkaistu 27.6.2014. <https://mmm.fi/-/luonnonvarakeskus-aloittaa-toimintansa-1-1-2015>

Maa- ja metsätalousministeriö. (n.d.) *Metsien hiilinielut*. <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/eu-energia-ja-ilmastopolitiikka/metsien-hiilinielut>

Maa- ja metsätalousministeriö. (2019). *Metsänhoidon suosituksia päivitettiin jatkuvan kasvatuksen ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen osalta*. Maa- ja metsätalousministeriön ja Tapio Oy:n yhteistiedote, julkaistu 17.6.2019. <https://mmm.fi/-/metsanhoidon-suosituksia-paivitettiin-jatkuvan-kasvatuksen-ja-ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-osalta>

METSO. (2016a). *METSO – Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma*. Julkaistu 13.1.2016, päivitetty 27.10.2020. <https://www.metsonpolku.fi/fi-FI/METSOohjelma>

METSO. (2016b). *Monimuotoisuudelle merkittävät suot: korvet*. Julkaistu 14.2.2016, päivitetty 8.5.2018. [https://www.metsonpolku.fi/fi-FI/Monimuotoisuudelle_merkittavat_suot_korv\(38087\)](https://www.metsonpolku.fi/fi-FI/Monimuotoisuudelle_merkittavat_suot_korv(38087))

Nieminen, M., Hökkä, H., Laiho, R., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Pearson, M., Kojola, S., Sarkkola, S., Launiainen, S., Valkonen, S., Penttilä, T., Lohila, A., Saarinen, M., Haahti, K., Mäkipää, K., Miettinen, J. & Ollikainen, M. (2018). Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *Forest ecology and management*, 424, ss. 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.046>

Ojanen, P. (2015). Metsäojituksen vaikutuksesta ilmastoon. Climatic impacts of forestry on drained boreal peatlands. *Suo*, 66(2), 49–55. <http://www.suo.fi/pdf/article9898.pdf>

Ojanen, P., Minkkinen, K., Alm, J. & Penttilä, T. (2010). Soil–atmosphere CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in boreal forestry-drained peatlands. *Forest Ecology and Management*, 260(3), 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.036>

Ojanen, P., Minkkinen, K. & Penttilä, T. (2013). The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Forest ecology and management*, 289, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.008>

Palviainen, M., Finer, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. (2005). Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: Aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research*, 20(6), ss. 652–660.

<https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1>

Penttilä, T., Laiho, R. & Mäkipää, R. (n.d.). Suometsien ilmastoviisas metsänhoito.

<https://www.ilmase.fi/tietopaketti/suometsien-ilmastoviisas-metsanhoito/>

Rautakoski, H. (2020). Tutkimuskohteiden kartat, Paroninkorpi & Lettosuo. [kartta]

Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J-P. (2000). *Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa*. Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Saarinen, M., Valkonen, S., Sarkkola, S., Nieminen, M., Penttilä, T. & Laiho, R. (2020).

Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ojitetuilla turvemaidella. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2020* artikkeli id 10372. <https://doi.org/10.14214/ma.10372>

Saarinen, M. (2018). *Turvemaametsien hakkuut*.

<https://www.slideshare.net/Metsakeskus/turvemaametsien-hakkuut-markku-saarinen>

Saaristo, L., Alanen, A., Härkönen, L., Finér, L., Salminen, O., Schneider, H. & Päivinen, R. (2020). *Suometsien kokonaisanalyysi. Tutkijapaneeli 3, Suometsien monimuotoisuus, suojele ja vesikysymykset*. Tapio Oy raportti 27.1.2020. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/02/Tutkijapaneeli-3-Suometsien-monimuotoisuus-suojele-ja-vesikysymykset-raportti-Mets%C3%A4politiikkafoorumi.pdf>

<https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/02/Tutkijapaneeli-3-Suometsien-monimuotoisuus-suojele-ja-vesikysymykset-raportti-Mets%C3%A4politiikkafoorumi.pdf>

Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti, E., Päivänen, J. & Laine, J. (2010). Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(8), 1485–1496.

<https://doi.org/10.1139/X10-084>

Suomen Metsäyhdistys. (n.d.). *Jaksollinen metsänkasvatus (periodic cover silviculture)*.

<https://smy.fi/sanasto/jaksollinen-metsankasvatus-periodic-cover-silviculture/>

Suomen ympäristökeskus SYKE. (2020). *INSPIRE-direktiivin mukaiset rajapinnat*.
 Metsäkasvillisuusvyöhykkeet ja suokasvillisuusvyöhykkeet. [kartta] Päivitetty 6.10.2020.
 Haettu 7.2.2021 osoitteesta https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Avoimet_rajapinnat/INSPIREdirektiivin_mukaiset_rajapinnat

Tapio Oy. (2020). *Metsänhoidon suositukset - Metsien kestävän hoidon ja käytön perusteet*.
 Tapion julkaisuja. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/12/Metsanhoidon-suositukset-Metsien-kestavan-hoidon-ja-kayton-perusteet-TAPIO-2020.pdf>

Tieteen termipankki. (2021). *Biologia: runsasravinteinen*.
<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Biologia:runsaravinteinen>

Tilastokeskus. (n.d.). *Käsitteet. Yksinkertainen satunnaisotanta*.
https://www.stat.fi/meta/kas/yk_satunnaisota.html

Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P., Hallikainen, V., Korpela, L. & Merilä, P. (2016). Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. *Forest Ecology and Management*, 381, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.015>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2012). *Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitleminen Suomessa*.
https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. (2002). *Suomen sammalet -levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus*. Suomen ympäristökeskus.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40617/SY_560.pdf?sequence=1

Valkonen, S. (2020). *Metsän jatkuvasta kasvatuksesta*. Metsäkustannus.

Liite 1: Aineistonhallintasuunnitelma

Aineistojen yleinen kuvaus

Opinnäytetyön tutkimusaineistoksi kerättiin sammalnäytteitä Luonnonvarakeskuksen kahdelta tutkimuskohteelta, Janakkalan Paroninkorvesta ja Tammelan Lettosuolta. Paroninkorvesta sammalnäytteitä kerättiin yhteensä 67 kappaletta ja Lettosuolta yhteensä 82 kappaletta. Sammalnäytteet ovat tätä työtä varten itse kerättyä tutkimusaineistoa eli primaariaineistoa. Myös valokuvat ovat tätä työtä varten otettuja. Primaariaineiston lisäksi tutkimuksessa hyödynnettiin sekundaariaineistoa eli aineistoa, joka on muiden keräämää. Sekundaariaineistoa ovat muun muassa Luonnonvarakeskuksen aiemmin keräämät kasvillisuuden peittävyysaineistot.

Teoriapohja opinnäytetyötä varten kerättiin pääasiassa verkkolähteistä, osin myös kirjoista. Lähdekritiikki huomioitiin lähteiden käytössä ja lähteinä pyrittiin käyttämään esimerkiksi tieteellisiä, vertaisarvioituja artikkeleita ja tutkimuksia.

Aineistojen säilytys opinnäytetyöprosessin aikana

Maastopäivinä joulukuussa 2020 sammalnäytteet kerättiin muovipusseihin, joihin kirjattiin tutkimuskohteen nimi, koealan numero, päivämäärä sekä tiedot näytteen sammallajeista ja lajien peittävyysprosentista näytealalla. Sammalnäytteet toimitettiin Helsinkiin Luonnonvarakeskuksen tiloihin kylmiöön säilytykseen, jossa ne olivat helmikuun 2021 alkuun saakka. Ohjeistus sammalnäytteiden käsittelyä varten käytiin läpi Luonnonvarakeskuksen tiloissa 1.2.2021. Sammalnäytteiden käsittelyt tehtiin kotiloissa ohjeistuksen mukaisesti ja käsitellyt näytteet siirrettiin muovipusseista paperipusseihin kuivumaan. Alkuperäisiin näytepusseihin kirjatut tiedot kopioitiin paperipusseihin. Käsitellyt näytteet (Kuva 1.) toimitettiin paperipusseissa takaisin Luonnonvarakeskuksen tiloihin kuivausta ja punnitusta varten.

Kuva 1. Opinnäytetyön tutkimusaineistona oli 149 kappaletta sammalnäytteitä.



Kirjallista aineistoa säilytettiin opinnäytetyöprosessin aikana opinnäytetyön tekijän tietokoneella, aineistosta tallennettiin koneelle useita versioita ja varmuuskopioita. Lisäksi aineistoa tallennettiin HAMK:n opinnäytetöiden ohjausjärjestelmään Wihiiin. Aineistoa myös lähetettiin sähköpostitse tilaajan ja opinnäytetyön tekijän välillä ja aineisto oli siten osin tallennettuna myös HAMK:n sähköpostilaatikkoon. Opinnäytetyössä ei kerätty henkilötietoja tai mitään arkaluonteista aineistoa, joten aineiston säilyttämisessä ei ollut tarvetta erityishuomioille. Aineisto ei ollut luottamuksellista tai salassa pidettävää.

Aineistojen käsittely opinnäytetyön valmistuttua

Opinnäytetyön tekijä huolehtii opinnäytetyöhön liittyvien asiakirjojen säilytyksestä mahdollista jälkitarkastusta varten, huolehtien tietoturvasta ja tietosuojasta. Opinnäytetyön kirjallinen aineisto sekä työn toteuttamiseen liittyvät asiakirjat, muun muassa opinnäytetyösuunnitelma, säilytetään vuoden ajan opinnäytetyön julkaisemisesta. Sopimusasiakirjojen, muun muassa opinnäytetyösopimuksen, säilytysaika on pitempi.

Kirjallinen aineisto toimitettiin tilaajalle ja tilaaja määrittelee omalta osaltaan aineiston säilyttämisestä. Sammalnäytteiden hävittämisen tekee tilaaja. Opinnäytetyössä käytettävä aineisto kerättiin Luonnonvarakeskuksen tutkimuskohteilta ja aineisto kuuluu Luonnonvarakeskukselle.