

☛ **Rahkasammalbiomassa ja sen korjuuseen soveltuvat suot Suomessa**

Peatlands suitable for harvesting
of renewable *Sphagnum* moss biomass in Finland

Niko Silvan, Sakari Sarkkola & Raija Laiho

*Niko Silvan, Luonnonvarakeskus, Parkano. Kaironiementie 15, 39700 Parkano.
Puh. +35829 532 4018, email: niko.silvan@luke.fi.
Sakari Sarkkola & Raija Laiho, Luonnonvarakeskus, Helsinki.
Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki.*

Key words: harvesting resources, low-productive drained peatlands, regeneration, renewable growing medium, *Sphagnum* moss biomass

Johdanto

Rahkasammalilla (*Sphagnum*) on poikkeuksellinen merkitys suoekosysteemeissä suokasviliisuuden ja turpeen muodostajina. Mikään muu sammallajiryhmä ei ole ekologisesti eikä taloudellisesti yhtä merkittävä kuin rahkasammalet (Clymo & Hayward 1982). Suomessa rahkasammallajeja on noin 40, ja yli puolet Suomen inventoiduista turvevaroista on pääosin rahkasammalen jäännöksistä muodostunutta rahkaturvetta (Laine ym. 2009).

Pintarahkasammalta (ns. turvepehku) on jo satojen vuosien ajan käytetty mm. karjan kuivikkeena (Roderfeld ym. 1996), eristeinä rakennuksissa sekä haavojen sidonnassa imumateriaalina. Muut, helpommin saatavat materiaalit ovat kuitenkin lähes täysin syrjäyttäneet rahkasammalet näistä perinteisistä käyttökohteista. Rahkasammalta on jo vuosikymmenien ajan käytetty myös pienessä mittakaavassa kasvualustana orkideaharrastajien keskuudessa, ja rahkasammalkasvualustoille on tätä kautta muodostunut pienet maailmanmarkkinat (Whinam & Buxton 1997, Whinam

ym. 2003). Viimeaikainen laajempi kaupallinen kiinnostus rahkasammalta kohtaan on seurausta rahkasammalbiomassan hyvästä soveltuvuudesta myös muuhun kasvualustakäyttöön korvaamaan vaaleaa rahkaturvetta (Gaudig & Joosten 2002, Näkkilä ym. 2013, Tahvonen ym. 2012, Silvan ym. 2017). Ns. kosteikkoviljely (paludiculture) on saanut kasvavaa huomiota turvemaiden käytön kestävyuden lisäämiseksi. Kosteikkoviljelyssä tuotetaan kasvubiomassaa pitämällä turvemaan vedenpinta korkealla, jolloin sen vesitalous ja hiilensidonta olisivat lähellä luonnontilaisen suon tilaa (Wichtmann et al. 2016). Keski-Euroopassa rahkasammalen viljely (*Sphagnum* farming) turvetuotannosta vapautuneilla suonpohjilla ja vetetyillä turvemaapelloilla ja entisillä turvetuotantoalueilla on lisääntynyt, mutta on edelleen pienimuotoista koetoimintaa (Gaudig ym. 2013, Vos 2016). Suomessa rahkasammalen korjuuta on alettu toteuttaa pienimuotoisesti karuilta ojitetuilta soilta tämän vuosikymmenen puolivälistä alkaen, ja toiminnalle on asetettu paljon odotuksia kasvualustamateriaalin tuottamiseksi ekologisesti ja ilmastollisesti kestävästi.

Rahkasammalbiomassa ja sen korjuu

Rahkasammalbiomassaksi katsotaan suon tai turvemaan elävä, maatumaton, rahkasammalvaltainen pintakasvusto, jonka projektiopelitävydestä ja tilavuudesta yli puolet tulisi olla elävää rahkasammalsolukkoa (Näkkilä ym. 2015). Luonnonmateriaalina se voi sisältää jonkin verran myös muita sammallajeja, saramaisia kasveja ja varpuja sekä niiden juuria, ja myös hiljattain kuollutta, vielä maatumatonta kasvimateriaalia eli kariketta (Näkkilä ym. 2015). Tämä biomassa käsittää suon tai turvemaan pääosin elävän, yleensä alle 50 vuotta vanhan ylimmän pintakerroksen (Clymo 1984), joka ulottuu 20–30 cm syvyydelle (Clymo & Duckett 1986). Tämän kerroksen alapuolella rahkasammalmassa on pääsääntöisesti suon hapettomiin oloihin kerrostunutta kuollutta sammalmateriaalia eli varsinaista turvetta. Maanpäällisen sammalbiomassan ja turpeen raja on kuitenkin usein hyvin liukuva ja vaikeasti havaittava; rahkasammalilla versomista voi tapahtua ainakin 30 cm syvyyteen asti jopa silmämääräisesti kuolleen näköisistä varsista (Clymo & Duckett 1986).

Rahkasammalia kasvaa luonnontilaisten soiden ohella yleisesti myös monilla ojitusalueilla, sitä enemmän, mitä karummista ojitusalueista on kysymys, ja mitä huonommassa kuivatus-tilassa ojitusalue on. Etenkin karuimmilla, vähäpuustoisilla ja huonosti kuivuneilla kitumaan metsäojitetuilla soilla ojituksen jälkeen muodostunut pintakerros on tavallisesti yhä rakkavaltainen (Saarinen 2002). Niillä kasvupaikoilla, joilla kuivatussuksessio on edennyt pitkälle ja jotka ovat runsaspuustoisia, rahkasammalen määrä on pienempi ja pintakerroksessa on kangasmetsäsammallajiston ja puuaineksen jäännöksiä enemmän (esim. Laine ym. 1995).

Suomessa rahkasammalbiomassan korjuuseen on kehitetty koneellista korjuukalustoa, ja toistaiseksi korjuuta on tehty yhdellä metsäkonealustaisella koneprototyypillä (patentoitu, Ecomoss Oy) kolmen viime vuoden aikana enimmillään n. 20 000 m³ a⁻¹. Rahkasammalbiomassaa voidaan korjata sekä talvella (kuva 1) että kesällä (kuva 2). Kesäaikaan korjuu on maaperän heikon kantavuuden takia talviaikaa haastavampaa, mutta kesäkorjuussa korjattavaa materiaalia on mah-

dollista paremmin valikoida ja ns. puristekuivata korjuun yhteydessä. Rahkasammalmateriaalin puristekuivausmahdollisuuden vuoksi kesäkorjuu onkin tällä hetkellä varteenotettavin korjuuajanjakso Suomessa.

Rahkasammalkasvustojen uusiutuminen korjuun jälkeen

Lähtökohtana rahkasammalen kestäväällä korjuulle pidetään nykyisin menetelmiä, joissa korjuu ulotetaan korkeintaan elävän pintakerroksen alarajaan, eli enintään 30 cm syvyyteen asti (kuva 3). Tällä varmistetaan rahkasammalkasvuston uusiutuminen, sekä minimoidaan muun suokasvillisuuden (lähinnä sarat) leviäminen korjuukohteelle (Reinikainen ym. 2012, Silvan ym. 2012, Silvan ym. 2017). Korjuussa pyritään siis hyödyntämään olemassa olevaa elävää pintakerrosta ohuena ”kuorintana” siten, että korjuusyvyyden alapuolelle jää vielä elävää ja lisääntymiskykyistä rahkasammalta, sekä lisäksi osa rahkasammalpinnasta jätetään korjaamatta (Silvan ym. 2017). Tällaisen korjuun jälkeen ei tarvita rahkasammalten uudistamista siirtoistutuksin, vaan kasvusto uusiutuu luontaisesti paikallisen lajipankin varassa (Silvan ym. 2017).

Suomessa on tehty jonkin verran tutkimuksia rahkasammalbiomassan korjuun intensiteetin vaikutuksista kasvustojen uusiutumiseen, joihin yllä mainitut, nykyiset korjuusyvyyssuosituksot suurelta osin perustuvat. Vapo Oy:n ja entisen Metsäntutkimuslaitoksen yhteisillä koekorjuualueilla kokeiltiin kahta pintakerroksen korjuusyvyyttä: ”normaali” (pintakerrosta poistettu n. 30 cm syvyydeltä) ja ”syväkorjuu” (pintakerroksen poisto n. 60 cm syvyydelle) (Reinikainen ym. 2012, Silvan ym. 2012). Nopeimmin korjatuille pinnoille levisi silmäkerahkasammal (*S. balticum*). Suurin osa (n. 80 %) sammalen uudiskasvusta oli ensimmäisen kolmen vuoden kuluessa korjuusta silmäkerahkasammalen aikaansaamaa (Näkkilä ym. 2015), vaikka alueiden välinen vaihtelu voi myöhempien havaintojen mukaan olla suurta riippuen mm. korjuusuon ravinteisuustasosta ja hydrologiasta.

Kasvillisuussuksessio edetessä uudiskasvussa alkoi normaalin korjuun jälkeen muutaman vuoden kuluessa esiintyä myös ruskorahka-



Kuva 1. Rahkasammalbiomassan talvikorjuuta Kurikan Pallonevalla tammikuussa 2011. Korjuu ja lähikuljetus voidaan talvella roudan aikaan toteuttaa yleisesti käytössä olevalla konekalustolla, kaivinkoneella ja traktorilla (Kuva: Niko Silvan).

Figure 1. Harvesting of Sphagum moss biomass during winter at Palloneva, Kurikka in January 2011. Harvesting and local transport can be carried out with conventional machinery, excavator and tractor, during soil frost in winter (Photo: Niko Silvan).



Kuva 2. Rahkasammalbiomassan kesäkorjuuta Peräseinäjoen Limingannevalla heinäkuussa 2019. Korjuuketjuun kuuluu erikoisvalmisteinen, erityisesti rahkasammalbiomassan korjuuta varten metsätraktorialustalle rakennettu korjuukone puristimiseen ja kuljettimiseen sekä maataloustraktorista muunneltu ajokone. Sekä korjuu- että ajokone on varustettu erikoisleveillä teloilla (Kuva: Hannu Salo).

Figure 2. Harvesting of Sphagum moss biomass during summer at Liminganneva, Peräseinäjoki in July 2019. Harvesting chain includes a special-made, forest-tractor based harvesting machine with squeezer and conveyor belt, and a farming-tractor based transport machine. Both harvesting and transport machines are equipped with extremely broad tracks (Photo: Hannu Salo).



Kuva 3. Vastakorjattua rahkasammalpintaa Parkanon Nivusnevalla, korjuusyvyys 20–30 cm (Kuva: Niko Silvan).

Figure 3. Recently harvested *Sphagnum* moss surface at Nivusneva, Parkano. The harvesting depth was ca. 20–30 cm (Photo: Niko Silvan).

sammalta (*S. fuscum*) ja punarahkasammalta (*S. medium* (entinen *magellanicum*) (Näkkilä ym. 2015). Osalla normaalisyvyyteen korjatusta alueesta rahkasammalten uudiskasvulla oli lähes 100 % peittävyys jo kolmantena vuonna korjuun jälkeen (Näkkilä ym. 2015), ja alustavien havaintojen mukaan vanhimmilla seuranta-aloilla rahkasammalpinta näyttää vallanneen miltei koko alkuperäisen korjuupinnan n. kymmenen vuotta korjuun jälkeen (kuva 4). Näin vanhoja korjuualueita ei kuitenkaan ole käytettävissä seurantoihin tässä vaiheessa kuin kaksi, joten havainnot ovat todellakin vasta alustavia. Alun perin ruskorahkasammalen vallitsema mätäspinta korvautuu useimmissa tapauksissa ainakin ensimmäisiksi korjuun jälkeisiksi vuosiksi silmäkerahkasammalen kaltaisilla välipintalajeilla (Näkkilä ym. 2015). Vertailun vuoksi tarkastelluilla ”turvepehkun” nostopaikoilla esiintyy muutama kymmenen vuotta korjuun jälkeen jo myös mätästäviä rahkasammallajeja (kuva 5).

Syväkorjuussa kasvuston korjuunjälkeinen uusiutuminen on ollut selvästi hitaampaa kuin normaalin korjuun jälkeen (Reinikainen ym. 2012, Silvan ym. 2012). Syvemmältä korjattulla alueella uudiskasvu oli lähes yksinomaan

silmäkerahkasammalta tai paikoin myös kulju-pintojen rahkasammalia (kuljurahkasammal, *S. cuspidatum* ja vajorahkasammal, *S. majus*), mikä johtuu siitä, että syväkorjuussa muodostuu syviä, veden täyttämiä kuoppia. Uuden rahkasammal-kasvuston muodostuminen on syväkorjuu-aloilla ollut kaiken kaikkiaan huomattavasti vähäisempää kuin 30 cm:n syvyydelle korjatuilla aloilla keskimäärin. Syväkorjatuille alueille levisi huomattavasti enemmän saramaisia kaseveja (etenkin tupasvilla, *Eriophorum vaginatum*) normaaliin korjuuseen verrattuna. Saramaisten kasvien runsastuminen saattaa vaikuttaa negatiivisesti alueelta tulevaisuudessa saatavan seuraavan rahkasammalsadon laatuun. Lisäksi saramaiset kasvit, etenkin tupasvilla, saattavat lisätä merkittävästi korjattujen alueiden metaanipäästöjä (Tuittila ym. 2000).

Paljonko suopinta-alaa rahkasammalbiomassan korjuuseen tarvitaan?

Omien alustavien arvioidemme (Reinikainen ym. 2012, Silvan ym. 2012, Silvan ym. 2017), ja myös aikaisempien arvioiden mukaan (Lainevesi



Kuva 4. Heinäkuussa 2019, 13 vuotta rahkasammalbiomassan korjuun jälkeen, korjuupintaa ei enää paikoin juuri erota korjaamattomasta Kihniön Keisarinnevalle (korjattu 2006). (Kuva: Hannu Salo).

Figure 4. On some areas, the harvested surface can hardly be distinguished from the non-harvested surface 13 years after harvesting at Keisarinneva, Kihniö (harvested in May 2006, photographed in July 2019). (Photo: Hannu Salo).

1990), keskimääräinen rahkasammalpinnan korkeuskasvunopeus Suomessa voisi olla n. 1 cm a^{-1} , ottaen huomioon korkeuskasvunopeuden vaihtelu korjuualueiden erilaisissa ekohydrologisissa olosuhteissa. Jos korjattavan rahkasammalpinnan paksuuden oletetaan olevan enintään 30 cm, päästään rahkasammalbiomassan korjuussa siis n. 30 vuoden suunniteltuun kiertoaikaan (Reinikainen ym. 2012, Silvan ym. 2012, Silvan ym. 2017).

Kertakorjuusaanto on tähän mennessä tehdyn selvitystyön perusteella ollut keskimäärin n. $1\,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Ecomoss Oy). Mikäli korjuutavoite olisi noin $2 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$, eli Suomen vuotuista kasvuturpeen tuotantoa vastaava määrä, vuosittain tarvittaisiin uutta rahkasammalbiomassan korjuupinta-alaa noin 2000 ha. Kolmenkymmenen vuoden kiertoaajalla tuotantoalaa tarvittaisiin siis kokonaisuudessaan noin 60 000 ha. Tämä vastaa suunnilleen nykyisten turvetuotantoalueiden määrää Suomessa. Nämä laskelmat ovat kolmen viime vuoden aikana saatujen kokemusten perusteella osoittautuneet realistisesti mahdollisiksi operatiivisessa rahkasammalbiomassan korjuussa kitumaan metsäojitetuilta soilta (Ecomoss Oy).

Mistä rahkasammalta kannattaisi korjata?

Suomessa on soita ja turvemaita yhteensä hieman yli 9 milj. ha, joista noin puolet on ojitettu metsänkasvatusta varten (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, Laiho ym. 2016). Alueelliset erot ojitusmäärissä ovat kuitenkin suuria: Etelä-Suomen soista ja turvemaista noin kolme neljännestä on ojitettu, kun taas Lapissa on ojitettu vain yksi neljäsosa (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, Laiho ym. 2016).

Metsäojitettuja soita on Suomessa lähes 4.7 milj. ha (Metsätilastollinen vuosikirja 2014). Näistä yli 0,5 milj. ha on kitu- tai joutomaaksi luokiteltuja alueita, joilla metsätalous ei ole kannattavaa (Kojola ym. 2015, Laiho ym. 2016) ja joilta on poistunut Metsälain mukainen uudistamisvelvoite, eli niiden puusto voitaisiin tietyin rajoituksin poistaa ilman, että täytyisi huolehtia uuden puusukupolven muodostumisesta. Nämä metsätalouuskäytöstä poistuvat suoalueet, joille ei tulevaisuudessa välttämättä ole muuta taloudellista hyötykäyttöä, saattaisivat sopia rahkasammalbio-

massan korjuuseen, mikäli korjuu voidaan toteuttaa teknisesti ja on taloudellisesti riittävän kannattavaa.

Kasvialustakäyttöön sopivat parhaiten mätätävät lajit, kuten ruskorahkasammal (*S. fuscum*), rusorahkasammal (*S. rubellum*) ja punarahkasammal (*S. medium*), joita esiintyy tyypillisesti paitsi karuilla räme- ja nevatyypeillä (rahkaräme, rahkaneva, lyhytkorsiräme, lyhytkorsineva ja keidasräme), myös suurella osalla niiden ojitusalueista (Laine ym. 2012). Kasvialustatuotantoon soveltuvaa rahkasammalpintaa esiintyykin yleisesti myös metsätaloustuotantoon ojitetuilla, mutta metsänkasvatukseen liian karuilla soilla, joilla puuston määrä on jäänyt vaatimattomaksi (kuva 6). Tällaisten soiden on esitetty soveltuvan sammalbiomassan korjuuseen, paitsi siksi, että niiltä löytyy korjuuseen sopivaa sammalkasvustoa, myös siksi, että niiden hydrologia ja lajisto ovat ojituksen jälkeen muuttuneet siinä määrin, että niiden luontoarvojen voidaan usein katsoa merkittävästi heikentyneen.

Korjuukelpoiset rahkasammalresurssit Suomessa

Tätä katsausta varten tehtiin mahdollisten rahkankorjuukohteiden pienimuotoinen inventointi kolmeltatoista otantakohteelta (taulukko 1), joissa määritettiin rahkasammallajistoa ja muuta suokasvillisuutta sekä arvioitiin korjuukelpoisen rahkasammalkasvuston suhteellinen peittävyys koko mahdollisesta korjuualueesta. Inventointikohteet olivat metsäojitettuja kitu- ja joutomaan soita, jotka edustivat luonnontilaisuusluokkia 2–3. Kohteet valittiin subjektiivisesti Vapo Oy:n omistuksessa olevista potentiaalisista korjuukohteista eri puolilta maata. Kohteita ei kuitenkaan valittu eteläisimmästä Suomesta, jossa rahkankorjuuseen soveltuvia kohteita on vain vähän, eikä Lapista, jossa materiaalin kuljetusmatkat olisivat pitkiä. Kohteet painottuivat läntiseen Suomeen, ja niiden yhteispinta-ala oli noin 770 ha.

Tässä tarkastelussa lähdettiin siitä, että rahkasammalbiomassan korjuu suunnataan jo häiriintyneille, metsäojitetuille soille, eli käytännössä heikkotuottoisille, metsätalouteen kelpaamattomille ojitusalueille, joilla kuitenkin on säilynyt suuri (>50%) rahkasammalten peittävyys. Näistä valtaosa kuuluu Valtioneuvoston soiden

ja turvemaiden kestäväää ja vastuullista käyttöä ja suojelua koskevan periaatepäätöksen (Valtioneuvoston... 2012) luonnontilaisuusluokituksessa luokkiin 2–3. Luokat 2–3 tarkoittavat vähän tai kohtuullisesti vesitaloudeltaan ja pintakasvillisuudeltaan ojituksen seurauksena muuttuneita soita. Tarkastellut mahdolliset korjuukohteet edustivat suurimmaksi osaksi luonnontilaisuusluokituksen luokkaa 3. Tässä on huomattava, että luokan 3 soilla voi edelleen olla merkittäviä luontoarvoja, jotka rajoittavat niitä muuttavaa käyttöä. Peruuttamattomasti tai kauttaaltaan muuttuneiden luokkien, 0 ja 1, ottamista korjuun piiriin rajoittaa jäljellä olevan rahkasammalpinnan pieni määrä; luokan 0 soilla sitä ei käytännössä ole lainkaan, luokan 1 soillakin ainakin nykyteknologiaa hyödyntäen aivan liian vähän. Nämä luokat rajattiin siksi pois otannasta, samoin kuin luokkien 4 ja 5 (lähes tai täysin luonnontilainen) suot luontoarvojensa vuoksi.

Maastoinventoinnissa alueet jaettiin ensin pintakasvillisuudeltaan ja puustoltaan homogeenisiin kokonaisuuksiin, kuvioihin. Kuviot luokiteltiin silmävaraisesti arvioidun korjuukelpoisuuden perusteella joko rahkasammalbiomassan korjuuseen soveltuviksi tai soveltumattomiksi. Korjuukelpoisuuden pääkriteerinä käytettiin vähintään 50 % rahkasammalten kokonaispeittävyyttä kuvion pinta-alasta. Kuvioiden rahkasammalten kokonaispeittävyys arvioitiin silmävaraisesti. Korjuukelpoisuutta alentavana tekijänä pidettiin kuvion puustoisuutta (noin > 30 m³ ha⁻¹). Koska rahkasammalpinnan käyttökelpoisuuteen kasvialustamateriaalina vaikuttaa rahkasammalten kokonaispeittävyys ja rahkasammallajiston ohella myös muiden suokasvien kuten varpujen ja saramaisten kasvien runsaus, myös niiden korkea yhteispeittävyys (>50%) otettiin huomioon kuvion korjuukelpoisuutta alentavana tekijänä. Uusien käsittelyteknologioiden (mm. paperiteollisuudessaakin käytetty vaahtorainausmuunnelmäinen) myötä muiden kasvifraktioiden osuus ei kuitenkaan välttämättä tulevaisuudessa aseta yhtä suuria laatuvaatimuksia korjattavalle rahkasammalmateriaalille kuin vielä tämän kirjoittamishetkellä.

Yksittäisten kohteiden välillä oli merkittävää vaihtelua: korjuukelpoisen pinta-alan osuus oli pienimmillään 30 % ja suurimmillaan 90 %



Kuva 5. Vuonna 1974 hylätty ”turvepehkun” nostoalue Kokemäen Piilisuolla. Alue on kuvattu vuonna 2009, eli 35 vuotta pehkun noston lopettamisen jälkeen. Alueelle on jo muodostunut mätästävien rahkasammalten (*S. fuscum*, *S. rubellum*) muodostamia laajahkoja mätäspintoja. Osa alueesta on kuitenkin yhä kuljumaisen kasvillisuuden vallitsemaa (Kuva: Niko Silvan).

*Figure 5. A former peat moss litter collecting area at Piilisu, Kokemäki, that was abandoned in 1974. Photo has been taken in 2009, i.e. 35 years after abandonment. Hummock surface with *S. fuscum* and *S. rubellum* has already formed on the area. However, a part of the area is still covered with wet hollows (Photo: Niko Silvan).*



Kuva 6. Metsäojituksesta huolimatta puuston tuotos on jäänyt heikoksi niukkaravinteisilla, kitumaaksi jääneillä ojitusalueilla, ja rahkasammalia esiintyy pohjakerroksessa edelleen melko runsaasti. Kuvassa Pitämänsuo, Sotkamo (Kuva: Niko Silvan).

*Figure 6. Post-drainage growth of trees has remained poor on nutrient-poor, low-productive forestry drained peatlands, and *Sphagnum* mosses still exist rather abundantly in the bottom layer. In photo: Pitämänsuo, Sotkamo (Photo: Niko Silvan).*

Taulukko 1. Tutkimuskohteet, niiden pinta-alat, luonnontilaisuusluokat MMM (2011) mukaan, sekä arvioituiden rahkasammalbiomassan korjuuseen soveltuvan alan osuudet alueiden kokonaispinta-alasta.

Table 1. Study sites, their total areas, natural state classes (as in MMM 2011) and the estimated share of the area suitable for *Sphagnum* moss biomass harvesting.

Tutkimuskohteet Site	Ala Area (ha)	Luokka Class	Osuus Share (%)
Ahveroissuo, Kajaani	46	3	90
Iso Junnonsuo, Kajaani	25	3	90
Isonneva, Alavus	42	2	75
Kinttusalmensuo, Sonkajärvi	138	3	80
Konttisuo, Saarijärvi	51	2	35
Louhinneva, Kihniö	71	2	40
Pahkaneva, Virrat	62	3	80
Palloneva, Kurikka	60	3	60
Pehkeensuo, Utajärvi	24	3	70
Pitämänsuo, Sotkamo	52	3	85
Saarineva, Veteli	97	3	70
Sarvineva, Perho	81	3	60
Vasamanneva, Ylivieska	20	2	30
Yhteensä/keskimäärin Altogether/on average	770		67

(taulukko 1). Rahkasammalbiomassan korjuuseen soveltuvan ja soveltumattoman alan pinta-alo-osuuksien suhteesta saatiin kohteen ”korjuukeroin” (taulukko 1). Korjuukeroin kertoo kuinka suurelta osalta kohdetta rahkasammalbiomassan korjuu on teknis-taloudellisesti mahdollista. Tämä keroin oli koko aineistossa keskimäärin 67 %. Suuralueittaiset korjuukelpoiset pinta-alat on arvioitu keskimääräisellä korjuukertoimella sekä korjattu lisäksi sillä olettamalla, että noin puolet Suomen kaikkien ojitettujen kitu- ja joutomaan soiden pinta-aloista kuuluu luonnontilaisuusluokkiin 2–3.

Tämän arviomme mukaan Suomesta löytyy teknis-taloudellisesti rahkasammalbiomassan korjuuseen teknisesti soveltuvia hydrologialtaan häiriintyneitä, metsäojitettuja kitu- ja joutomaan

soita lähes 280 000 ha (taulukko 2). Rahkasammalbiomassan korjuuseen soveltuvat alueet painottuvat voimakkaasti läntiseen Suomeen ja erityisesti Pohjanmaan alueelle (taulukko 2). Käytännön korjuukohteiksi soveltuva pinta-ala on todennäköisesti tätä pienempi, johtuen kulku-yhteyksistä, kuljetusmatkoista sekä mahdollisesti myös maanomistusoloista. Toisaalta maanomistusoloilla ei välttämättä ole suurta vaikutusta tämän tyyppiseen biomassan korjuuseen, koska se ei edellytä perinteiseen turvetuotantoon verrattuna suuria käsittelypinta-aloja. Korjuupinta-alan koon vaikutuksesta korjuun kannattavuuteen ei toisaalta ole olemassa tutkittua tietoa. Sopivien metsäojitettujen korjuualueiden riittävyys ei näyttäisi kuitenkaan muodostuvan tuotantoa rajoittavaksi tekijäksi, mikäli rahkasammalbiomassan korjuuseen kokonaisuudessaan tarvittava aluereservi olisi edellä arvioitu n. 60 000 ha.

Rahkasammalbiomassan korjuun ympäristövaikutukset

Koska rahkasammalbiomassan korjuuta on Suomessa tehty kaupallisessa mittakaavassa vasta joidenkin vuosien ajan, ja koska toiminta on toistaiseksi ollut pienimuotoista, toiminnan pitkäaikaisista ympäristövaikutuksista ei voida vielä sanoa mitään varmaa. Pienimuotoisia kasvillisuusseurantoja on tähän mennessä tehty seitsemällä alueella, joiden tiedot ovat toistaiseksi osin julkaisemattomia. Hiilitase- ja vesistövaikutuksia on arvioitu kumpaakin vain yhdellä, erillisellä koealueella muutaman vuoden aikana korjuun jälkeen. Ensimmäisten korjuun jälkeisten vuosien aikana tehdyt selvitykset antavat viitteitä siihen suuntaan, että ainakin toiminnan lyhytkestoiset ympäristövaikutukset jäänevät vähäisiksi. Suokasvillisuus palautuu alueelle muutamassa vuodessa, tosin korjuun jälkeisen sukkession alkuvaiheessa on havaittavissa selviä lajistomuutoksia, mm. välipintarahkasammalten ja tupasvillan suhteellisen osuuden nousu ennen korjuuta vallinneeseen tilanteeseen nähden (Silvan ym. 2017). Korjattu alue voi palautua hiiltä sitovaksi ekosysteemiksi jo alle viidessä vuodessa korjuun jälkeen (Silvan ym. 2017). Myöskään haitallista vesistökuormitusta ei havaittu ainakaan lyhyellä aikavälillä ainoassa toistaiseksi tehdyssä

tutkimuksessa (Silvan 2019). Tämä on mahdollista, koska rahkasammalbiomassan korjuussa aluetta ei ojiteta, eikä vesiä muutoinkaan johdeta (esim. pumppaamalla) korjuualueelta pois. Karujen metsäojitettujen soiden päätehakkuiden sekä myös ennallistamisen on todettu lisäävän vesistökuormitusta, erityisesti liukoisen fosforin huuhtoumaa, mikä johtuu aiemmin kuivan pintakerroksen vettymisestä aiheutuvista pelkistysreaktioista turpeessa (Kaila ym. 2014, Koskinen ym. 2017). Sammalenkorjuu edesauttaa samoin kasvupaikan vettymistä, mutta toisaalta huuhtoumat saattavat pienentyä, kun ravinteita sisältävä pintakerros, joka muutoin on pääasiallinen kuormituslähde, poistetaan. Tällaisia tuloksia on saatu mm. turvepeltojen ennallistamisessa, jossa suon pintakerros on poistettu (Zak 2018). Suoalueelta tuleva valunta ja valuntahiuput voivat kuitenkin kasvaa korjuun jälkeen ainakin väliaikaisesti kun pintakerroksen vesivarastokapasiteetti sekä haihdunta pienenevät. Pitkäaikaiset (10–20 vuotta) seurannat olisivat välttämättömiä, jotta saataisiin selville toiminnan todelliset, mahdollisesti pidemmällä aikavälillä ilmenevät ympäristövaikutukset.

Keskieuropalaisten havaintojen mukaan 20–30 cm pintakerroksen korjuu voi edesauttaa kohdealueen uudelleensoistumista (Zak ym. 2018). Se todennäköisesti nopeuttaa uudelleensoistumista varsinkin verrattuna tilanteeseen, jossa ei tehdä mitään, koska suon pinnan vesipitoisuus lisääntyy kuivahkon pintakerroksen poistuessa, haihdunnan vähetessä ja suon pinnan aletessa. Tilanteessa, jossa samalla suolla ei tehtäisi uutta korjuuta, tällä voisi olla sekä suolajiston monimuotoisuutta että uuden turpeen kertymää edistävä vaikutus. Asiasta ei kuitenkaan ole tutkittua tietoa.

Millä edellytyksillä rahkasammaleen korjuuta voidaan sanoa kestäväksi?

Ekologinen kestävyys edellyttää luonnon monimuotoisuuden ja kestäkyvyn sekä ekosysteemien toimivuuden ja palautuvuuden säilyttämistä. Rahkasammalen korjuun ekologista kestävyttä voidaan arvioida seuraavilla kriteereillä: heikentääkö se korjuualueen tai lähiympäristön monimuotoisuutta, kuinka se vaikuttaa ekosysteemin

Taulukko 2. Metsätaloudellisesti kannattamattomat ojitetut suot suuralueittain Suomessa, sekä arviot rahkasammalbiomassan korjuuseen soveltuvan osan pinta-aloista. Arviot laskettiin käyttäen keskimääräistä korjuuseen soveltuvan alan osuutta taulukosta 1., ja korjattiin lisäksi sillä olettamalla, että noin puolet Suomen kaikkien ojitettujen kitu- ja joutomaan soiden pinta-alasta kuuluu luonnontilaisuusluokkiin 2–3.

Table 2. Low-productive forestry drained peatlands in Finland, and the estimated share of the area suitable for Sphagnum moss biomass harvesting. The harvestable share was estimated using the average harvestable share percentage from Table 1, and corrected with the assumption that ca. half of the low-productive forestry drained peatlands belongs to the classes 2-3 in the national mire natural state classification.

Suuralue	Ala (ha)	Korjattava (ha)
Main region	Area (ha)	Harvestable (ha)
Etelä-Suomi	17 100	6 071
Länsi-Suomi	79 800	28 329
Itä-Suomi	47 800	16 969
Pohjanmaa-Kainuu	346 200	122 901
Etelä-Lappi	339 400	120 487
Yhteensä, <i>altogether</i>	830 300	278 151

hiilitaseeseen ja kasvihuonekaasupäästöihin, ja aiheuttaako se haitallista vesistökuormitusta. Tähän liittyvät lisäksi kysymykset onko tuotettu materiaali hiilineutraalia ja millaista jätettä siitä muodostuu.

Korjuu ei todennäköisesti heikennä kasvillisuuden monimuotoisuutta. Se voi jopa hieman lisätä sitä, ainakin tilapäisesti eli seuraavaan korjuuseen asti, kun ojitettujen soiden vallitsemaan maisemaan muodostuu märempiä sukasvupaikkoja. Muiden eliölajien osalta tietoa ei vielä ole. Mikäli korjuuta ei uloteta liian syvälle, ekosysteemin toimivuus ja palautuvuus voidaan säilyttää. Säännöllisesti korjattava suoalue ei kuitenkaan todennäköisesti kerrytä merkittävässä määrin uutta hiiltä pitkäaikaiseen varastoon, koska kertynyt biomassa korjataan pois. Tällöin kasvavan sammalkerroksen hiilensidonnan tuotama ilmastohyöty riippuu siitä, kuinka pitkän aikaa hiili pysyy poissa ilmakehästä – samoin kuin puustobiomassan hiilinielun. Tämä riippuu

kasvualustan käyttöiästä ja jälkikäytöstä. Kattavaa elinkaarianalyysiä ei ole vielä tehty. Korjuun vaikutukset muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin taseisiin tunnetaan myös vielä puutteellisesti.

Taloudellinen ja sosiaalinen kestävyys edellyttää sitä, että korjattavaa resurssia ei toiminnalla oleellisesti vähennetä esim. korjaamalla liian syvältä, tai käytetä korjuun urakoinnissa ei-vastuullisia toimijoita. Mikäli korjuusvyys pidetään normaalina, ja kasvustot uusiutuvat tämänhetkisten oletusten mukaisesti, korjuun taloudellinen kestävyys ei tule vaarantumaan. Ilmaston lämmetessä ja mahdollisesti kuivuesssa mätäsraikasammalten leviäminen korjuualalle saattaa jopa nopeutua tulevaisuudessa (Silvan ym. 2016). Tämä saattaisi pitkällä aikavälillä nopeuttaa korjuukiertoa.

Rahkasammaleen korjuun tulevaisuudennäkymät

Kasvihuonekasvatuksen kasvualustat ovat Euroopassa miljardiluokan liiketoimintaa. Kasvualustojen koko vuotuinen markkina-arvo on Euroopassa yli 2,5 miljardia ja Suomessa noin 9 miljoonaa euroa. Turve on tällä hetkellä maailman ylivoimaisesti eniten käytetty kasvualustamateriaali; esimerkiksi Euroopassa n. 90 prosenttia puutarhaviljelijöiden käyttämistä kasvualustoista on turvepohjaisia. Euroopan alueen nykyinen vuotuinen kasvuturpeen tarve on n. 20 milj. m³, josta Suomen tuotannon osuus on suunnilleen kymmenesosa, n. 2 milj. m³. Turpeen käyttö kasvualustana on maailmalla kuitenkin vähenevässä, vaikka erityisesti vaalean rahkaturpeen hyvät fysikaaliset, kemialliset ja biologiset kasvatusominaisuudet ovat laajasti tunnettuja ja arvostettuja. Turvetta pidetään kalliina kasvualustana erityisesti niissä maissa, joissa ei ole omaa turvetuotantoa. Lisäksi kansainvälisesti sovitut monimuotoisuuden suojele- ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteet ovat vähentäneet ja tulevat vähentämään turpeen käyttöä maailmanlaajuisesti. Samalla kuitenkin kasvualustojen kysyntä on kansainvälisesti voimakkaassa kasvussa puutarhatuotannon kasvun myötä, ja kysynnän odotetaan nelinkertaistuvan vuoteen 2050

mennessä (Blok 2018). Myös turvetta korvaavia materiaaleja on tarjolla rajoitetusti, ja niiden tuottamiseen liittyy kestävyys- ja laatuongelmia (esim. kookoskuitu, kivivillat, kompostit). Rahkasammalbiomassa voisi olla varteenotettava keino vastata tähän kysyntään. Rahkasammalesta on mahdollista valmistaa myös muita materiaaleja, joilla voidaan korvata uusiutumattomia raaka-aineita esimerkiksi rakennusteollisuudessa (eristeet, levyt, muovin korvaajat ym.).

Vaikka Suomen kokonaisturvevarat ovat Länsi-Euroopan mittakaavassa hyvin suuret, laadukkaasta kasvuturpeesta voi etenkin kysynnän voimistuessa tulla pulaa täälläkin jo lähivuosina. Kansallisessa suostategiassa ja siihen pohjautuvassa Valtioneuvoston periaatepäätöksessä on linjattu, että soita muuttava käyttö tulee kohdistaa pääsääntöisesti vain luontoarvonsa jo menettäneille soille. Tästä syystä uusia luonnontilaisia tai lähes luonnontilaisia soita ei voi enää avata perinteiseen kasvuturvetuotantoon. Uusiutuvan rahkasammalbiomassan käyttö liian hitaasti uusiutuvan turpeen sijasta mahdollistaisi laadukkaiden kotimaisten kasvualustojen tuotannon jatkossakin. Rahkasammalbiomassan käyttö antaisi mahdollisuuden päästä myös kasvualustatuotannossa metsätalouteen verrattavaan, nopean kiertoajan biomassatuotteeseen.

Suomen rahkasammalbiomassan maksimaalinen korjuupotentiaali voisi kattaa jopa koko Euroopan alueen nykyisen kasvuturpeen kysynnän, mikä kuitenkin vaatisi korjuuseen nykyistä paljon enemmän sääntelyä, jotta voitaisiin varmistaa toiminnan standardien noudattaminen ja ympäristöhaittojen välttäminen kaikkien toimijoiden osalta. Rahkasammalbiomassan korjuu ei tällä hetkellä tarvitse ympäristölupaa aluehallintovirastolta, vaan ilmoitusmenettely riittää. Tilanne voi kuitenkin muuttua jo lähiaikoina, mikäli korjuuta aletaan tehdä laajemmassa mittakaavassa.

Tällä hetkellä rahkasammalta korjataan Suomen ohella pienehköjä määriä kasvualustaksi lähinnä orkideoille ainakin Uudessa-Seelannissa (www.moutere.com), USA:ssa (www.supermoss.com) ja Chilessä (www.chilemoss.com). Näissä maissa rahkasammalbiomassaa korjataan joko manuaalisesti (Chile), manuaalisen korjuun ja kevyen konekorjuun yhdistelmillä (Uusi-Seelanti) sekä täysin koneellisesti (USA). Venäjällä ja

Kanadassa olisi erittäin laajat mahdollisuudet tuottaa laadukasta rahkasammalbiomassaa luonnontilaisilta soilta, mutta toistaiseksi siellä ei ole esiintynyt suurta kiinnostusta asiaan.

Suomessakin rahkasammalbiomassan korjuu on vielä ollut melko pienimuotoista; korjattua alaa on tällä hetkellä yhteensä runsas sata hehtaaria. Pääasiallinen syy tähän on ollut rahkasammal-materiaalin toistaiseksi korkea hinta verrattuna vaaleaan kasvuturpeeseen, vaikka rahkasammalbiomassa uusiutuvana luonnontuotteena periaatteessa saisikin maksaa hieman enemmän. Viime kädessä rahkasammalen tulevaisuus riippuu siitä, miten voimakkaasti kasvuturpeen tuotantoa tulevaisuudessa säännöstellään, kuinka

paljon markkinoille tulee muita turvetta korvaavia materiaaleja ja pystytäänkö rahkasammalta tuottamaan aidosti kestävästi ja ympäristöystävällisesti. Laajoille kansainvälisille markkinoille pääsy edellyttäisi tuotannon ja tuotteen sertifiointia, mikä edellyttäisi tämänhetkistä kattavampaa tietoa sammalen tuotannon ympäristövaikutuksista. Mikäli kysyntää on riittävästi, materiaalin hinta saadaan kohdalleen niin, että sen korjuu on taloudellisesti kannattavaa, ja korjuu on ekologisesti kestävä, rahkasammalen käytön tulevaisuuden mahdollisuudet olisivat erittäin lupaavat. Suomessa olisi korjuuseen soveltuvan runsaan suoalan puitteissa hyvät mahdollisuudet kohota merkittäväksikin rahkasammaltalousmaaksi.

Summary: Peatlands suitable for harvesting of renewable *Sphagnum* moss biomass in Finland

Sphagnum moss biomass can be defined as the living, *Sphagnum* moss dominated uppermost layer of a mire or peatland. The thickness of the living moss layer may be 20–30 cm, and age a few decades maximum. Recently, there has been increasing interest in cultivating *Sphagnum* mosses on, or harvesting *Sphagnum* moss biomass from, degraded peatlands. *Sphagnum* moss biomass could provide a renewable alternative for peat as horticultural growing media, especially. Finland currently hosts more than half a million hectares of low-productive drained peatlands, and for this area *Sphagnum* moss biomass harvesting may be the only economically profitable land-use alternative. Investigations done so far clearly suggest that harvesting on such sites should be done to a depth of 30 cm maximum. Then, the revegetation of the harvested area by *Sphagnum* species commences in the next year, and the harvested area may be fully revegetated during five years after harvesting. However, rather large alterations in the vegetation composition can be observed compared to the situation before harvesting at least during the first years after harvesting. To fulfill the need of growing media at a rate of 2 milj. m³ a⁻¹ (present white horticultural peat harvesting level in Finland), we estimated that the need for total harvesting area for *Sphagnum* moss biomass would be ca. 60 000 ha. This is based on an estimated harvesting cycle of 30 years, and average yield of 1 000 m³ ha⁻¹. According to our rough estimate, the area of low-productive drained peatlands in Southern and Central Finland, meaning clearly disturbed drained sites, that would be suitable for *Sphagnum* moss biomass harvesting is ca. 280 000 ha. Thus, if *Sphagnum* biomass can be produced and harvested in an ecologically and economically sustainable manner, with no remarkable environmental effects caused by its harvesting, the *Sphagnum* moss resources will provide ample resources for the growing medium industry. However, *Sphagnum* moss biomass harvesting is still a very new business, and therefore further research is needed to verify the long-term sustainability of this activity.

Kirjallisuus

- Blok, C. 2018. The world's need for growing media – reflections on peat use for food and quality of life in the period 2020–2050. IPS 50th Anniversary Jubilee Symposium, Rotterdam, Netherlands, 11.–13.9.2018. Oral presentation.
- Clymo, R.S. 1984. The limits to peat bog growth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 303: 605–654. <https://doi.org/10.1098/rstb.1984.0002>
- Clymo, R.S. & Duckett, J.G. 1986. Regeneration of Sphagnum. *New Phytologist* 102: 589–614. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1986.tb00834.x>
- Clymo, R.S. & Hayward, P.M. 1982. The ecology of Sphagnum. Teoksessa: Smith, A. (toim.). *Bryophyte ecology*. Chapman and Hall. London & New York. s. 229–289.
- Gaudig, G. & Joosten, H. 2002. Peat moss (Sphagnum) as a renewable resource – an alternative to Sphagnum peat in horticulture. Teoksessa: Schmilewski, G. & Rochefort, L. (toim.). *Peat in horticulture. Quality and environmental challenges*. International Peat Society, Jyväskylä. s. 117–125.
- Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S. & Joosten H. 2013. Sphagnum farming in Germany – a review of progress. *Mires and Peat* 13, Article 8: 1–11.
- Hotanen, J.-P., Saarinen, M. & Nousiainen, H. 2015. Avosuo- ja sekatyypien turvekangaskehitys. *Suo* 66(1): 13–32.
- Kaila, A., Sarkkola, S., Laurén, A., Ukonmaanaaho, L., Koivusalo, H., Xiao, L., O'Driscoll, C., Asam, Z-U-Z., Tervahauta, A. & Nieminen, M. 2014. Phosphorus export from drained Scots pine mires after clear-felling and bioenergy harvesting. *Forest Ecology and Management* 325: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.025>
- Kojola, S., Niemistö, P., Salminen, H., Lehtonen, M., Ihalainen, A., Kiljunen, N., Soikkeli, P. & Laiho, R. 2015. Synthesis report on utilization of peatland forests for biomass production. Cleen Oy Research report no D 2.1.2. 52 s. ISBN 978-952-5947-79-3
- Koskinen, M., Tahvanainen, T., Sarkkola, S., Menberu, M.W., Laurén, A., Sallantausta, T., Marttila, H., Ronkanen, A.-K., Tolvanen, A., Parviainen, M., Koivusalo, H. & Nieminen, M., 2017. Restoration of fertile peatlands poses a risk for high exports of dissolved organic carbon, nitrogen, and phosphorus. *The Science of the Total Environment* 586: 858–869. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.065>.
- Laiho, R., Tuominen, S., Kojola, S., Penttilä, T., Saarinen, M. & Ihalainen, A. 2016. Heikkotuottoiset ojitetut suometsät – missä ja paljonko niitä on? *Metsätieteen aikakauskirja* 2: 73–93.
- Laine, J., Vasander, H. & Laiho, R. 1995. Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. *Journal of Applied Ecology* 32: 785–802. <https://www.jstor.org/stable/2404818>
- Laine, J.; Harju, P.; Timonen, T.; Laine, A.; Tuittila, E.-S.; Minkkinen, K.; Vasander, H. 2009. *The Intricate Beauty of Sphagnum Mosses – a Finnish Guide to Identification*. University of Helsinki, Department of Forest Ecology. 190 s.
- Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2012. Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. *Metsäkustannus*. 160 s.
- Lainevesi, S. 1990. Korjuunjälkeinen turpeen kasvu ja suokasvillisuuden palautuminen Kihniön Aitonevan palaturvesoilla. *Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto*. 39 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2014. Metsäntutkimuslaitos, Tammerprint Oy, 428 s. ISBN 978-951-40-2506-8 (nid.) ISBN 978-951-40-2505-1(pdf).
- MMM 2011. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävän ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Työryhmämuistio MMM 2011:1. 161 s.
- Näkkilä, J., Jokinen, K., Särkkä, L., Tahvonen, R., Silvan K. & Silvan, N. 2013. Rahkasammalessa vihannestaimi kasvaa hyvin. *Puutarha & Kauppa* 2013(3): 20–21.

- Näkkilä, J., Silvan, N., Jokinen, K., Särkkä, L. & Tahvonen, R. 2015. Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana. MMM-Makera-loppuraportti. 16 s.
- Reinikainen, O., Korpi, J., Tahvonen, R., Näkkilä, J. & Silvan, N. 2012. Harvesting of Sphagnum biomass and its use as a growing medium constituent. In: Proceedings of the 14th International Peat Congress, session Peat for Horticulture, extended abstract number 137.
- Roderfeld, H., Vasander, H. & Tuittila, E-S. 1996. A cut-over bog in the stage of regeneration in southern Finland. *Telma* 26: 223–235.
- Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimetumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. (Summary: Effect of vegetation and site preparation on the restocking of Scots pine and birch in dwarf-schrub and *Vaccinium vitis-idaea* type peatland forests). *Suo – Mires and Peat* 53(2): 41–60.
- Silvan, N., Silvan, K., Näkkilä, J., Tahvonen, R. & Reinikainen, O. 2012. Renewability, use and properties of Sphagnum biomass for growing media purposes. Teoksessa: Proceedings of the 14th International Peat Congress, session Sphagnum Farming, extended abstract number 55.
- Silvan, N. & Jokinen, K. 2016. Early snow-melt enhances the carbon sequestration of hummock-forming Sphagnum mosses on Boreal Wetlands. *Open Journal of Ecology* 6: 103–112. <https://doi.org/10.4236/oje.2016.6301>
- Silvan, N., Jokinen, K., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. 2017. Swift recovery of Sphagnum carpet and carbon sequestration after shallow Sphagnum biomass harvesting. *Mires and Peat* 20(01): 1–11. <https://doi.org/10.19189/MaP.2015.OMB.198>
- Silvan, N. 2019. Short-term effects of shallow Sphagnum moss biomass harvesting on the runoff water quality. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis* 7(1): 34–39. <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20190701.15>
- Tahvonen, R., Näkkilä, J., Silvan, N., Reinikainen, O. & Väre, I. 2012. Rahkasammalista kasvualustaa. *Puutarha & Kauppa* 2012(3): 12–13.
- Tuittila, E.-S., Vasander, H. & Laine, J. 2000. Impact of rewetting on vegetation of a cut-away peatland. *Applied Vegetation Science* 3: 205–212. <https://doi.org/10.2307/1478999>
- Valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta, 30.8. 2012. https://mmm.fi/documents/1410837/1516663/MMM-119690-v5-suostrategia_valtioneuvoston_periaatepaatos_v4/005425e8-e3c4-497d-8cff-26f343896c37.
- Vos, R. (toim.) 2016. Cultivation of Sphagnum in Northeast Friesland. Ideas, Methods, and Experiences for Sphagnum Farming. Raportti, Wageningen University, Hollanti. 28 s. (<http://kenniswerkplaatsnoordoostfryslan.nl/uploads/files/ACT-1636-Case-Business-Peatmoss-final-report-april-2016.pdf>)
- Whinam, J. & Buxton, R. 1997. Sphagnum peatlands of Australasia: an assessment of harvesting sustainability. *Biological Conservation* 82: 21–29. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00015-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00015-3).
- Whinam, J., Hope, G.S., Clarkson, B.R., Buxton, R.P., Alspach, P.A. & Adam, P. 2003. Sphagnum in peatlands of Australasia: Their distribution, utilisation and management. *Wetlands Ecology and Management* 11: 37–49. <https://doi.org/10.1023/A:1022005504855>
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (toim.) 2016. Paludiculture – productive use of wet peatlands. Climate protection – biodiversity – regional economic benefits. Schweizerbart Science Publishers, 272 p. ISBN 978-3-510-65283-9
- Zak, D., Goldhammer, T., Cabezas, A., Gelbrecht, J., Gurke, R., Wagner, C., Reuter, H., Augustin, J., Klimkowska, A. & McInnes, R.J. 2018. Top soil removal reduces water pollution from phosphorus and dissolved organic matter and lowers methane emissions from rewetted peatlands. *Journal of Applied Ecology* 55: 311–20. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12931>