

SAMMALKATOT

Sammalet viherkaton kevyenä kasvimateriaalina

Taru Hakuni
Kandidaatintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kasvintuotantotieteet
06 2013

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution– Department
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maataloustieteiden laitos
Tekijä/Författare – Author		
Taru Hakuni		
Työn nimi / Arbetets titel – Title		
Sammalkatot - Sammalet viherkaton kevyenä kasvimateriaalina		
Oppiaine /Läroämne – Subject		
Kasvintutotantotieteet		
Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages
Kandidaatintutkielma	06 2013	29
Tiivistelmä/Referat – Abstract		
<p>Viherkatot yleistyvät maailmalla niiden selkeiden ympäristöhyötyjen takia. Sammalet ovat hyvä kasvimateriaalivaihtoehto viherkatolle erityisesti, jos viherkatosta halutaan tehdä mahdollisimman kevyt. Tutkielman tavoitteena on selvittää sammalten käyttökelpoisuutta viherkattojen kasvimateriaalina Suomessa.</p> <p>Tutkielmassa tarkastellaan viherkatoilla käytettyjä kasvillisuustyyppisiä sekä sammalkattojen hyötyjä ja haittoja muihin viherkattotyyppisiin verrattuna. Sammalet ovat monipuolinen kasviryhmä ja niistä löytyy potentiaalia viherkattojen kasvimateriaaliksi erityisesti keveytensä takia. Sammalia on tutkittu viherkattojen kasvimateriaalina hyvin vähän, mutta tutkimuksissa sammalet menestyivät viherkatoilla hyvin. Sammalet pystyvät toimimaan ekstensiivisellä viherkatolla sopivissa kasvuoloissa yhtä hyvin kuin normaalisti ekstensiivisellä katolla käytetyt kasvit, kuten mehikasvit. Sammalet leviävät viherkatolle usein spontaanisti. Sammalkatoilla pystytään vaikuttamaan kaupunkiympäristöön yhtä positiivisesti kuin pääosin mehikasveja kasvavalla viherkatolla. Aihe tosin vaatii lisää tutkimusta muun muassa kasvu- alustojen ja lajivalintojen sekä eri lajien kasvunopeuden suhteen.</p> <p>Sammalet ovat erittäin käyttökelpoisia viherkatoille, kunhan ongelmakohtat, kuten lintujen mahdollisesti aiheuttamat tuhot, otetaan huomioon. Tutkielman lopputuloksena on lista ehdotuksia sammalkatoille soveltuvista sammalista.</p>		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords		
Viherkatot, lehtisammalet, kestävä kehitys, hulevesi, kaupunkiympäristö		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited		
Maataloustieteiden laitos		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		
Ohjaaja yliopistonlehtori Leena Lindén		

SISÄLLYS

SISÄLLYS	3
1 JOHDANTO.....	4
2 TAVOITTEET	5
3 SAMMALET.....	5
3.1 Sammalten taksonomia.....	6
3.2 Sammalten rakenne.....	6
3.3 Sammalten ekologiasta	7
4 VIHHERKATOT	10
4.1 Rakenne	10
4.2 Kasvualusta.....	11
4.3 Kasvillisuus.....	13
4.4 Viherkattojen hyödyt ja haitat	15
4.4.1 Vedenpidätys ja haihdunta	15
4.4.2 Luonnonsuojelu.....	16
4.4.3 Kaupunkiympäristö	17
4.4.4 Eristys ja kattorakenteet	18
5 SAMMALET VIHHERKATOLLA	18
6 SUOMALAISILLE SAMMALKATOILLE SOPIVAT LAJIT	22
7 PÄÄTELMÄT.....	25
8 KIITOKSET	27
9 LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

Ekologisuus, kestävä kehitys, energiatehokkuus ja urbaani ruuantuotanto ovat kasvavia trendejä joita huoli ilmastonmuutoksesta ajaa. Nykyään monet meitä koskettavista asioista ovat muuttumassa ekologisempaan suuntaan. Autoista, energiantuotannosta, ruuantuotannosta ja asumisesta pyritään tekemään kestävän kehityksen periaatteita noudattavaa.

Kasvien kasvatusta katoilla eli kasvi-/viherkatot tuovat monia mahdollisuuksia rakennusten ekologiseen tehokkuuteen ja ympäristön suojeluun. Viherkatot ovat kovaa vauhtia yleistymässä maailmalla. Saksassa viherkattojen rakentamisella on jo pitkät perinteet ja nykyään Saksan maiseman tutkimus-, suunnittelu- ja rakentamisyhdistyksen (FLL) viherkatto-ohjeistusta pidetään maailmalla standardina. Saksassa lienee tällä hetkellä eniten viherkattoja koko maailmassa.

Viherkattoja pidetään mahdollisuutena hyvittää ihmisen aiheuttama luonnonympäristöjen tuhoaminen. Kaupungeissa ei ole paljoakaan tilaa istuttaa puita tai muuta kasvillisuutta, jolla on niin monia positiivisia vaikutuksia, paitsi katoilla (Rowe ym. 2011). Kattojen tarjoama tila on harvoin käytössä, jolloin kasvupaikan hyödyntäminen on järkevää. Viherkatolla voidaan korvata kasvillisuus, joka tuhoutui rakentamisen yhteydessä (Getter ym. 2011, Rowe ym. 2011).

Suomeen modernit viherkatot ovat vasta rantautumassa. Tosin esimerkiksi pääkaupunkiseudulta löytyy viherkattoja jo jonkin verran. Vuonna 2012 käynnistyneen Viides ulottuvuus – viherkatot osaksi kaupunkia -tutkimushankkeen tarkoitus on saattaa yhteen eri alojen osaajia, jotta rakennettavat viherkatot olisivat kestävän kehityksen mukaisia ja tarkoituksenmukaisia eri kattoratkaisuihin (Viherkatot -projekti 2012).

Sammalet ovat kevyt vaihtoehto katolla kasvatettavalle kasvillisuudelle ja silti ne tuottavat melkein yhtä paljon hyötyä ympäristölle ja rakennukselle kuin mikä tahansa muu kasvillisuustyyppe. Viherkatoilla kasvaa spontaanisti levinneitä sammalia, mutta sammalten tarkoituksellinen käyttö viherkatoilla on toistaiseksi harvinaista. Japanissa käytetään sammalpaneeleja seinissä ja katoilla eristämään rakennuksia auringon kuumuudelta. Sammalkatot ovat ekstensiivisiä viherkattoja, joten työssä keskitytään pääosin niihin.

2 TAVOITTEET

Tämän tutkielman tavoitteena on selvittää sammalten käyttökelpoisuutta viherkattojen kasvimateriaalina Suomessa. Tutkielmassa tarkastellaan viherkatoilla käytettyjä kasvilisäustyyppejä sekä sammalkattojen hyötyjä ja haittoja muihin viherkattotyyppeihin verrattuna.

3 SAMMALET

Sammalten rooli puutarhassa on ristiriitainen. Länsimaisessa puutarhassa ne ovat ei-toivottuja vieraita kun taas itämaisessä, kuten japanilaisessa puutarhassa, ne saavat kunniapaikan. Länsimaissa sammaliin ei juuri kiinnitetä huomiota paitsi silloin kun ne kasvavat ”väärässä” paikassa. Sammalia on kuitenkin hyödynnetty muun muassa rakennusaineena, polttoaineena, haavanhoidossa ja saastumisen ilmaisijoina (Koponen 1979)

Enroth ym. (2011) kertovat Luonnon Tutkijan artikkelissaan, että vanhimmat sammalfossiilit ovat 450 miljoonaa vuotta vanhoja. Ne muistuttavat eräiden maksasammalten itiöitä. Nykytietämyksen mukaan sammalet erosivat omiksi kehityslinjoikseen ennen muita maakasveja. Monet sammalten ominaisuudet ovat syntyneet useaan otteeseen sammalten evoluutiossa. Tämä tekee sammalten taksonomian tutkimisen pelkkien morfologisten ominaisuuksien perusteella hyvin vaikeaksi. Viime vuosina DNA:n avulla tehdyt tutkimukset ovat valottaneet sammalten taksonomiaa. On käynyt ilmi, että rakenteeltaan samannäköiset lajit tai suvut ovatkin eri alkuperää olevista evoluutiolinjoista. Päinvastainen esimerkki on Korsikasta löydetty sammal, joka kuuluu morfologialtaan täysin erilaisen laajalle levinneen lajin sisään (Enroth ym. 2011).

Sammalten rooli metsänpohjalla on muun muassa maaperän eroosion estäminen ja selkärangatonlajiston ylläpito. Soilla rahkasammalet toimivat hiilinieluinä torjuen ilmastonmuutosta (Enroth ym. 2011)

3.1 Sammalten taksonomia

Sammalet jaetaan kolmeen kaareen: maksasammaliin, lehtisammaliin ja sarvisammaliin. Maksasammalten sukulaissuhteista on päästy selville vasta viime vuosina DNA-testien avulla. Maksasammalten luokittelu ulkonäön perusteella on melko mahdotonta, koska uuden tiedon valossa tiedetään nyt, että jotkin maksasammalten morfologiset ominaisuudet ovat syntyneet useaan kertaan maksasammalten evoluutiossa.

Lehtisammalet jaetaan pesäkekylkisiin (pleurokarppiset) ja pesäkekärkisiin (akrokarppiset) sammaliin. Pleurokarppisten lehtisammalten munapesäke kehittyy lyhythaarojen kärkiin, jolloin pääverson pituuskasvu jatkuu verson kärjestä. Akrokarppisissa sammalissa pituuskasvu päättyy munapesäkkeeseen. Pleurokarppinen kasvutapa on mahdollistanut monenlaisten kasvumuotojen kehittymisen (Enroth ym. 2011). Pleurokarppiset sammalet ovatkin sopeutuneet monenlaisiin elinympäristöihin ja -paikkoihin (Enroth ym. 2011).

3.2 Sammalten rakenne

Sammalilla ei ole juuria ja niiden vedenotto tapahtuu pääosin ilmankosteudesta. Verson sisäinen vedenkuljetusjärjestelmä puuttuu useilta lajeilta kokonaan. Sammalet jaetaan vedenkuljetusjärjestelmänsä mukaan kolmeen ryhmään: ektohydriset, miksohydriset ja endohydriset lajit. Ektohydrisiin lajeihin kuuluu suurin osa sammalista. Ne saavat veden suoraan soluseinän läpi ja se kulkeutuu kapillaarisesti solukoissa. Miksohydrisillä lajeilla johtosolukko on vain heikosti kehittynyt. Endohydristen sammalten johtosolukko on kehittynyt ja se mahdollistaa suuremman koon muihin sammaliin verrattuna. Suurin osa paahteisilla ja kuivilla paikoilla viihtyvistä lajeista on ekto- ja miksohydrisiä (Enroth ym. 2011).

Haploidi gametofyyttisukupolvi on vallitseva sammalten elämänkierrössä. Sukusolut kehittyvät siittiö- ja munapesäkkeissä. Siittiöt tarvitsevat vettä edetäkseen munasolupesäkkeisiin. Itiöpesäke kehittyy gametofyyttiin hedelmöittyneestä munasolusta. Sammalten eri kaarien itiöpesäkkeissä on rakenteita, joita käytetään eri lajien tunnistamiseen. Sammalet voivat olla yksi- tai kaksikotisia jolloin siittiö- ja munapesäkkeet sijaitsevat samassa tai eri yksilössä.

Itiöpesäkkeen rakenteet ovat emokasviin kiinnittyvä pesäkeperä sekä kullekin lajille ominaisen muotoinen pesäke. Meioosin seurauksena itiöpesäkkeessä muodostuu haploi-

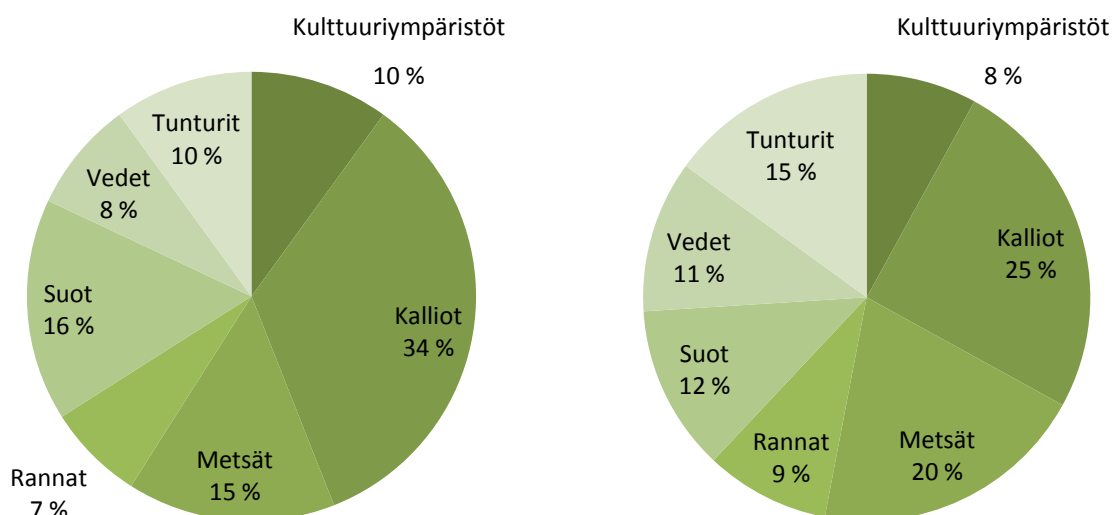
deja itiöitä, jotka ovat usein pieniä ja kevyitä ja ilmavirtojen kuljeteltavissa. Itiöstä itää protoneema eli alkeisrihma, joka on yleensä lyhytikäinen alkuvaihe. Varsinaiset sammalversot tai sekovarret kehittyvät protoneemasta erilaistuneista silmuista. Versosta kasvaa juurtumahapsia, joilla sammal kiinnittyy alustaansa.

Sammalten kasvullinen lisääntyminen verson kappaleista on erityisesti lehtisammalilla tärkein tapa lisääntyä (Laaka-Lindberg 2002). Osalla sammalista suvuton lisääntyminen tapahtuu emoversosta kuroutuvien itujuvästen, -levyjen tai -versojen avulla. Itujuväset voivat itää protoneemoiksi kuten itiöt ja ne toimivat pääasiallisesti kasvustojen ylläpidossa. Kasvustot ovat tällöin klonaalisia. Sammalten leviäimet voivat säilyä pitkiä aikoja lepotilassa maassa (Laaka-Lindberg 2002). Lepotilan purkaa olosuhteiden muutos (Laaka-Lindberg 2002).

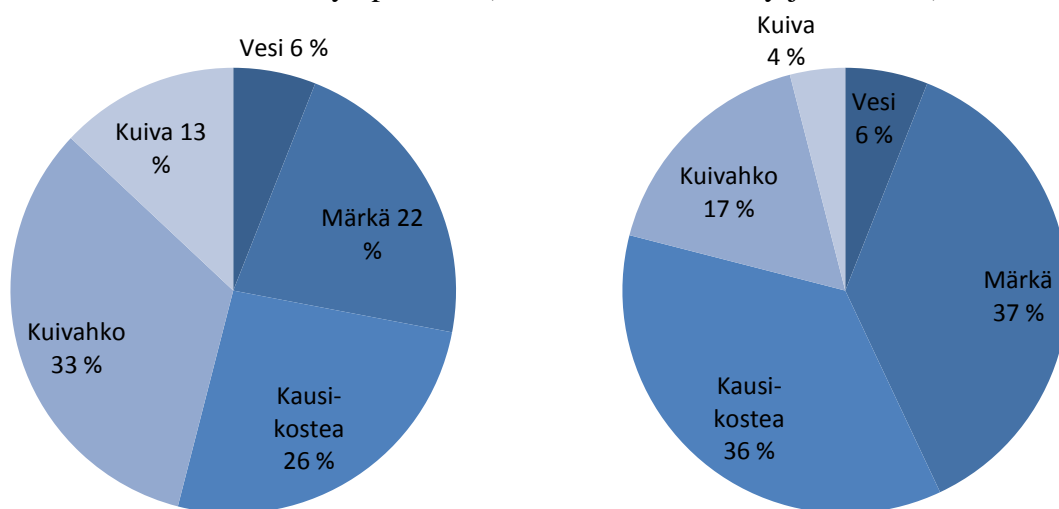
Sammalkasvustot kärsivät harvoin taudeista. Lehtonen ym. (2009) totesivat erään nuppusammalen erittävän muutamassa kymmenessä sekunnissa suuria määriä peroksidia kun sitä käsiteltiin kitosaanilla. Kitosaani on sienissä esiintyvän kitiinin vesiliukoinen muoto.

3.3 Sammalten ekologiasta

Sammalia kasvaa monilla kasvualustoilla ja monenlaisissa olosuhteissa (kuvat 1 ja 2). Kaikkia kasvupaikkoja yhdistää kuitenkin ainakin ajoittainen kosteus, koska vesi on tärkeä tekijä sammalten lisääntymisessä (Ulvinen ym. 2002). Kuivissa olosuhteissa elävät sammalet sietävät kuitenkin hyvin ajoittaista kuivumista. Tässä suhteessa sammalet poikkeavat selvästi putkilokasveista. Sammalet pystyvät myös kasvamaan alhaisemmissa lämpötiloissa kuin putkilokasvit (Ulvinen ym. 2002). Putkilokasveille epäsuotuisista oloista kuten kallionkoloista saattaa löytyä tarpeeksi tiivistynyttä kosteutta, jotta sammal voi siellä kasvaa.



Kuva 1. Suomen sammalten jakautuminen elinympäristöihin. Vasemmassa diagrammissa on esitetty lehtisammalten jakautuminen eri elinympäristöihin (661 lajia) ja oikeassa diagrammissa maksa- ja sarvisammalten jakautuminen eri elinympäristöihin (219+2 lajia). Kulttuuriympäristöt sisältävät perinneympäristöt, ihmisen muuttamat ympäristöt sekä rakennetun ympäristön (Muokattu lähteestä Syrjänen 2002)



Kuva 2. Sammalten kosteusvaatimukset. Vasemmalla lehtisammalet (661 lajia) ja oikealla maksa- ja sarvisammalet (219+2 lajia). Kuivia ympäristöjä löytyy muun muassa paahteisilta kallioilta, puun rungoilta ja varjoisilta, kaltevilta kalliopinnoilta. Kuivahkoja ympäristöjä ovat muun muassa puunrunkojen tyvet, karuhkot kankaat sekä metsäkallioiden kasvupaikat (Muokattu lähteestä Syrjänen 2002).

Suomen sammalet -kirjassa (Ulvinen ym. 2002) esitellyistä kasvupaikoista viherkatto muistuttaa eniten laakeita kalliointoja, joita esiintyy pääasiassa rannikolla ja Lounais-Suomessa. Viherkatto saattaa olla kuitenkin huomattavasti tuulisempi ympäristö kuin

muun maan tasalla oleva kallio. Laakeilla kallioalustoilla viihtyvät muun muassa tiersammalet (*Racomitrium* spp.), karhunsammalet (*Polytrichum* spp.) ja hohkasammal (*Leucobryum glaucum* (Hedw.)) (Parnela 2002).

Lehtisammalista 36 % kasvaa kallioalustalla, kun maksa- ja sarvisammalista vain 26 % kasvaa kallioilla (Syrjänen 2002). Lehtisammalista 56 % vaatii valoisan kasvupaikan (etelä-länsisuuntaiset kallioseinät, avoimet ympäristöt), kun maksa- ja sarvisammalista vain 38 % vaatii valoisan kasvupaikan (Syrjänen 2002). Näiden tietojen perusteella lehtisammalista löytyy maksa- ja sarvisammalia todennäköisemmin viherkatoille sopivia lajeja.

Sammalilla on monia ominaisuuksia, jotka helpottavat selviytymistä viherkattojen ankarissa oloissa. Sammalten versonkappaleita on helppo levittää katoille, ja koska sammalilla ei ole varsinaisia juuria vaan juurtumahapset, sammalkatot voivat olla hyvin ohuita ja siten helppoja asentaa ja hoitaa. Kaupunkiympäristöä on pidetty ilmansaasteiden takia huonona kasvupaikkana sammalille, mutta jotkut sammaleet menestyvät myös urbaanissa kasvu-ympäristössä (Anderson ym. 2010).

Kolin kansallispuistossa tehdyssä kulotustutkimuksessa (Ruokolainen ym. 2006) nuokkuvarstasammal (*Pohlia nutans* (Hedw.)), kulosammal (*Ceratodon purpureus* (Hedw.)) ja kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum* (Hedw.)) levisivät kulotetulle alueelle itiöiden avulla nopeasti. Lajit esiintyivät runsaina alueella vain noin 4 vuotta sukkession aikana. Kaikki kolme lajia ovat akrokarppisia eli pesäkeperäisiä sammalia. Tutkimuksessa mainittiin myös, että pioneirilajit yleisesti olivat nopeasti kasvavia.

Oregonin osavaltiossa sijaitsevassa tutkimuskeskuksessa tehdyssä kulotustutkimuksessa (Hardman ja McCune 2010) sammaleet reagoivat nopeasti peittäen puolet paljastuneesta maasta kahdessa vuodessa. Tutkimusalueelta poistettiin osa pystyssä olevista elävistä ja kuolleista sekä kaatuneista puista, minkä jälkeen osa alueista kulotettiin. Sammalet vähensivät tuuli- ja sade-eroosion vaikutuksia. Dominoivin pioneerilaji oli savikkohiirensammal (*Bryum caespiticium* (Hedw.)). Pioneerilajit ovat usein pieniä ja lyhytikäisiä. Niiden leviämistrategia perustuu itiöillä leviämiseen vegetatiivisen kasvun sijaan. Ajan myötä ruohot ja muut sammallajit valtaavat niiden elintilaa. Mineraalimaan paljastuminen esimerkiksi metsänhakkuissa ja metsäpaloissa edistää pioneerilajien ilmestymistä

alueelle. Pioneerisammalten kasvu luultavasti edistää korkeampien kasvien sukseksiota ja suojaa paljasta maata eroosiolta.

4 VIHHERKATOT

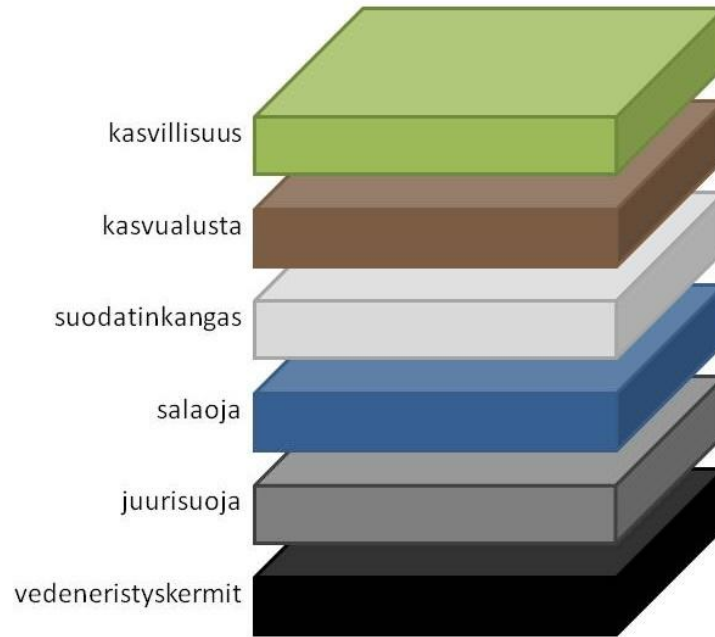
Viherkatto on yksinkertaisimmillaan katto, jolla kasvaa kasvillisuutta. Kasvillisuus voi peittää katon kokonaan tai osittain. Varta vasten rakennetulla viherkatolla on kasvien eloa helpottavia rakenteita, kuten sopiva kasvualusta ja tarvittaessa kastelujärjestelmä. Usein viherkatot jaetaan kasvialustan paksuuden mukaan intensiivisiin paksun kasvualustan ja ekstensiivisiin ohuen kasvialustan viherkatteihin.

Viherkaton sijaan on ehdotettu käsitettä kasvikatto (Piironen 2011), koska kaikki kasvit, joita katolla kasvaa eivät ole vihreitä. Esimerkiksi sammalten ja jäkälien sävyt vaihtelevat harmaista ruskeisiin ja punaisiin. Ekstensiivisiin ja intensiivisiin katteihin jaottelun sijaan voisi käyttää termejä, jotka kuvaavat kasvillisuuden painoa neliometriä kohden.

4.1 Rakenne

Viherkatteiden perusrakenne koostuu juuristeestä, joka asennetaan kattomateriaalin päälle, salaojakerroksesta, suodatinkankaasta, joka estää kasvialustaa valumasta salaojakerrokseen sekä kasvialustasta ja kasvillisuudesta (kuva 3). Suomessa monet yritykset kuten, Eg-Trading, Envire, Kekkilä ja ViaPipe, tarjoavat ratkaisuja viherkaton rakentamiseen.

Viherkaton rakentaminen edellyttää kattorakenteilta lujutta. Mitä enemmän kasvialustaa ja mitä korkeampia kasveja katolla halutaan kasvattaa, sitä vahvempia rakenteiden tulee olla. Myös kasvialustan ja kasvien sitoma vesi ja lumi tulee ottaa huomioon. Oregonissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että sammat voivat pidättää jopa 8-10 kertaa oman painonsa verran vettä (Anderson ym. 2010). Kasvialustan huokoisuus vaikuttaa veden sitoutumiseen ja siten viherkaton painoon.



Kuva 3. Kattorakenteiden päälle asennettavat viherkattorakenteet.

4.2 Kasvualusta

Viherkaton kasvualustan tulee olla kevyt, pidättää vettä hyvin sekä olla huokoinen jolloin vesi valuu kasvualustasta helposti pois. Kasvualustan tulee sitoa ravinteita ja ankkuroida kasvit alustaan. Sen tulee olla myös tarpeeksi painavaa, ettei se liiku veden virtauksen mukana.

Kasvualustan täytyy kestää eroosiota ja pakkasta sekä maatua hitaasti (Emilsson 2008). Epäorgaanisina kasvualustamateriaaleina käytetään kevytsoraa, saviliusketta tai savea. Muita epäorgaanisia osia voivat olla hiekka, hohkakivi, perliitti, vermikuliitti sekä kierrätetyt murskatut saviharkot tai tiilet. Ruotsissa kasvualustana käytetään pääasiassa maa-aineksia, joihin sekoitetaan laavakiveä tai ruukkusoran tapaisia rakeita (Emilsson 2008). Eräässä ruotsalaistutkimuksessa käytettiin seuraavanlaista kasvualustaa: 5 % savea, 5 % murskattua kalkkikiveä, 43 % murskattuja tiiliä, 37 % hiekkaa ja 10 % orgaanista materiaalia (Bengtsson ym. 2005).

Hyvä kasvualusta ei maadu ajan kuluessa, joten orgaanista materiaalia ei kannata käyttää paljoa. Maatuessaan kasvualusta painuu kasaan ja typpeä ja fosforia liukenee katolta valuvaan veteen. Kasvualustan lisääminen tai säännöllinen vaihtaminen katolle ei ole järkevää. Kasvualustassa käytettävän orgaanisen materiaalin ja siitä maatumisen seurauksena huuhtoutuvien ravinteiden välillä tulisi löytää tasapaino. Kasvit tarvitsevat

ravinteita ja tukea kasvuunsa, mutta ravinteita ei saisi huuhtoutua katoilta viemäriin (Rowe 2011). Kasvualustassa olisi hyvä käyttää paikallisia materiaaleja, jotta suurilta kuljetuskustannuksilta vältytään ja viherkaton hiilijalanjälki ja kustannukset pysyvät mahdollisimman pieninä (Emilsson 2008, Rowe 2011).

Viherkattojen kasvillisuus vaihtelee puista ja pensaista maksaruohoihin (*Sedum* spp.) ja sammaliin. Ensin mainitut vaativat hyvin paksun kasvualustan, jotta ne selviytyvät katolla. Sammalet eivät välttämättä vaadi ollenkaan kasvualustaa viihtyäkseen (Kuva 4.). Intensiivisillä katoilla on niin paksu kasvualusta, että siinä voidaan kasvattaa jopa puita ja pensaita. Intensiiviset viherkatot vaativat enemmän hoitoa ja huoltoa kuin ekstensiiviset katot ja ovatkin verrattavissa puutarhoihin (Rowe 2011).



Kuva 4. Sammalia kesämökin huopakatolla.

Kasvualustan paksuus saattaa olla kuitenkin melko hatara viherkattojen luokittelu-
peruste. Esimerkiksi Ruotsissa ekstensiivisiksi luokiteltujen viherkattojen kasvualustan
paksuus on noin 3-5 cm (Emilsson 2008). Muissa artikkeleissa mainitaan seuraavia
rajoja ekstensiivisen katon kasvualustan paksuudeksi: <10 cm (Getter ym. 2006), 3cm
(Bengtsson ym. 2005), <15cm (Rowe 2011). Kasvualustan paksuuden tulisi joka
tapauksessa vastata katolla kasvatettavien kasvien kasvuvaatimuksia.

Ekstensiivisten kattojen kasvillisuutta kuvaavat hyvin sanat laaja, matala ja kuivuutta sietävä. Kattojen mikroilmasto on ankara (Anderson ym. 2010), koska auringon säteily on voimakasta ja kasvualusta on usein kuiva, joten kasvillisuus rajoittuu hyvin kuivuutta sietäviin kasvilajeihin kuten yrtteihin, heiniin, sammaliin sekä mehikasveihin (Getter ym. 2006, Emilsson 2008). Ekstensiivisten viherkattojen kasvillisuus koostuu pääasiassa seuraavista kasvisuvuista: maksaruohot (*Sedum*), mehitähdet (*Sempervivum*), piikki-päivikit (*Delosperma*) ja tyräkit (*Euphorbia*) (Getter 2006, Emilsson 2008). Erityisesti valkomaksaruoho (*Sedum album* L.) ja keltamaksaruoho (*S. acre* L.) ovat erittäin kuivuutta sietäviä lajeja (Getter ym. 2006). Yleisesti ottaen lajit, jotka ovat sopeutuneet elämään vuoristoseuduilla, rannikoilla, kalkkikivialueilla tai puoliaavikoilla sopivat luultavasti ekstensiivisille viherkatoille (Getter ym. 2006).

Kuivuutta sietävät kasvilajit eivät tarvitse paksua kasvualustaa. Kasvialustan vähäinen määrä vähentää myös katon rakenteisiin kohdistuvaa painetta, joten ekstensiivinen katto voidaan asentaa jo olemassa oleviin rakennuksiin. Emilssonin (2008) tutkimuksessa ekstensiivisen viherkaton materiaalien paino vedellä kyllästettynä oli 50 kg/m².

Getterin (2006) mukaan riittävällä kastelulla ja kasvialustan paksuudella voidaan vaikuttaa eri kasvilajien menestymiseen viherkatolla. Ohut kasvialusta kuivuu paksua kasvialustaa nopeammin ja reagoi lämpötilan vaihteluihin herkemmin. Kasvialustan paksuus vaikuttaa myös kasvien selviytymiseen talvesta; mitä paksumpi kasvialusta, sitä paremmin kasvit selviävät talvesta.

4.3 Kasvillisuus

Paikalliset sääolot, katon mikroilmasto ja kasvialustan paksuus vaikuttavat siihen mitä kasveja katolle kannattaa istuttaa. Kasveja valitessa on otettava huomioon paikalliset keski- ja ääriämpötilat, tuulen suunta ja voimakkuus, sademäärät ja sateiden jakautuminen eri vuodenaikoina sekä auringonpaisteen määrä. Katon kaltevuus ja suunta pitää myös huomioida. Vieressä olevat talot voivat varjostaa ja tuuletuskanavat voivat kuivattaa osaa katosta. Kasveja valitessa on syytä ottaa huomioon myös minkä näköinen viherkatto on talvella, kun osa kasveista pudottaa lehtensä (Getter ym. 2006). Pitkän kuivan jakson aikana kuolleet kasvit voivat olla uhka paloturvallisuudelle (Getter ym. 2006). Katon esteettisyyteen vaikuttaa myös se, kuinka nopeasti kasvillisuus peittää koko katon pinta-alan (Emilsson 2008).

Kasvillisuuden kehittymiseen viherkaton perustamisen jälkeen vaikuttavat perustamistekniikka, kasvualustan tyyppi ja katolla kasvatettavat kasvilajit (Emilsson ym. 2004). Kasvien tulisi olla helposti lisättäviä, katon perustamiseen ei pitäisi kulua kovin pitkää aikaa ja kasvien pitäisi peittää kattoala mahdollisimman nopeasti. Nopeasti kasvavat kasvit vähentävät eroosiosta tulevia haittoja ja ehkäisevät rikkakasvien kasvua. Eri kasvilajeja yhdistelemällä saadaan optimoitua viherkaton hyödyt. Viherkattojen hyödyt saattavat olla suuremmat, jos pyritään monokulttuurin sijaan kohti korkeaa biodiversiteettiä.

Kasvit voidaan kylvää tai istuttaa pottitaimina tai pistokkaina suoraan katolle. Myös valmiita kasvimattoja voidaan käyttää (Emilsson ym. 2004). Kasvillisuus voidaan myös kasvattaa matoiksi tai liikuteltavien laatikoiden sisään minkä jälkeen ne voidaan siirtää katolle. Ensinmainituilla tekniikoilla säästytään valmiiksi kasvatetun kasvillisuuden siirtelyltä, mutta täyden viherpeittävyuden saavuttaminen kestää jonkin aikaa. Kasvualusta voidaan myös jättää paljaaksi ja odottaa, että kasvillisuus leviää katolle spontaanisti. Tällöin kasvualusta on aluksi alttiina eroosiolle eikä näytä kovinkaan esteettiseltä. Helpoin ja edullisin tapa on käyttää pistokkaita. Tosin peittävän kasvillisuuden kehittämiseen menee tällöin hieman enemmän aikaa kuin taimia ja mattoja käytettäessä.

Ruotsalaisessa tutkimuksessa (Emilsson 2008) huomattiin, että muutaman vuoden päästä viherkaton perustamisesta katon mehikasvien biomassassa on melko sama riippumatta siitä perustettiin katto käyttämällä kasvimattoja, kylvämällä kasvit katolla vai käyttämällä pottitaimia. Perustamistekniikan valinta riippuu siitä, kuinka nopeasti katto halutaan saada kasvien peittoon sekä siitä, kuinka paljon viherkattoon halutaan sijoittaa rahaa.

Viherkaton hoidon tarpeeseen vaikutetaan erityisesti asianmukaisella suunnittelulla ja toteutuksella. Hoidon tarve on kriittisintä perustamisen jälkeisenä vuotena. Ensimmäisen vuoden aikana kasvien leviäminen ja vakiintuminen on turvattava (Snodgrass ja McIntyre 2010). Viherkaton hoitajan tulee myös tietää mitä tekee, koska viherkatto eroaa ominaisuuksiltaan ja vaatimuksiltaan muista viheralueista. Hoidon tulisi olla mieluummin ehkäisevää kuin korjaavaa ja siitä tulisi tehdä osa suunnitteluprosessia. Hyvällä hoidolla taataan viherkaton tuomat edut tulevaisuudessa (Snodgrass ja McIntyre 2010).

Vähäinen lannoitus voi parantaa kasvien selviytymistä kuivissa oloissa (Getter ym. 2006). Tämä johtuu siitä, että hyvin lannoitetuilla kasveilla on suurempi biomassa jota ylläpitää kuivuuden yllättäessä. Niukalla lannoituksella voidaan myös vähentää kasveja, jotka kasvavat voimakkaasti ja vievät tilaa muilta kasveilta. Varsinkin ekstensiiviselle viherkatolle kannattaa siis lisätä vain sen verran (hitaasti liukenevaa) lannoitetta, että kasvit pysyvät terveinä ja näyttävänä. Tällöin vähennetään myös typen ja fosforin huuhtoutumista (Getter ym. 2006). Ruotsalaisessa tutkimuksessa sammalen määrä näytti lisääntyvän, jos viherkattoa ei lannoitettu ollenkaan, koska muiden kasvien kilpailukyky tällöin heikkeni (Emilsson 2008). Torjunta-aineiden käyttöä ei suositella, koska viherkaton rakenteet voivat hajota nopeammin niiden vaikutuksesta (Getter ym. 2006).

4.4 Viherkattojen hyödyt ja haitat

Suurimmassa osassa tutkimuksista ollaan samaa mieltä viherkattojen hyödyistä (Anderson ym. 2010, Emilsson 2008). Tärkeimpinä hyötyinä pidetään kattojen hulevesien puskurointia sateen aikana, lämpösaarekeilmiön pienentämistä, kaupunkiympäristön vihreyden terapeuttisia vaikutuksia, viherkattojen positiivista vaikutusta ilmanlaatuun sekä niiden tarjoamia elinympäristöjä. Rowe (2011) listaa artikkelissaan myös seuraavia viherkattojen etuja: energian säästö, kattorakenteiden eliniän pidentäminen, hiilen sitominen sekä rakennuksiin sijoitetun pääoman tuoton lisääminen. Artikkeleissa ei juurikaan puhuta viherkattojen haitoista, mutta selviä haittoja ovat ainakin perustamis- ja hoitokulut.

4.4.1 Vedenpidätys ja haihdunta

Metsissä 95 % sadevedestä imeytyy maahan (Getter ym. 2006). Kaupunkiympäristössä suuri osa pinnoista on vettä läpäisemätöntä ja vain 25 % sadevedestä imeytyy maahan (Getter ym. 2006). Rankkasateen sattuessa tämä voi johtaa veden tulvimiseen kaduille sekä viemäreiden ylivuotoon. Jos kaupungissa on käytössä sekaviemärointi, rankkasateet ovat uhka myös ympäristölle, koska viemäreiden täytyessä vesi päästetään virtaamaan puhdistamattomana vesistöön.

Viherkatto vähentää viemäriverkoston kuormitusta sateen aikana ja sen jälkeen, koska vesi imeytyy katolla olevaan kasvillisuuteen ja kasvualustaan. Osa vedestä haihtuu eikä koskaan päädy viemäriverkoston. Lyhytkestoisten intensiivisten sateiden kuten ukkoskuurojen aikana viherkattojen hyödyt ovat ilmeiset. Tällöin viherkatot vähentävät

viemäreihin kohdistuvaa rasiusta tehokkaasti. Ukkoskuuron tyyppisten sateiden välillä erityisesti lämpiminä kesäpäivinä katot ehtivät kuivua hyvin ja niiden puskurointikapasiteetti kasvaa (Bengtsson ym. 2005).

On myös viitteitä siitä, että pelkkä kasvualusta riittäisi puskuroimaan vettä eikä kasvillisuutta varsinaisesti tarvita (Getter ym. 2006). Tällöin kuitenkin menetetään viherkattojen muut hyödyt ja pelkkä kasvualusta altistuu eroosiolle. Sammalet ovat mahdollisesti ohuin mahdollinen ekstensiivisen katon kasvivaihtoehto. Jo sammalten protoneemojen on todettu sitovan kasvualustan partikkeleita ja aikuiset sammalet vähentävät tuulen ja sateen aiheuttamaa eroosiota ja vakauttavat juurtumahapsillaan kasvualustaa (Hardman ja McCune 2010).

Kaupunkiympäristön pintojen ongelma on myös lämpeneminen. Kasvillisuudesta haihtuva vesi viilentää kasveja ja ilmaa. Lämpösaarekeilmäksi kutsutaan sitä, kun rakennukset lämpenevät auringossa päivällä ja säteilevät lämmön ympäröivään kaupunki-ilmaan iltaisin. Ilmiön johdosta kaupunki-ilma on ympäröiviä alueita lämpimämpää ja kuivempaa. Täytyy kuitenkin huomata, että kuivuudesta kärsivien kasvien haihdunta on vähäistä, jolloin viilentävää vaikutustakaan ei saada (Getter ym. 2006).

4.4.2 Luonnonsuojelu

Kasvit sitovat hiiltä tuottaen siitä sokereita aineenvaihdunnassaan. Viherkatto toimii ainakin aluksi hiilinieluna, vaikka jossain vaiheessa sen elinkaarta kasvien kasvu ja hajoaminen asettuvat tasapainoon. Viherkattojen avulla voidaan siis vähentää hieman hiilidioksidin määrää ilmakehässä. Hiilen sitomisen tehokkuutta voidaan lisätä ja viherkaton rakentamiseen sitoutunutta hiiltä voidaan vähentää valitsemalla kasvilajit, kasvualustat ja hoitotavat tarkasti. Esimerkiksi kevytsora, jonka valmistuksessa joudutaan käyttämään korkeita lämpötiloja, voidaan korvata hohkakivellä vulkaanisilla alueilla. Erityisesti viherkaton lannoituksella ja kastelulla on vaikutuksia hiilen kulutukseen viherkaton elinkaaren aikana (Rowe 2011).

Viherkatot voivat tarjota erilaisia elinympäristöjä urbaanissa ympäristössä eläville eliöille. Monet viherkatot tarjoavat rauhallisen elinympäristön, koska ne ovat suljettuja yleisöltä. Viherkatot houkuttelevat lintuja, perhosia ja muita hyönteisiä (Bengtsson ym. 2005). Viherkatoilta on löydetty jopa harvinaisia ja uhanalaisia kasvilajeja (Getter ym.

2006). Viherkattojen avulla alueelta häviämässä olevia alkuperäislajeja voitaisiin palauttaa alueelle. Kotoperäisten lajien käytöllä pystyttäisiin mahdollisesti saavuttamaan laajempi biodiversiteetti kuin pelkällä maksaruohokasvustolla (Getter ym. 2006). Varsinkin ekstensiivisten viherkattojen ankarat kasvuolot kuitenkin rajoittavat kasvilajistoa niihin, jotka siellä todella selviävät (Emilsson 2008). On kuitenkin muistettava, että vaikka mikä tahansa kasvillisuus katolla on parempi kuin paljas katto, mikään viherkattoratkaisu ei voi korvata eliölajin luonnollista elinympäristöä (Snodgrass ja McIntyre 2010).

4.4.3 Kaupunkiympäristö

Ilmansaasteet lisäävät riskiä sairastua astmaan sekä sydän- ja verisuonitauteihin. Kasvillisuus suodattaa ja sitoo saastehiukkasia ja -kaasuja ilmasta parantaen näin kaupungin ilmanlaatua. Puhtaampi ilma vähentää monia hengitysteiden ongelmia ja tuositon säästöjä terveydenhuollon piirissä (Getter ym. 2006). Kasvillisuus kerää saasteita sakkana lehtiensä pinnalle (Yang ym. 2008). Kasvit pystyvät hajottamaan solukoissaan esimerkiksi polyaromaattisia hiilivetyjä (Rowe 2011). Myös kasvillisuuden tuottama varjo vähentää fotokemiallisia reaktioita, jotka johtavat muun muassa otsonin muodostumiseen (Rowe 2011, Yang ym. 2008). Kasvillisuuden eristävällä ja varjostavalla vaikutuksella saadaan myös epäsuoria tuloksia saasteiden vähentämiseen (Yang ym. 2008).

Melu voi vaikuttaa ihmiseen monin tavoin. Yleisiä melusta aiheutuvia ongelmia ovat kuulon huonontuminen, verenpaineen nousu, sepelvaltimotauti, unen häiriöt ja huonontunut koulumenestys (Rowe 2011). Kaupunkien kovat pinnat heijastavat ääniä enemmän kuin epätasaiset. Kaupungeissa viherkattoja voidaan käyttää myös melunvaimennukseen. Frankfurtin lentokentällä 10 cm:n paksuisella viherkatolla on vähennetty melua 5 dB. Eniten melu vaimenee 500-1000 Hz:n alueella. Suurin vaimennus, joka viherkatolla saadaan verrattuna tavalliseen kattoon, on 10 dB (Rowe 2011). Viherkatot ovat siis erityisen hyödyllisiä lentokenttien läheisyydessä, teollisuusalueilla ja kaupungeissa (Rowe 2011).

Kaupunkiarkkitehdit kutsuvat viherkattoja ekokatoiksi. Arkkitehdeille viherkattojen pääasiallinen tarkoitus on esteettisyys tai esteettisyyden lisääminen kaupunkiympäristöön (Bengtsson ym. 2005). Vehreällä ympäristöllä on hyödyllisiä terveysvaikutuksia ihmisiin kuten stressin väheneminen, verenpaineen lasku, lihasjännityksen laukeaminen

sekä positiivisten tunteiden lisääntyminen. Leikkauspotilaiden on myös todettu paranevan nopeammin, jos heidän ikkunastaan näkyy luonnon vehreyttä. Viherkatoista on hyötyä myös viheralalle. Viherkattojen tuotanto tuo eniten hyötyä maanpeittokasveja, perennoja ja heiniä kasvattaville yrityksille (Getter ym. 2006).

4.4.4 Eristys ja kattorakenteet

Viherkatoilla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä myös niiden tarjoaman eristyksen avulla (Rowe 2011). Viherkatot eristävät rakennuksia auringon lämpöenergialta, jolloin ilmastoinnin vähentämisestä syntyy säästöjä rakennusten sisällä (Getter ym. 2006). Viherkattojen eristysteho on suurimmillaan, kun katto on kuiva ja kasvualustan rakenteessa on ilmaa (Getter ym. 2006).

Viherkattojen käyttö vähentää lämpölaajenemisen vaikutuksia kattorakenteisiin. Tavallisten kattorakenteiden yö- ja päivälämpötilojen vaihtelut voivat olla jopa 50°C kun viherkattojen vastaava vaihtelu oli 3°C (Getter ym. 2006). Tavallisen katon lämpötila voi nousta jopa 70°C:seen, kun viherkaton lämpötila oli 25°C (Rowe 2011). Kasvillisuus suojaa kattorakenteita auringonvalolta, jolloin UV-säteilyn vaikutus rakenteisiin vähenee. Viherkattojen suojaavat vaikutukset pidentävät kattojen käyttöikää jopa kaksin- tai kolminkertaiseksi (Getter ym. 2006), koska jatkuvat suuret lämpötilan vaihtelut rasittavat kattoa ja saattavat lopulta johtaa kattorakenteen hajoamiseen. Kun kattoa joudutaan korjaamaan, vanhat kattomateriaalit viedään luultavasti kaatopaikalle missä ne vievät tilaa ja niistä saattaa valua ympäristölle haitallisia aineita (Rowe 2011). Katolla kasvavien kasvien peittävyydellä on tosin vaikutusta kasvillisuuden suojaus-tehoon (Getter ym. 2006).

5 SAMMALET VIHHERKATOLLA

Varsinaisista sammalkatoista on varsin vähän tutkimustietoa, mutta on selvää, että sammalilla on rakenteensa ansiosta potentiaalia viherkaton kasvimateriaaliksi. Emilsson tutkimusryhmineen on tehnyt Malmössä viherkattotutkimusta sammalilla. Vuonna 2004 julkaistussa tutkimuksessa (Emilsson ym. 2004) käytetyistä kasvilajiyhdistelmistä seuraavat kaksi edesauttoivat sammalen kasvua:

- 70 % istutetuista lajeista keltamaksaruohoa (*Sedum acre*)
- 10 % valkomaksaruohoa (*Sedum album*) ja kaukasianmaksaruohoa (*Sedum spurium*)
- 5 % turkestaninmaksaruohoa (*Sedum ewersii*) ja mongolianmaksaruohoa (*Sedum hybridum*)

sekä

- 30 % kasveista keltamaksaruohoa ja valkomaksaruohoa
- 5 % kalliomaksaruohoa (*Sedum rupestre*) ja kamtsatkanmaksaruohoa (*Sedum kamtschaticum*)
- 10 % särmämaksaruohoa (*Sedum sexangulare*), kultamaksaruohoa (*Sedum floriferum*) ja kaukasanmaksaruohoa

Myös taimien käyttö perustettaessa viherkattoa edesauttoi sammalen kasvua. Kaupallinen kasvilajiyhdistelmä ("Standard mix": 40 % keltamaksaruoho ja valkomaksaruoho, 5 % särmämaksaruoho ja turkestaninmaksaruoho, 10 % kaukasianmaksaruoho), pottitaimien käyttö ja katon reunan läheisyys vaikutti negatiivisesti sammalen kasvuun verrattuna keskemällä kattoa kasvaviin sammaliin. Tutkimusryhmä oletti, että kaupallisen kasvualustan korkeampi ravinnepitoisuus verrattuna muihin kasvualustoihin vaikutti positiivisesti putkilokasvien kasvuun, jotka syrjäyttivät sammalen.

Vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa Emilsson (2008) seurasi kasvillisuuden kehittymistä lannoittamattomalle ekstensiiviselle viherkatolle. Kasvillisuuden kehittymistä seurattiin suhteessa perustamistapaan, lajikoostumukseen ja kasvualustan koostumukseen. 3,5 vuotta vanhalla viherkatolla sammat peittivät jopa 80 % katon alasta tutkijoiden tekemällä kasvualustalla A. Kasvualusta A koostui savesta (5 %), murskasta kalkkikivistä (5 %) ja tiilestä (50 %) sekä hiekasta (37 %) ja siinä oli alhainen orgaanisen aineksen määrä (3 %). Tutkimuksessa selvisi muun muassa, että taimien käyttö kattoa perustettaessa hyödytti sammalen kasvua ja että kasvilajikoostumuksella ei ollut merkittävää vaikutusta sammalen kasvuun. Heikoimmin sammal menestyi kaupallisella kasvualustalla, kun käytettiin pottitaimia tai kasvimattoja. Kaupallinen kasvualusta koostuu mullasta, laavakivistä, orgaanisesta materiaalista ja muista komponenteista. Tarkka kokoonpano ei ole tiedossa, koska kasvualusta on patentoitu. Sammalen kasvu suotuisan kasvualusta A:n pH oli 6,8 3,5 vuotta vanhalla

viherkatolla, kun kaupallisen kasvualustan pH oli 7,1. Sammalen haittapuolena viherkatolla on se, että linnut käyvät nyppimässä sammalta ruokaa etsiessään ja irtonaiset sammalpalat saattavat tukkia katon rännit. Puiden on myös huomattu kasvavan joissain tapauksissa helpommin katoille, joilla kasvaa sammalta. Puiden kasvuun sammalkatolle vaikuttaa myös sammalkerroksen paksuus ja se kuinka kosteana sammal pysyy sateiden välillä. Dominoivin sammallaji tutkimuksessa oli kulosammal.

Anderson tutkimusryhmineen (2010) selvitti tutkimuksessaan kolmen eri sammallajin käyttömahdollisuuksia sadeveden hallinnassa viherkatolla putkilokasvien sijaan. Tutkimuksessa verrattiin myös sitä, miten sammalet selvisivät viherkatolla eri perustamismenetelmillä. Tutkimukseen valittiin kolme paikallisilla viherkatoilla yleisintä sammallajia: etelänpörrösammal (*Dicranoweisia cirrata* (Hedw.)), hietikkotierasammal (*Racomitrum canescens* (Hedw.)) ja *Antitrichia californica*. Näistä vain *A. californica* on pleurokarppinen ja toiset kaksi lajia ovat akrokarppisia. Lajeista hietikkotierasammal luokiteltiin erityisen hyvin kuivuutta kestäväksi.

Tutkimuksessa selvisi, että hietikkotierasammalella oli paras keskimääräinen vedenpidätyskyky. Hietikkotierasammal ja *A. californica* pidättivät eniten vettä suhteessa niiden kuivapainoon. Varsinaisilla viherkatoilla sammalet pidättivät selkeästi enemmän sadevettä kuin putkilokasveista koostuvat viherkatot tai katot, joilla oli pelkkää kasvualustaa. Tutkimuksessa käytetyt sammalet pystyvät pidättämään 8-10 -kertaisesti oman painonsa verran vettä. Sammalpeitteellä oli myös vaikutusta katon lämpötilan vaihteluihin. Katto, joka oli päällystetty hietikkotierasammalella, viileni huomattavasti nopeammin (6,0 °C tunnissa) kuin paljas kasvualusta (1,1 °C tunnissa). Etelänpörrösammal ja hietikkotierasammal pidättivät vettä paremmin kuin *A. californica*.

Tutkimuksessa (Anderson ym. 2010) todettiin, että sammalten rakenne voi olla hyödyksi katolla sateen aikana ja sen jälkeen, koska sammalet imevät itseensä nopeasti vettä, kun sitä on saatavilla ja haihduttavat sen myös nopeammin. Putkilokasvit estävät haihduntaa ilmarakojensa avulla. Tutkimuksessa selvisi myös, että ohut sammalkerros voi pidättää itseensä vastaavan määrän vettä kuin huomattavasti paksumpi kasvualusta. Tämä johtaa siihen, että pelkästään sammalista koostuva kasvimatto vähäisellä kasvualustalla voi tarjota saman suorituskyvyn hulevesien hallinnassa kuin tavallisesti käytetyt viherkattoratkaisut. Sammal voisi olla ratkaisu niille katoille, joiden luokse on vaikea kuljettaa suuria määriä kasvualustaa, jotka ovat liian kaltevia tai jotka eivät kestä

kasvualustan ja kasvillisuuden tuomaa lisäpainoa. Eri nopeudella vettä pidättävien sammalten yhdistäminen voi lisätä vedenpidätystä erityyppisten (voimakkuus ja kesto) sateiden sattuessa. Andersonin ym. (2010) sammalkatot pidättivät vettä muita viherkattoja paremmin, kun sateet olivat tasaisia ja vähäisiä. Tosin tutkimuksessa todettiin, että monet putkilokasveista olivat lepotilassa tutkimuksen aikana. Siksi sammalten ja putkilokasvien kasvattaminen samalla katolla voisi tasoittaa vedenpidätystä ja haihduttaa vuoden ympäri ainakin Oregonin leveysasteilla (Anderson ym. 2010).

Sammalten kasvunopeudesta on vähän tietoa saatavilla. On kuitenkin tärkeää, että katto peittyisi kasvillisuuteen mahdollisimman nopeasti. Bradburyn metsänhoitoa käsittelevässä tutkimuksessa (2006) listattiin metsäpalon jälkeisiä pioneerisammallajeja. Runsaimpina palon jälkeisessä sukkessiossa olivat kulosammal, nuotiosammal (*Funaria hygrometrica* (Hedw.)), päärynäsammal (*Leptobryum pyriforme* (Hedw.)), keuhkosammal (*Marcanthia polymorpha* L.), suonihuopasammal (*Aulacomnium palustre* (Hedw.)), nuokkuvarstasammal sekä kangaskarhunsammal. Sammalet saattavat levitä palonjälkeisessä maassa vegetatiivisen kasvun ja itiöiden sijaan myös muilla leviämillä, kuten itujuvasilla, -levyillä ja -versoilla. Nämä leviäimet säilyvät maassa leviäinpankissa, mistä ne voivat nopeasti levitä paloaukeille (Bradbury 2006).

Usein sammalta kasvaa viherkatolle spontaanisti (Emilsson ym. 2004, Taina Suonio, Envire, sähköpostiviesti kirjoittajalle 27.10.2011, Nina Wennäkoski, Eg-Trading, sähköpostiviesti kirjoittajalle 17.10.2011). Viherrakennusyritys Eg-Tradingin viherkatuille myös istutetaan joitakin sammalia (Wennäkoski, sähköpostiviesti 17.10.2011).

Sammalten aiheuttamia haittoja bitumikatteille on käsitelty Juha-Matti Vähätalon pro gradu –tutkielmassa (Vähätalo 2011). Tutkielmassa sammalten haitaksi bitumikatteille todettiin sammalten kyky pidättää vettä katoille. Jos katon rakenteessa ei ole huomioitu veden pidättymistä, siitä voi seurata ongelmia.

Tani ym. (2011) ovat selvittäneet, voidaanko bakteerien avulla lisätä sammalten kasvunopeutta vesiviljelyssä viljelmissä. Tietyt bakteerit tuottivat aukiinia ja muita vielä tuntemattomia aineita, jotka vaikuttivat positiivisesti hietikkotierasammalten protoneemojen kasvuun. Bakteereilla voi siis olla tulevaisuudessa sijaa sammalkattojen lannoituksessa.

6 SUOMALAISILLE SAMMALKATOILLE SOPIVAT LAJIT

Suoranaista tietoa sammallajeista, jotka saattaisivat menestyä katolla Suomen oloissa, ei siis ole kovinkaan paljoa. Tämän takia olen haastatellut yrityksiä ja sammalasantuntijoita. Viherkattoratkaisuja tarjoavista yrityksistä kysyin, mitä lajeja heidän tarjoamillaan viherkatoillaan jo on ja mitä sinne leviää spontaanisti. Eg-Tradingin (Nina Wennäkoski, Eg-Trading, sähköpostiviesti kirjoittajalle 17.10.2011) ja Enviren (Taina Suonio, Envire, sähköpostiviesti kirjoittajalle 27.10.2011) viherkatoilla esiintyy ja niille leviää seuraavia lajeja:

- hopeahiirensammal (*Bryum argenteum* (Hedw.))
- kulosammal (*Ceratodon purpureus*)
- nuokkuvarstasammal (*Pohlia nutans*)
- karhunsammal (*Polytrichum* sp.)
- kalliotierasammal (*Racomitrium lanuginosum* (Hedw.))
- metsäliekosammal (*Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.))
- ketopartasammal (*Syntrichia ruralis* (Hedw.)).

Kasvi- ja sammalasantuntijoilta (Ilpo Kuokka, Helsingin yliopisto, sähköpostiviesti kirjoittajalle 26.4.2012, Johannes Enroth, Helsingin yliopisto, sähköpostiviesti kirjoittajalle 3.5.2012, Heino Vänskä, Helsingin yliopisto, sähköpostiviesti kirjoittajalle 22.5.2012) kysyin muun muassa sammalten sopivuudesta viherkatoille, ovatko kaikki sopivat sammalet lehtisammalia, sammalten vedenpidätyskyvystä ja kasvunopeudesta, sopivasta sammalten levitystekniikasta viherkatolle sekä siitä, kuinka paljon sammalet tarvitsevat kasvualustaa. Osa tavoittelemistani sammalasantuntijoista ei vastannut sähköpostiini ollenkaan, joten lisää tietoa on varmasti saatavilla. Tavoittamani asiantuntijat ehdottivat viherkatolle seuraavia lajeja:

- ketohavusammal (*Abietinella abietina* (Hedw.))
- ahosuikerosammal (*Brachythecium albicans* (Hedw.))
- kivikynsisammal (*Dicranum scoparium* (Hedw.))
- nuotiosammal (*Funaria hygrometrica*)
- kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum*)

- karvakarhunsammal (*Polytrichum piliferum* (Hedw.))
- hietikkotierasammal (*Racomitrium canescens*)
- rauniopaasisammal (*Schistidium apocarpum* (Hedw.))

Kattavinta tietoa löytyi Helsingin yliopiston Viides ulottuvuus -tutkimushankkeen vielä julkaisemattomista materiaaleista, joita sain käyttööni (Gabrych ym. 2012). Hankkeessa on kartoitettu pääkaupunkiseudun eri-ikäisiä ja -kokoisia viherkattoja. Aineistossa eritellään kattojen ominaisuuksia pinta-alan, kaltevuuden, kasvualustan paksuuden sekä keskimääräisen kasvillisuuden peittävyuden perusteella. Myös alla olevan rakennuksen lämmitys tai lämmittämättömyys sekä maksaruohokasvillisuuden runsaus on kerrottu.

Poimin aineistosta pelkät sammallajit, joita oli yhteensä 26 kpl. Näistä 8 oli selkeästi kuivan kasvupaikan lajeja. Osa lopuista 20:stä lajista saattaa menestyä jopa etelään suuntautuvilla puiden tyvillä ja osa vaatii ehdottomasti märän kasvupaikan. Kaikki lajit esiintyvät Suomessa runsaina. Jotkin lajit esiintyvät huomattavasti useammilla katoilla kuin toiset. Saamistani lajeista karsin ensin Ulvisen ym. (2002) mukaan selvästi kosteaa kasvupaikkaa vaativat sammallajit. Kasvualustan paksuus on eräs tärkeä tekijä siinä, että sammalkatto pysyy pelkästään sammalkattona. Paksumpi kasvualusta mahdollistaa isompien putkilokasvien kasvun katoille ja ne voivat luoda sammalille kosteammat olosuhteet aivan katon rajaan, joten tarkastelin runsaimpina esiintyviä lajeja ottaen myös huomioon kasvualustan paksuuden. Kartoitettuja kattoja oli yhteensä 51, joista 37:llä katolla oli sammalia.

Edellä luetellut viherkattoyritysten ja asiantuntijoiden ehdottamat sammallajit menestyivät Viides Ulottuvuus –tutkimushankkeen (Gabrych ym. 2012) kartoittamilla viherkatoilla seuraavasti:

- ahosuikerosammal (12:sta katolla)
- hopeahiirensammal (14:sta katolla)
- kulosammal (24:llä katolla)
- kangaskarhunsammal (9:llä katolla)

Asiantuntijoiden mainitsemista sammallajeista nuokkuvarstasammal sekä ketopartasammal esiintyivät kumpikin vain yhdellä katolla. Kiiltosuikerosammal (*Brachythecium salebrosum* (Hoffm.)) (12:sta katolla) ja nuotiosammal (2:lla katolla) ovat kosteahkon ympäristön sammalia (Ulvinen ym. 2002), mutta ne esiintyvät

tutkimushankkeen katoilla ja monessa tutkimuksessa runsaina (Bradbury 2006, Hardman ja McCune 2010), joten niiden käyttöä voidaan harkita, vaikka viherkaton olot vaativatkin sammalilta kuivuuden sietokykyä. Kiviharmosammal (*Hedwigia ciliata* (Hedw.)) (3:lla katolla) on yksi yleisimpiä kallioiden sammalia ja voisi olla hyvä ehdokas sammalkattolajistoon.

Koekatoilla ei esiintynyt lainkaan seuraavia asiantuntijoiden suosittelomia sammalia: ketohavusammal, kivikynsisammal, karvakarhunsammal, hietikkotierasammal, kalliotierasammal, metsäliekosammal sekä rauniopaasisammal, mutta ne ovat elinpaikka-kuvausten perusteella (Ulvinen 2002) sopivia sammalkatoille.

Viides ulottuvuus -hankkeen tutkijoiden mukaan joitakin sammallajeja oli vaikea erottaa toisistaan luonnossa ja kuivatuista näytteistä lajinmäärittystä oli vielä vaikeampi tehdä (Malgorzata Gabrych, haastattelu 5.6.2012). Tästä johtuen muun muassa kiiltosuikerosammalen ja ahosuikerosammalen lajinmäärittäykset ovat hieman epävarmoja ja niiden esiintymisestä kartoitetuilla katoilla ei voida olla täysin varmoja. Näissä tapauksissa sammalsuku on kuitenkin varma.

Näiden keskustelujen sekä kirjallisuuden perusteella seuraavat sammalet saattaisivat olla sopivia lajeja suomalaisille sammalkatoille:

- ketohavusammal
- ahosuikerosammal
- kiiltosuikerosammal
- hopeahiirensammal
- muut hiirensammalet
- kulosammal
- kivikynsisammal
- nuotiosammal
- kiviharmosammal.
- nuokkuvarstasammal
- kangaskarhunsammal
- karvakarhunsammal
- hietikkotierasammal
- kalliotierasammal
- metsäliekosammal
- rauniopaasisammal
- ketopartasammal

Kaikki yllä mainitut sammalet ovat lehtisammalia. Suomen sammalet -kirjan (Ulvinen, 2002) mukaan ne kasvavat muun muassa kallioilla, hiekkadyyneillä, kuivissa kangasmetsissä, teiden pientareilla, paljaalla maalla, palopaikoilla ja betonirakenteilla. Osa niistä on myös pioneirilajeja ja kulttuurinsuosijoita.

7 PÄÄTELMÄT

Sammalet siis vaikuttavat olevan varteen otettava vaihtoehto viherkaton kasvillisuudeksi. Ongelmia voi tulla siitä, jos linnut käyvät nyppimässä sammalta irti kasvualustasta tukkien katon rännit (Emilsson ym. 2004) ja haitaten sammalen kasvua katon peitoksi. Hidas kasvunopeus on sammalen heikkous putkilokasveihin verrattuna. Sammalten vedenpidätyskyky ei ole hyvä jatkuvien sateiden aikana kyllästymisen takia, mutta kuurosateiden aikana sammalten ominaisuudet saadaan parhaiten hyödynnettyä. Sammalen hyötyjä ovat keveys ja kuivuudensietokyky sekä vähäinen hoidon tarve, kunhan kasvillisuus pidetään matalana. Paras tapa istuttaa sammalia katolle sekä käytettävien kasvualustojen koostumus kaipaa lisää tutkimusta. Eri lajien ominaisuuksia muun muassa vedenpidätyskyvyssä ja haihdutuksen nopeudessa sekä kasvunopeudessa olisi tutkittava, jotta kullekin katolle saataisiin optimaalisin lajikoostumus. Lajikoostumukseen vaikuttaa myös alueen paikallisilmasto eli esimerkiksi se, ovatko alueen sateet yleensä kuuroluontoisia vai pitkään jatkuvia.

Olot ekstensiivisellä viherkatolla muistuttavat paahteista kalliota tai karua kangasmetsää. Ohut kasvualusta saattaa kuivua usein, joten kasvilta vaaditaan erityistä sitkeyttä, jotta se selviytyisi katolla. Sammalten rakenne mahdollistaa ajoittaisen kuivumisen. Rakenteensa takia ne voivat kasvaa melko karuissa ympäristöissä, kuten paahteisilla kallioilla ja kivillä. Kuten muunkin viherkattokasvillisuuden, katolla kasvatettavien sammalien tulisi olla helposti lisättäviä ja muodostaa yhtenäinen kasvusto mahdollisimman nopeasti. Katolle valittavien lajien tulisi kestää äärimmäisiä lämpötila- ja kosteusoloja kasvualustan ohuuden vuoksi. Kasvualusta ei voisi olla kovin paksu, koska muuten katolle saattavat saada jalansijaa myös kasvit joita sinne ei haluta. Nopeasti umpeen kasvava kasvusto vähentää muiden kasvien kasvumahdollisuuksia.

Monilajinen sammalkatto saattaa olla esteettisempi kuin yksilajinen eriväristen ja -sävyisten sammalten muodostaessa alueita katolle. Suomessa on myös helposti saatavilla useita sammallajeja. Monilajisuudesta saattaisi olla hyötyä mahdollisten tautien iskiessä sammalkasvustoon ja muutenkin, jos joku laji ei menesty toinen laji täyttää sen paikan. Sammallajin hyvä vedenpidätyskyky sateen aikana hyödyttää katon rakentajaa vähentämällä hulevesiä ja auttaa sammalta selviytymään kuivuudesta.

Sammal on keveimpiä mahdollisia kasveja, joita katolle voidaan istuttaa. Siksi olisi myös järkevää, että kasvualusta ja muut katolle asennettavat rakenteet ovat mahdollisimman keveitä, mutta antavat kuitenkin tarpeeksi tukea kasvustolle. Keveyden takia sammal on hyvä valinta katoille, joiden rakenteiden vahvistamiseen ei haluta käyttää paljoa rahaa.

Sammal on hyvä valinta katoille, joiden rakenteita ei haluta tai pystytä vahvistamaan tarpeeksi raskaampaa viherkattoa varten. Sammalilla saadaan katolle kevein mahdollinen vihreä peitto. Sammalkatto tarjoaa ohuudestaan riippumatta hyvän hulevesien hallintakeinon sekä eristystä rakenteille. Sammalilla katto saadaan peitettyä helposti kasvillisuuteen. Sammalkaton vaikutuksia alueen biodiversiteettiin on kuitenkin tutkittava lisää. Voiko viherkatto, jolla kasvaa vain sammalta, olla kasvillisuudeltaan liian suppea, jotta sillä menestyisivät muutkin eläimet kuin hyönteiset? Oletan, että mikä tahansa viherkatto vaikuttaa positiivisesti kaupunkien ilmanlaatuun, joten sammalet ovat siinäkin suhteessa varteenotettava vaihtoehto. Ilmansaasteiden vaikutuksista yllä oleviin sammaliin pitää vielä kerätä tietoa. Lintujen aiheuttamien vahinkojen minimoiminen on tärkeää sammalkatolla.

Aihe vaatii lisää tutkimusta, koska varsinaisia tutkimuksia pelkistä sammalista on melko vähän. Sammalkaton rakentajan kannattaa olla ehdottomasti yhteydessä sammalasian-tuntijoihin, kun hän rupeaa valitsemaan katolla kasvatettavia sammallajeja. Olisi mielenkiintoista selvittää, miten eri sammallajit kasvavat ja selviävät katolla ja onko niiden kasvunopeudessa, vedenpidätyskyvyssä ja kuivuuden sietokyvyssä suuria eroja. Myös istutusmetodeja pitäisi tutkia esimerkiksi miten silppuna ja pistokkaina istuttaminen vaikuttaa eri sammallajien kasvuun. Entä auttaisiko sammalen leviämistä se, että katolla kasvattaisi ensin muuta kasvillisuutta sitomassa kosteutta ja antaisi katon sammaloitua ajan myötä?

Kirjallisuudesta ei löytynyt juurikaan tietoa siitä, kuinka paljon sammalet pidättävät vettä. Viherkattoja käytetään sateiden aikana puskuroimassa hulevesiä, jotta viemärit eivät tulvisi yli. Mielestäni olisi tärkeä tietää, pidättävätkö jotkut lajit enemmän vettä kuin toiset. Olisi myös mielenkiintoista tietää, onko vedenpidätyskyvystä hyötyä sammalen selviämisen kannalta.

Jotta kasvillisuus peittäisi katon mahdollisimman nopeasti ja estäisi eroosion, olisi järkevää käyttää nopeakasvuisia kasveja. Lukemissani artikkeleissa puhuttiin paloaukei-

den sukkessiosta ja pioneerilajeista. Olisiko siitä hyötyä sammalkaton rakentamisessa, jos sukkession mekanismit tuntisi hyvin? Onko näiden pioneerilajien itiöitä mahdollista kylvää sammalkatolle vai olisiko järkevämpää kasvattaa sammalia ensin suotuisemmissa oloissa ja siirtää ne myöhemmin katolle? Kirjallisuudesta ei löytynyt lähes ollenkaan tietoa siitä, kuinka nopeasti sammalet kasvavat. Onko vuodenajalla vaikutusta sammalkaton kasvunopeuteen eli auttaisiko kostea kevät tai syksy sammalen juurtumisessa? Entä kuinka paljon sitkeimmät sammalet tarvitsevat kasvualustaa tai vettä?

Sammalkaton perustamisessa kannattaa harkita monia eri viljelytekniikoita kuten pottitaimia (sammaltuppoja) ja murskaamista (piimä-sammal-pirtelö). Katon kaltevuus saattaa vaikuttaa siihen, miten sammalet istutetaan katolle. Kovin kaltevalla katolla saattaa olla parempi käyttää poteissa kasvatettuja sammalia, jotta ne pysyisivät helpommin paikallaan ja tasaisemmille katoille voisi levittää sammalmurskaa. Ilmeisesti sammalten juurtumahapsista on haittaa esimerkiksi huopa- tai tiilikatolla niin paljon, että katolle pitää asentaa juurisuoja.

Ovatko katolle sopivat sammalet pelkästään lehtisammalia ja onko pleurokarppisella (pesäkekyllinen) sammalella jotain etua akrokarppiseen (pesäkekärkinen) sammaleen nähden? Tästä oli lukemissani artikkeleissa ristiriitaista tietoa. Kannattaisiko sammalia sittenkään kasvattaa ihan yksinään katolla? Olisiko esimerkiksi maksaruohon ja sammalen yhteiselosta jotain hyötyä?

Olen sitä mieltä, että sammalet ovat erittäin käyttökelpoista kasvimateriaalia suomalaisille viherkatoille. Aihe vaatii kuitenkin paljon lisätutkimusta erityisesti lajiston suhteen. Sammalen tarvitseman kasvualustan määräkin on katon rakenteiden kestävyyskannalta tärkeä kysymys pohdittavaksi.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää Malgorzata Gabrychiä ja Susanna Lehvävirtaa mahdollisuudesta käyttää Viides Ulottuvuus - viherkatot osaksi kaupunkia -tutkimushankkeen aineistoja sekä Susanna Lehvävirran neuvoja kandidaatintutkielmani suunnittelussa. Haluan kiittää myös tutkielmani ohjaajaa Leena Lindéniä hänen antamastaan tuesta.

9 LÄHTEET

- Anderson, M., Lambrinos, J. & Schroll, E. 2010. The potential value of mosses for stormwater management in urban environments. *Urban Ecosystems* 13 (3): 319-332.
- Bengtsson, L., Grahn, L. & Olsson, J. 2005. Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden. *Nordic Hydrology* 36 (3): 259-268.
- Bradbury, S. M. 2006. Response of the post-fire bryophyte community to salvage logging in boreal mixedwood forests of northeastern Alberta, Canada. *Forest Ecology and Management* 234 (1/3): 313-322.
- Emilsson, T. & Rolf, K. 2004. Comparison of establishment methods for extensive green roofs in southern Sweden. *Urban Forestry and Urban Greening* 3 (2): 103-111.
- Emilsson, T. 2008. Vegetation development on extensive vegetated green roofs: Influence of substrate composition, establishment method and species mix. *Ecological Engineering* 33 (3-4): 265-277.
- Enroth, J., Bell, N., von Cräutlein, M., He, X., Huttunen, S., Hyvönen, J., Korpelainen, H., Laaka-Lindberg, S., Laukka, T., Lehtonen, M., Olsson, S., Piippo, S., Ryömä, R., Valkonen, J., Vasander, H. & Virtanen, R. 2011. Sammalten valtakunta. *Luonnon Tutkija* 115: 120-145
- Getter, K. L. & Rowe, D.B. 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41 (5): 1276-1285.
- Gabrych, M., Halonen, M., Sillantie, L., Lehvävirta, S. 2012. Viides Ulottuvuus - viherkatot osaksi kaupunkia -tutkimusohjelma. Viides ulottuvuus -hankkeen esittelyaineisto, Helsingin yliopisto, Luonnontieteellinen keskusmuseo.
- Hardman, A. & McCune, B. 2010. Bryoid layer response to soil disturbance by fuel reduction treatments in a dry conifer forest. *Bryologist* 113 (2): 235-245.
- Koponen, T. 1979. Sammalten hyötykäytöstä. *Luonnon Tutkija* 83: 63-68.
- Laaka-Lindberg, S. 2002. Sammalten elämänsykli, lisääntyminen ja levintä. Teoksessa: Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. (toim.) 2002. Suomen sammalet: levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. s. 22-25
- Lehtonen, M.T., Akita, M., Kalkkinen, N., Ahola, E., Rönnholm, G., Somervuo, P., Thelander, M. & Valkonen, J.P.T. 2009. Quickly released peroxidase of moss in defense against fungal invaders. *New Phytologist* 183: 432-443

- Luonnontieteellinen keskusmuseo, Helsingin yliopisto. 2012. Viides Ulottuvuus - viherkatot osaksi kaupunkia tutkimusohjelma. <http://www.luomus.fi/kasvitiede/tutkimus/viherkatot/>. Luettu 28.6.2012.
- Parnela, A. 2002. Kalliot: Laakeat kalliopinnat. Teoksessa: Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. (toim.) 2002. Suomen sammalet: levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. 1. painos. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. s. 68
- Piironen, M. 2011. Kattojen hyödyntäminen kaupunkiviljelyssä - esimerkkikohteena ravintola Savoy. Helsinki: Aalto yliopisto. 175 s.
- Rowe, D.B. 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution* 159 (8-9): 2100-2110.
- Ruokolainen, L. & Salo, K. 2006. The succession of boreal forest vegetation during ten years after slash-burning in Koli National Park, eastern Finland. *Annales Botanici Fennici* 43 (5): 363-378.
- Snodgrass, E. C. & Snodgrass, L. L. 2006. Green roof plants: a resource and planting guide. 4. painos. Portland, Oregon: Timber Press. 204 s.
- Snodgrass, E. C. & McIntyre, L. 2010.: Green roof manual: a professional guide to design, installation, and maintenance. Portland, Oregon: Timber Press. 296 s.
- Syrjänen, K. 2002. Sammalet ovat mielenkiintoinen eliöryhmä. Teoksessa: Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. (toim.) 2002. Suomen sammalet: levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. 1. painos. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. s. 9-12
- Tani, A., Akita, M., Murase, H. & Kimbara, K. 2011. Culturable bacteria in hydroponic cultures of moss *Racomitrium japonicum* and their potential as biofertilizers for moss production. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 112 (1): 32-39.
- Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. (toim.) 2002. Suomen sammalet: levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 354 s.
- Viherkatot -projekti 2012. Viides ulottuvuus - viherkatot osaksi kaupunkia. <http://www.luomus.fi/kasvitiede/tutkimus/viherkatot/>. Helsinki: Luonnontieteellinen keskusmuseo. Päivitetty 21.12.2012, viitattu 30.5.2012.
- Vähätalo, J-M. 2011. Bitumikatteiden sammal- ja jäkälälajisto sekä niiden torjunta-aineet. Ympäristötekniikan pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos.
- Yang, J., Yu, Q. & Gong, P. 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment* 42 (31): 7266-7273.