

MTT RAPORTTI₃

Katajan- ja mustikanversojen kestävä keruu luonnontuotealan raaka-aineeksi

Sari Stark, Aarno Niva, Françoise Martz ja Eija Vuorela



MTI RAPORTTI₃

Katajan- ja mustikanversojen kestävä keruu luonnontuote- alan raaka-aineeksi

Sari Stark, Aarno Niva, Françoise Martz ja Eija Vuorela

ISBN: 978-952-487-269-0

ISSN 1798-6419

www-osoite: www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti3.pdf

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Sari Stark, Aarno Niva, Françoise Martz ja Eija Vuorela

Julkaisija ja kustantaja: MTT, 31600 Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2010

Kannen kuva: Eija Vuorela

Katajan- ja mustikanversojen kestävä keruu luonnontuotealan raaka-aineeksi

^{1,2)}Stark, Sari, ²⁾Niva, Aarno, ²⁾Martz, Françoise ja ³⁾Vuorela, Eija

¹⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lapin tutkimusasema, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi
sari.stark@metla.fi

²⁾METLA, Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusyksikkö, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi

³⁾Lapin 4H-piiri, Sallan 4H-yhdistys, 98900 Salla

Tiivistelmä

Luonnonvaraisen mustikan (*Vaccinium myrtillus*) ja katajan (*Juniperus communis*) versoja on 1990-luvun lopulta lähtien käytetty laajamittaisesti kosmetiikka- ja terveysvaikutteisten yhdisteiden raaka-aineina. Näiden raaka-aineiden käyttö on 2000-luvun aikana saavuttanut teollisen mittakaavan. Keruutoiminnan laajetessa kasvaa tarve selvittää mustikan ja katajan toipuminen versokeruun jälkeen. Vuosina 2005 – 2009 toteutettiin Metlan, MTT:n ja Lapin 4H-piirin välisenä yhteistyönä tutkimus, jossa toipumista selvitettiin keruualueiden seurannoilla ja kokeellisilla kenttäkokeilla. Tavoitteena oli selvittää, onko keruulla haitallisia vaikutuksia katajaan ja mustikkaan ja kuinka nopeasti keruukasvit kompensoivat biomassan menetyksen. Mustikan osalta selvityksen kohteena oli myös versokeruun vaikutus marjasatoon.

Mustikanversojen keruu on keskitetty tiheäpuustosiin kuusikoihin, jotka eivät ole hyviä mustikan marja-alueita. Mustikanversojen koneellinen keruu poistaa noin 20 % maanyläpuolisesta biomassasta. Versokasvuston biomassaa uusiutuu leikkaamattomien mustikkakasvustojen tasolle jo seuraavan kasvukauden aikana. Marjasato putoaa keruun jälkeen kahdeksi vuodeksi, mutta palaa leikkaamattomien kasvustojen tasolle kolmantena keruunjälkeisenä vuonna.

Kataja toipuu versojen keruusta pääsääntöisesti hyvin. Toipumisnopeuden arviointi perustuu katajan keruualueilla suoritettuihin vuosittaisiin seurantoihin. Keruun vaikutusten havainnoimiseksi käytettiin verrokkeina keräämättömiä katajikoita. Tutkimusten pohjaksi piti katajalle kehittää ensin sopiva inventointimenetelmä ja toipumisen mittaristo. Katajan toipumista selvitettiin myös kontrolloiduilla maastokokeilla. Kun kataja menettää versojaan, se usein lisää seuraavan vuoden kasvuaan, mikä nopeuttaa toipumista. Karuilla kasvipaikoilla toipuminen on hidasta etenkin silloin, jos keruuta seuraavana kasvukautena olosuhteet kasvuun ovat huonot. Biologisesti aktiivisten fenolien pitoisuus on usein korkeampi kerätyissä kuin keräämättömissä katajikoissa, mutta keruulla ei ole vaikutuksia terpeenien eli eteeristen öljyjen pitoisuuksiin. Keruusuosituksilla varmistetaan katajan riittävän neulasbiomassan säilyminen ja turvataan toipuminen epäedullisissakin oloissa.

Avainsanat:

Mustikka, kataja, luonnontuoteala, marjanpoiminta, kompensatiokasvu, Lappi

Sustainable gathering of juniper and bilberry shoots for natural product industry

^{1, 2)}Stark, Sari, ²⁾Niva, Arno, ²⁾Martz, Françoise ja ³⁾Vuorela, Eija

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi, Finland
sari.stark@metla.fi

²⁾The Finnish Forest Research Institute, PL 16, FI-96301 Rovaniemi, Finland

³⁾Lapin 4H-piiri, Sallan 4H-yhdistys, FI-98900 Salla, Finland

Abstract

Since late 1990's, shoots of naturally growing bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and juniper (*Juniperus communis*) have been used as raw material for cosmetic and health-promoting products. During the 2000's the consumption of these raw materials have reached an industrial scale. As the shoot gathering is increasing, it is necessary to determine the recovery of bilberry and juniper after shoot collection. During 2005 – 2009, a co-operative research project between Finnish Forest Research Institute, Agrifood and Lapland 4H organization was conducted in order to determine the recovery rates of bilberry and juniper by monitoring the sites used for gathering and by controlled field experiments. The aim of the study was to determine whether shoot gathering has any harmful effects on bilberry and juniper, and at which rate the plants compensate for the lost biomass. In the case of bilberry, influences on berry yield were also determined.

The shoot gathering is commonly practised in densely forested spruce forests, which generally do not have high berry yields and therefore do not have central role in berry collection. Shoot gathering by machine removes approximately 20 % of the aboveground bilberry biomass. The aboveground biomass renews itself to the uncut levels within one growing season. The berry yield is reduced for two years after shoot gathering and raises back to normal on the third year after the shoot gathering.

Juniper most commonly recovers well from shoot gathering. The recovery rate was based on yearly monitoring of the gathering sites. Junipers subjected to shoot gathering were compared to controls with no shoot collection. In the beginning of the project, the investigation required developing suitable methods for inventory and indices for recovery. The responses of juniper to shoot collection were investigated also with controlled experiments. When juniper loses biomass, it often increases growth the next year and by this way, increases the recovery rate. In nutrient-poor and dry conditions, however, the recovery is slow if conditions are environmentally harsh in the following growing season. The concentrations of biologically active compounds, phenolics, are commonly higher in collected than uncollected junipers, but shoot collection does not influence the concentrations of terpenes. The recommendations for shoot collection will ensure the recovery of juniper even in unfavourable environmental conditions.

Keywords:

Bilberry, common juniper, natural product industry, berry picking, compensatory growth, Lapland

Alkusanat

Luonnontuotealan kehityksen johdosta suomalaisille metsäkasveille on syntynyt täysin uusia käyttömuotoja. Kotimaisille metsäluonnon raaka-aineille, mustikan- ja katajanversoille, on 2000-luvun aikana muodostunut menekkiä kosmetiikka- ja terveystuotteiden aineosina. Keruumäärien kasvaessa on kasvanut vaatimus siitä, että keruun vaikutukset luontoon selvitetään. Tietoa keruukasvien toipumisesta tarvitaan niin kerääjien, yritysten kuin keruuluvista vastaavien tahojen näkökulmasta.

Katajan ja mustikan versokeruun jälkeistä toipumista alettiin ensimmäistä kertaa selvittää tutkimuksen keinoin Metsäntutkimuslaitoksen hallinnoimassa hankkeessa Metsäluonnosta teolliseen tuotantoon (Mette). Hanke toteutettiin Metlan, MTT:n Lapin tutkimusaseman, ProAgrian, Lapin 4H-piirin, Metsähallituksen ja lappilaisten luonnontuotealan yrittäjien välisenä yhteistyönä. Hanke sai rahoituksen EAKR-rahastosta. Mette-hankkeen aikana perustettiin Lapin lääneihin koalaverkosto toipumisen seurantatutkimuksiin, mutta hankeaika oli liian lyhyt pitkäaikaisten tulosten saamiseksi. Hankkeen jälkeen toipumistutkimusten seurannat ovat pyörineet ilman varsinaista rahoitusta, muiden hankkeiden oheistoimintana. Tällä tavoin tiedon tuottaminen on haastavaa, mutta selkeä tutkimustarve on motivoinut seurantojen jatkamista. Vuonna 2009 Rovaniemen MTT:n Lappi luo –hanke rahoitti töiden loppuunsaattamisen ja tulosten raportoinnin.

Tekijät haluavat kiittää lämpimästi kerääjiä, joiden panostus seurantaverkon rakentamisessa on ollut erittäin arvokasta. Kiitämme Teija Salmista, Olli Mikkosta, Katri Juopperia, Seija Aaltosta, Tanja Haapaniemeä ja Markus Pyrröä arvokkaasta keruumenetelmiin ja –alueisiin liittyvästä tiedosta. Osa keruualueiden seurannoista on toteutettu yksityisesti omistetuilla mailla, josta kiitämme maanomistajia. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen yksikön Tarja Posio ja Sallan toimipaikan Vesa Kesälähti ja Taisto Kivelä ovat osallistuneet alojen inventoimisiin, mistä esitämme lämpimät kiitokset. Outi Manninen (FM, kasviökologia) Oulun yliopistosta on kriittisesti tarkastanut kirjoituksen ja hänen esittämänsä muutosehdotukset paransivat merkittävästi raporttia ja sen luettavuutta.

Rovaniemellä 21.08.2009

Sari Stark, Aarno Niva, Françoise Martz ja Eija Vuorela

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	7
1.1 Luonnontuotealan kasvu tutkimuksen taustalla	7
1.2 Kasvien kompensatiokasvun tieteellistä taustaa.....	7
1.3 Tutkimuksen tavoitteet.....	8
2 Aineisto ja menetelmät	9
2.1 Katajan keruualueiden seurannat	9
2.2 Kokeelliset katajatutkimukset	10
2.2.1 Katajan leikkauskoe 1. Juokua	10
2.2.2 Katajan leikkauskoe 2. Kivalo	10
2.3 Katajista mitatut parametrit	10
2.4 Mustikan toipumistutkimukset.....	11
2.4.1 Mustikan leikkauskoe 1. Kotikuusivaara	11
2.4.2 Mustikan leikkauskoe 2. Kivalo.....	12
2.4.3 Mitatut muuttujat.....	12
3 Tulokset.....	13
3.1 Katajan aidot keruualueet.....	13
3.1.1 Rovaniemi (Perunkajärvi ja Pirttiselkä)	13
3.1.2 Keminmaa (Kallinkangas)	14
3.1.3 Salla (Hauskavaara, Vilmankaira ja Varvikko).....	15
3.1.4 Savukoski (Hirvikaltio ja Saijanoja)	17
3.1.5 Keruun ja sukupuolen vaikutukset katajanversojen kemialliseen laatuun	17
3.1.6 Katajaseurantojen tulosten yhteenveto.....	18
3.2 Katajan leikkauskokeet	19
3.2.1 Juokuan leikkauskoe	19
3.2.2 Kivalon leikkauskoe.....	19
3.3 Mustikan toipuminen versokeruun jälkeen	20
3.3.1 Kotikuusivaara yhden leikkauskerran jälkeen.....	20
3.3.2 Kotikuusivaara kahden leikkauskerran jälkeen.....	21
3.3.3 Kivalo yhden leikkauskerran jälkeen	22
4 Tulosten tarkastelu.....	23
4.1 Aiheuttaako versojen kerääminen uhkaa katajalle?	23
4.2 Miten keruutapa vaikuttaa katajan toipumiseen?	23
4.3 Kuinka pitkäksi aikaa sama katajikko täytyy rauhoittaa ennen seuraavaa keruuta?	24
4.4 Voisiko katajaa viljellä toistuvaa versojen keruuta varten?	24
4.5 Toipuuko mustikkakasvusto leikkaamisesta ja mitä tapahtuu marjasadolle?	24
4.6 Tutkimuksen tuomia näkökohtia katajan- ja mustikanversojen kestäväälle keruulle	25
4.6.1 Kataja	25
4.6.2 Mustikka.....	25
5 Kirjallisuus	27

1 Johdanto

1.1 Luonnontuotealan kasvu tutkimuksen taustalla

Luonnontuotealan merkitys on Lapissa kasvanut nopeasti. Taustalla on luonnontuotteiden kasvava kysyntä maailmanmarkkinoilla ja alueella tehty pitkäjänteinen kehitystyö. Lappiin on syntynyt lukuisia yrityksiä, jotka käyttävät raaka-aineena kotimaisista luonnonkasveista peräisin olevia biologisesti aktiivisia yhdisteitä. Toiminnan laajetessa myös keruumenetelmät ovat kehittyneet ja koneellistuneet. Luonnontuoteala on saavuttanut teollisen mittakaavan, mikä on myös ollut elinkeinon kehittymisen ehto: yrittäjät ovat valmiita luonnonkasveihin perustuvaan tuotekehitykseen vain, jos varmistetaan riittävä raaka-aineen saatavuus pitkällä aikavälillä.

Keruumäärien lisääntyessä kysymykset keruun vaikutuksista luontoon ja kasvien keruunjälkeisestä toipumisnopeudesta nousevat yhä tärkeämmäksi. Uusi ja kehittyvä ala tarvitsee selkeitä ohjeiviivoja, kuinka paljon keruukasveja voidaan kerätä aiheuttamatta negatiivisia vaikutuksia. Keruun vaikutusten arvioinnissa voidaan erottaa kaksi eri suuntausta: 1) keruun mahdolliset negatiiviset vaikutukset keruukasvien esiintymiseen ja terveydentilaan, ja 2) luonnontuotealan raaka-aineeksi päätyvän versokeruun vaikutukset muulle toiminnalle, kuten marjankeruuseen.

1990-luvun lopulta ja 2000-luvun alusta lähtien kataja (*Juniperus communis*) ja mustikka (*Vaccinium myrtillus*) ovat olleet yhä lisääntyvän keruutoiminnan kohteena. Katajanversojen keruumäärät ovat kasvaneet useaan tuhanteen kiloon vuodessa (Jankkila 2007). Katajasta kerätään tuoreet vuosikasvaimet, joista uutettavat eteeriset öljyt tai fenoliset yhdisteet ovat haluttuja kosmetiikka- ja hoitotuotteiden raaka-aineita. Mustikan versot kiinnostavat ulkomaisia yrityksiä lehtien antosyaanien ja erityisesti diabeteksen omahoidossa hyödyllisen neomyrtilliinin vuoksi. Keruun mittasuhteiden laajuuden vuoksi näiden kasvien keruunjälkeisestä toipumisesta on ensiarvoisen tärkeää niin alan tulevaisuuden kuin pohjoisen luonnon kestävän käytön kannalta.

Pohjoisten keruukasvien toipumisen tutkiminen asettaa monia haasteita. Vaikka kasvien uudelleenkasvu erilaisten häiriöiden ja vaikkapa kasvinsyöjien vaikutuksesta on runsaasti tutkittu aihe kasviekologiassa, puuvartisten kasvien toipumisesta on suhteellisen vähän tutkittua tietoa. Katajaa on Suomen oloissa tutkittu erittäin vähän, koska sillä ei aikaisemmin ole ollut kaupallista merkitystä hyödynnettävänä kasvina. Lähimmät tutkimukset katajan reaktioista biomassan menettämiseen löytyvät Etelä-Englannista, Bulgariasta ja Espanjasta, joissa – päinvastoin kuin pohjoisissa oloissa - kataja esiintyy useimmiten puumaisena. Vaikka katajanversojen keruu ei aiheuta seurauksia muulle metsien käytölle, ei keruulla saa aiheuttaa haitallisia vaikutuksia luonnonvaraiselle katajalle. Mustikan toipumisesta häiriön jälkeen sekä mustikan marjasatoon vaikuttavista tekijöistä pohjoisissa oloissa on jonkin verran tietoa (Tolvanen 1994, Nuortila 2007), mutta täsmällinen tieto tarkoitusta varten kehitetyillä keruumenetelmillä suoritettua keruun vaikutuksista puuttuu.

Luonnontuotealan kasvun kannalta on elintärkeää, että luonnonkasvien keruu on kestävällä pohjalla ja noudattaa kestävän kehityksen periaatteita. Toimivan kehitystyön edellytyksenä on läheinen yhteistyö keruuorganisaatioiden ja tutkimuslaitosten välillä: tiedon karttuessa keruumenetelmiä voidaan arvioida ja keruusuosituksia tarkentaa. Koska sekä mustikan- että katajanversoja on alettu hyödyntää raaka-aineena vasta viime vuosina, sekä tutkimus- että kokemuseräinen tieto näiden kasvien toipumisesta keruusta aiheutuvan häiriön jälkeen puuttuu. Tästä johtuen tieto niiden toipumisesta täytyy rakentaa alusta.

1.2 Kasvien kompensatiokasvun tieteellistä taustaa

Kasvit ovat perimältään sopeutuneet esimerkiksi laidunnuksesta tai muusta häiriöstä aiheutuvaan biomassan menettämiseen. Kasvien kykyä tuottaa uutta biomassaa menetetyille tilalle sanotaan kompensatioksi. Jos kasvi ei häiriön jälkeen jostakin syystä kykene tuottamaan ennen häiriötilaa vastaavaa biomassaa, puhutaan alikompensoituksesta. Jos kasvin biomassaa palautuu häiriön jälkeen samalle tasolle kuin ennen häiriötä, sanotaan kasvin kompensoineen menetetyt biomassansa. Jos kasvin kasvu

kiihtyy häiriön jälkeen niin, että sen kokonaisbiomassa on suurempi kuin ennen häiriötä, puhutaan ylikompensaatiosta.

Erityyppiset kasvit eroavat suuresti kompensaatiokasvun mekanismeiltaan. Kaikilla kasveilla uuden verson kasvu tapahtuu ns. meristemaattisesta solukosta. Yksisirkkaisilla heinäkasveilla kasvumeristeemi sijaitsee kasvin tyvessä, jolloin kasvi pystyy kompensoimaan biomassansa tyviosistaan esimerkiksi laidunnuksen jälkeen. Kaksisirkkaisilla kasveilla, kuten puuvartisten kataja ja mustikka, meristeemi sen sijaan sijaitsee kasvinoksin kärjessä. Näillä kasveilla pääverson kasvu on sivuhaarojen kasvua voimakkaampaa ja pääverson hormonaalinen tuotanto säätelee sivuhaarojen kasvua, mitä kutsutaan apikaalidominanssiksi. Kun kasvi menettää pääversonsa, sillä voi olla kahdenlaisia vaikutuksia kasvutapaan. (1) Kasvin sivuversot voimistavat kasvuaan jolloin sivuversojen biomassan tuotto korvaa menetetyt pääverson tuoton, tai (2) biomassan menetys aktivoi esimerkiksi oksan tai haaran tyvessä sijaitsevan leposilmun, joka lisää kasvin haarautumista. Molemmissa tapauksissa kasvin pääverson menetys voi johtaa mihin tahansa kolmesta kompensaatiotavasta (ali-, täydellinen tai ylikompensaatio). Kasvien kompensaatiokykyyn on todettu vaikuttavan mm. häiriön voimakkuus, tapa, aika, leposilmujen määrä (Haukioja ja Koricheva 2000) ja resurssien saatavuus (Hawkes and Sullivan 2001). Kun yksisirkkaisten kasvien toipumista edistävät runsasravinteiset olosuhteet, kaksisirkkaisten, puuvartisten kasvien on havaittu kompensoivan sitä voimakkaammin, mitä resurssirajoitteisemmat kasvin kasvuolosuhteet ovat (Hawkes and Sullivan 2001).

Pitkäikäisillä, puuvartisilla kasveilla versojen menetys aiheuttaa usein tauon kasvin kukkiintumisessa ja sitä kautta myös kasvin hedelmäntuotannossa kasvien kompensoidessa ensin kasvullisen biomassansa (Haukioja ja Koricheva 2000). Reaktio poikkeaa lyhytikäisistä kasveista, jotka yleensä lisäävät siementuotantoaan altistuessaan häiriölle ja sitä kautta varmistavat geeniensä siirtymisen seuraaville sukupolville. Pohjoisborealisissa havumetsissä tehtyjen tutkimusten mukaan mustikan marjasato on kuitenkin voimakkaasti pölytyrajoitteinen, eikä resurssien rajoittama (Nuortila 2007).

Katajan kaksikotisuus, eli naaras- ja uroskukkien sijainti eri yksilöissä, aiheuttaa mahdollisesti eroja reaktioissa biomassan menettämiseen. Koska kaksikotisten kasvilajien naarasyksilöt joutuvat suuntamaan osan resursseistaan hedelmäntuotantoon, oletetaan että niillä on vähemmän mahdollisuuksia kompensaatioon tai puolustusaineiden tuotantoon. Muualla maailmassa tehtyjen tutkimusten perusteella katajan sukupuolella todella on vaikutusta kasvunopeuteen tai kemialliseen laatuun (Ortiz ym. 2002, Massei ym. 2006).

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää mustikan ja katajan kestävä keruun rajat lappilaisessa metsäluonnossa. Tutkimuksissa haluttiin selvittää mm. keruun aiheuttamat morfologiset muutokset (leposilmujen aktivoituminen, apikaalidominanssin murtuminen), vaikutukset vuosittaiseen kasvuun ja mahdolliset vaikutukset tautialttiuteen tai kuolleisuuteen. Tiedon pohjalta tavoitteena oli myös tarkistaa katajan ja mustikan keruusuosituksia ja pohtia uusia mahdollisia tapoja keruumenetelmien kehittämiseen.

Pitkän tähtäimen tavoitteena katajan että mustikan osalta on siirtyminen viljelyyn. Luonnossa kasvavien katajien ja niiden kasvupaikkojen ominaisuuksien tutkimus edistää myös viljelyn tavoitteita.

2 Aineisto ja menetelmät

Katajan toipumista selvitettiin kahden eri lähestymistavan kautta, joita käytettiin toisiaan täydentävästi: 1) aitojen keruualueiden seurannat, 2) kontrolloidut kokeet. Aitojen keruualueiden pitkäaikaiset seurannat kertovat, minkälaisia vaikutuksia keruulla on erilaisilla alueilla oikeissa olosuhteissa. Niiden avulla ei kuitenkaan saada eristettyä niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat katajan toipumiseen, kuten kasvupaikan ominaisuuksia ja katajikon ikärakennetta. Tämän vuoksi keruualueiden seurantojen ohella on käytetty kokeellista lähestymistapaa, jossa kontrolloidusti käsitellään katajia samalla alueella tai tietyllä tavalla. Mustikan toipumista selvittävät tutkimukset suoritettiin yksinomaan kontrolloitujen kokeiden avulla.

2.1 Katajan keruualueiden seurannat

Katajan keruualueiden seurantaverkoston rakentamiseksi tutkimuksessa toimittiin yhteistyössä Lapin 4H-piiriin koordinoivien keruuhankkeiden ja yksittäisten kerääjien kanssa. Mahdollisimman pitkäaikaisen kuvan saamiseksi seuranta-alueiksi valittiin alueita, jotka olivat olleet keruun kohteena jo useiden vuosien ajan. Myös maantieteellinen kattavuus yritettiin saada mahdollisimman laajaksi (taulukko 1). Luonnonolosuhteiden vaihtelevuuden vuoksi keruun vaikutuksia ei voida arvioida pelkästään seuraamalla keruualueita – tiedon ankkuroimiseen tarvitaan samanaikainen tieto keräämättömien katajien kasvusta ja terveydentilasta (tieteellisen tutkimuksen ”kontrolli”). Tämän vuoksi seurannoissa oli mukana sekä kerättyjä että keräämättömiä katajikoita.

Seuranta-aika vaihteli eri koealoilla riippuen alueen toipumisnopeudesta ja keruun ajankohdasta. Seuranta lopetettiin, kun keruun aiheuttama mahdollinen terveydentilan muutos oli dokumentoitu riittävältä ajalta. Osa seuranta-aloista suunniteltiin erityisesti vastaamaan kysymykseen, onko uros- ja naaraskatajien kasvussa, toipumisnopeudessa tai versojen kemiallisessa laadussa eroa. Näillä koealoilla katajat valittiin pareittain niin, että etsittiin mahdollisimman samankokoisia ja –ikäisiä naaras- ja uroskatajia vertailupareiksi. Keruun vaikutusten selvittämiseksi katajan kemialliseen laatuun Hauskavaaran, Perunkajärven, Kallinkankaan ja Savukosken alueilla analysoitiin katajien fenoli- ja terpeenipitoisuudet.

Aineisto on tilastollisesti analysoitu toistettujen mittausten varianssianalyysillä (ANOVAR). Koska useimpien parametrien osalta testi antoi merkitsevän yhdysvaikutuksen mittaavuoden ja keruunkäsittelyn (kerätty vs. keräämätön verrokki), aineisto testattiin tilastollisesti riippumattomien toistojen t-testillä. Tilastollisen eron raja-arvona pidettiin $P < 0.05$.

Taulukko 1. Katajan toipumistutkimuksissa käytetyt aitojen keruualueiden seurannat.

Kunta	Seuranta-ala	Keruuhistoria	Seuranta-aika	Katajat (kpl)
Salla	Hauskavaara	kerätty 2004	2005-2008	32
	Vilmankaira	kerätty 2005	2006-2009	30
	Varvikko	kerätty 2005	2006-2009	38
Savukoski	Saijanoja	kerätty 2003-04	2005-2008	16
	Hirvikaltio	kerätty 2000-03	2005-2008	16
	Lattuna	kerätty 2003	2005-2007	16
Rovaniemi	Perunkajärvi	kerätty 2004	2005-2007	40
	Pirttiselkä	kerätty 2002-2005	2005-2008	20
Keminmaa	Kallinkangas	kerätty 2003-2005	2005-2006	24
			yhteensä	232 katajaa

2.2 Kokeelliset katajatutkimukset

Seurannoissa ilmeni katajan haastavuus tutkittavana lajina. Katajan kasvu vaihtelee suuresti eri alueiden ja yksilöiden välillä, joten keruun vaikutuksia on usein vaikea eristää monien vaihtelutekijöiden joukosta. Lisäksi katajasta oli vaikea löytää selkeitä parametreja kuvaamaan sen kasvua ja terveydentilaa sen monirunkoisen ja mutkittävän kasvutavan vuoksi. Tämän vuoksi katajan reaktioita keruuseen tutkittiin myös kahdella kokeella.

2.2.1 Katajan leikkauskoe 1. Juokua

Katajan iän vaikutusta kasvuun, toipumiseen ja versojen kemialliseen laatuun tutkittiin vuonna 2005 Juokuussa (Keminmaa) täysin keräämättömälle alueelle perustetussa kokeessa Yhtenäisessä katajikossa valittiin 40 yksilöä, jotka eroteltiin lohkoihin. Kussakin lohkoissa oli neljä samanikäistä yksilöä, joista kaksi oli naaraspuolista ja kaksi urospuolista. Joka toisesta yksilöstä leikattiin jokainen kuluvan vuoden vuosikasvain vuonna 2005. Koeala inventoitiin vuosina 2006, 2007 ja 2008. Tulokset testattiin tilastollisesti kaksisuuntaisella varianssianalyysillä, jossa luokittelevina muuttujina ovat olleet leikkauskäsittely, sukupuoli ja satunnaismuuttujana myös lohko. Tilastollisen eron raja-arvona pidettiin $P < 0.05$.

2.2.2 Katajan leikkauskoe 2. Kivalo

Katajan versojen kerääminen käytännössä tapahtuu pitkälti kerääjän henkilökohtaisen mieltymyksen mukaan joko leikkaamalla, nyppimällä tai riipimällä. Keruutavan vaikutusta katajan toipumiseen tutkittiin vuonna 2006 Kivalon tutkimusalueelle (Rovaniemi) perustetussa kokeessa, jossa muilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman samankaltaiset katajat kerättiin viidellä eri keruutavalla. Tavoitteena oli saada esiin keruutapojen välisiä eroja vaikutuksissa katajan kompensatiokasvun tapaan ja voimakkuuteen. Kokeessa käytettiin seuraavia käsittelyjä:

- 1) puolikkaan vuosikasvaimen leikkaaminen
- 2) yhden vuosikasvaimen leikkaaminen
- 3) kahden vuosikasvaimen leikkaaminen
- 4) nyppiminen
- 5) riipiminen
- 6) leikkaamaton

Yhteensä kymmenessä katajassa valittiin kolme oksaa jokaiselle käsittelylle, yhteensä siis tarkastelu perustuu 150 oksaan. Katajat leikattiin elokuussa 2006 ja niiden vuosikasvut mitattiin vuosina 2007 ja 2008. Vuonna 2007 jokaisesta leikkauskohdasta mitattiin jokaisen uuden vuosikasvaimen pituus. Vuonna 2008 ei jokaista versoa enää mitattu, vaan jokaisesta oksasta valittiin satunnaisesti kymmenen mitattavaa versoa. Tulokset testattiin tilastollisesti kaksisuuntaisella varianssianalyysillä, jossa muuttujina olivat käsittely ja katajayksilö. Leikkaamattoman verrokin eroa kuhunkin käsittelyyn vertailtiin tämän jälkeen Dunnett-testillä. Tilastollisen eron raja-arvona pidettiin $P < 0.05$.

2.3 Katajista mitatut parametrit

Tutkimuksia aloitettaessa oli ensimmäiseksi selvitettävä, miten katajan toipumista voidaan parhaiten kuvata. Monirunkoisen ja mutkittävän kasvutavan vuoksi katajasta on vaikea mitata selkeitä parametreja kuvaamaan sen kasvua ja terveydentilaa. Inventointeja varten haluttiin kuitenkin löytää menetelmä, joka olisi mahdollisimman luotettava ja helposti toistettavissa, mutta olisi ajankäytön suhteen realistisesti toteutettavissa maantieteellisesti laajoissa seurannoissa. Katajan inventoinneissa päädyttiin soveltamaan puustossa käytettäviä mittauksia, joiden avulla pyrittiin saamaan käsitys katajien kasvusta, terveydentilasta ja vuosien välillä mahdollisesti tapahtuvista muutoksista. Katajat merkittiin maastossa yksilöllisellä koodilla ja mitattiin seuraavat asiat:

- 1) Katajan korkeus
- 2) Katajan leveys ja pituus (dimensiot kahteen suuntaan)
- 3) Runkojen lukumäärä (kataja on monirunkoinen pensas)
- 4) Sukupuoli (uros vai naaras, marjojen vuosikertojen lukumäärä)

- 5) Pääversojen pituuskasvu ja paino (viisi mittausta jokaisesta pääversosta/kataja)
- 6) Sivuversojen pituuskasvu ja paino (kymmenen mittausta jokaisesta sivuversoista/kataja)
- 7) Neulaspeittävyys (%), kuivuneiden oksien osuus (%)

Katajan korkeuden, leveyden ja pituuden mittauksia käytettiin kuvaamaan katajan ikää ja kokoa: nuoret katajat ovat kapeita pensaita, mutta katajan toistuvasti haarautuessa sen neulaslevhvästö leviää usein useiden neliömetrien kokoiselle alueelle. Inventointien tärkeimmät mittaukset olivat vuosikasvun keskimääräinen pituus ja katajayksilön neulaspeittävyys. Puustotutkimuksissa puun neulaspeittävyden eli harsuuntumisasteen on havaittu korreloivan hyvin puun terveydentilan kanssa ja sitä käytetään yleisesti kuvaamaan metsäpuiden terveydentilaa. Mittausten edetessä havaittiin, että neulaspeittävyden analyysi oli varsin tehokas ja luotettava mittari kuvaamaan vuosien välistä muutosta katajan terveydentilassa.

Koska inventointimenetelmät kehittyivät tutkimusprojektin aikana, eri vuosina analysoidut muuttujat vaihtelevat hieman. Esimerkiksi neulaspeittävyysarvio on saatavilla vasta vuodesta 2006 eteenpäin.



Kuva 1. Pysyvällä numerokoodilla merkitty kataja ja vuosikasvainten mittaamista.

2.4 Mustikan toipumistutkimukset

2.4.1 Mustikan leikkauskoe 1. Kotikuusivaara

Sallan Kotikuusivaarassa sijaitsevassa kokeessa maastoon merkittiin 20 pysyvää koeruutua, jotka olivat kooltaan 2 m x 2 m kokoisia. Joka toinen ruutu valittiin leikkauskäsittelyn kohteeksi ja leikattiin tarkoitukseen kehitetyllä versoleikkurilla elokuussa 2005. Koetta perustettaessa leikkauksen toteutti käytännön mustikanverson keräämisessä aikaisemmin toiminut henkilö, joten versojen keruu saatiin toteutettua käytännön tilanteen mukaan. Alueen versobiomassa oli keskimäärin 188 g kuivapainoa / m², ja koneellisella keruulla poistettiin keskimäärin 36 g kuivapainoa / m², mikä vastaa noin 20 % mustikan maanpäällisestä biomassasta.

Keruu aiheuttaa usein kasvuston muuttumisen entistäkin mustikkavaltaisemmaksi, mikä tekee siitä käytännön keruuta ajatellen paremman keruualueen, koska raaka-aineen puhdistamiseen kuluva aika on lyhyempi. Kotikuusivaaran mustikkakoetta käytettiin myöhemmin myös vastaamaan kysymykseen, voiko mustikka toipua toistuvasta leikkauskäsittelystä. Leikkauskäsittely toistettiin vuonna 2007 puolella aikaisemmin leikatuista ruuduista. Ruudut leikattiin tutkimushenkilöstön voimin ja leikkaus oli käytännön versokeruuseen nähden huomattavasti voimakkaampaa, mikä on otettava huomioon tulosten tulkinnassa: koneellisella keruulla poistettiin keskimäärin 78 g kuivapainoa / m², mikä vastasi 41.5 % alueen mustikkakasvuston keskimääräisestä biomassasta.

2.4.2 Mustikan leikkauskoe 2. Kivalo

Kivalon koealueelle perustettiin vastaava tutkimus vuonna 2006. Kivalon kokeella mustikkabiomassaa leikattiin keskimäärin 76 g kuivapainoa / m², mikä vastasi 39 % alueen mustikkakasvuston keskimääräisestä biomassasta. Koetta perustettaessa kasvusto siis leikattiin liian alhaalta käytännön tilanteeseen verrattuna, minkä vuoksi tulokset eivät suoraan kerro todellisen käytännön keruun vaikutuksista. Tietoa voidaan kuitenkin käyttää arvioimaan keruun voimakkuuden merkitystä toipumisnopeuteen.

2.4.3 Mitatut muuttajat

Koealoja seurattiin vuosina 2006 – 2009, jolloin mitattiin seuraavat muuttajat:

- (1) maan yläpuolinen kokonaisbiomassa (analysoitu 20 cm x 20 cm pikkuruudusta)
- (2) marjasato keräämällä huolellisesti jokainen koeruudun marja niin käsitellyistä kuin käsittelemättömistä ruuduista.

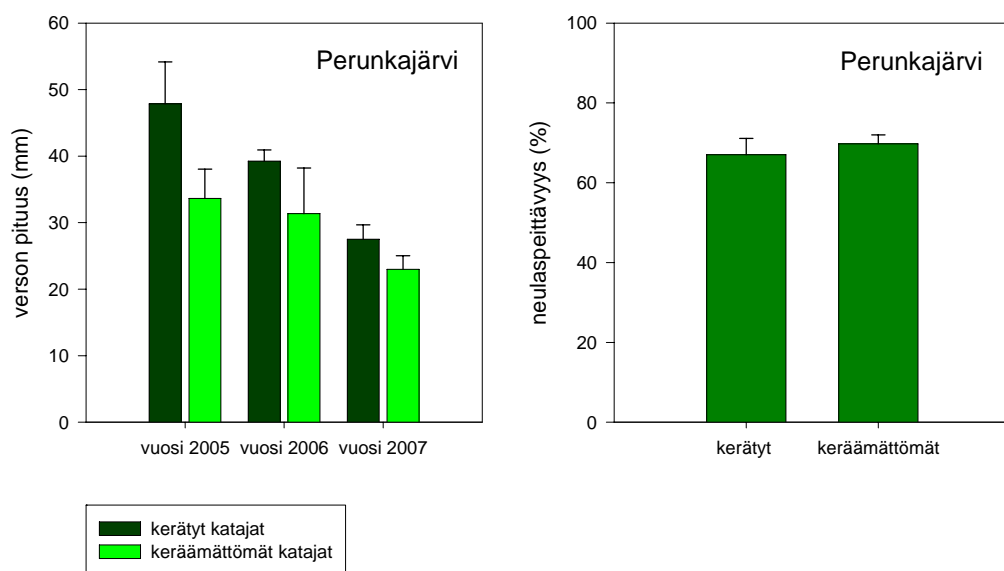
3 Tulokset

3.1 Katajan aidot keruualueet

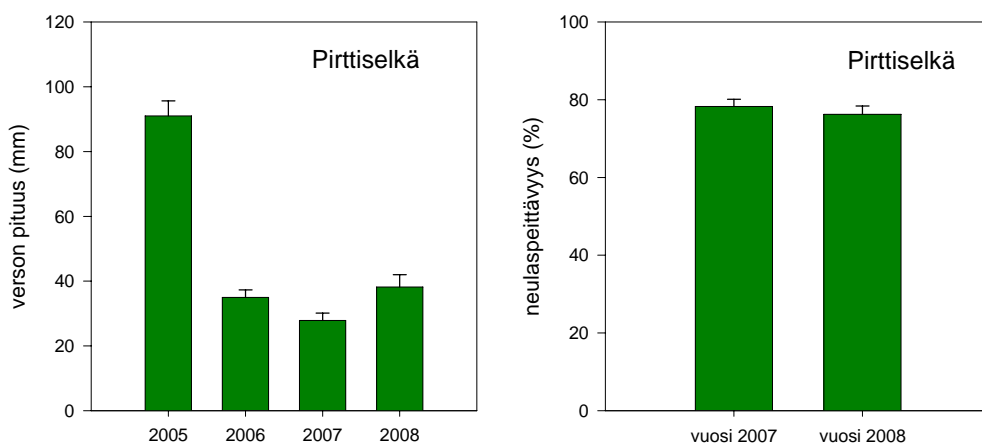
Seurantojen perusteella keruun vaikutukset niin vuosikasvainten keskimääräiseen kasvuun kuin neulaspeittävytyteen vaihtelivat merkittävästi koealojen välillä. Yhtenäisten keruun vaikutusten arvioimisen sijaan on siis selvitettävä, mitkä tekijät ovat tärkeimpiä katajan toipumisen määrittäjiä. Kaikkia tuloksia ei ole raportissa esitelty, vaan on valittu kultakin alalta ne muuttujat, jotka parhaiten kuvaavat katajikon toipumista keruusta.

3.1.1 Rovaniemi (Perunkajärvi ja Pirttiselkä)

Perunkajärven katajikossa oli suoritettu keruu yksittäisen poimijan toimesta vuonna 2004 ja aluetta seurattiin vuosina 2005-2007. Alueella keruu suoritettiin riipimällä. Keruu lisäsi katajan vuosikasvua vuosina 2005 ja 2006. Vuonna 2007 vuosikasvun ero ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä. Neulaspeittävyys analysoitiin alueella ensimmäistä kertaa vasta vuonna 2007, mutta silloin ei havaittu eroa kerättyjen ja keräämättömien katajien välillä.



Kuva 2. Vuosikasvu Perunkajärven alueella vuosina 2005-2007 ja neulaspeittävyys vuonna 2007.

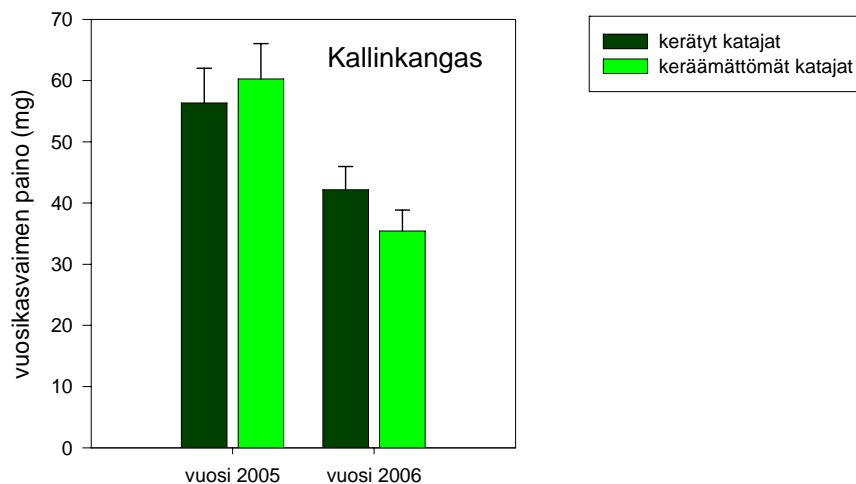


Kuva 3. Pirttiselän kerätyt katajat ja niiden pituuskasvu ja neulaspeittävyysarviot.

Pirttielän keruualueella Meltauksessa ei löytynyt sopivaa keräämätöntä verrokkia kontrolloimaan keruun vaikutuksia. Koska alue oli kuitenkin ollut keruun kohteena usean vuoden ajan perättäisesti, aluetta seurattiin vuosina 2005 – 2008. Vuosikasvainten pituus oli vuonna 2005 merkittävästi suurempi kuin seuraavina vuosina, mikä saattoi johtua joko tämän vuoden edullisemmista olosuhteista, tai edellisen vuoden keruusta aiheutuvasta nopeutuneesta kasvusta. Neulaspeittävyys oli katajikossa korkea, eikä vaihdellut vuosien 2007 ja 2008 välillä.

3.1.2 Keminmaa (Kallinkangas)

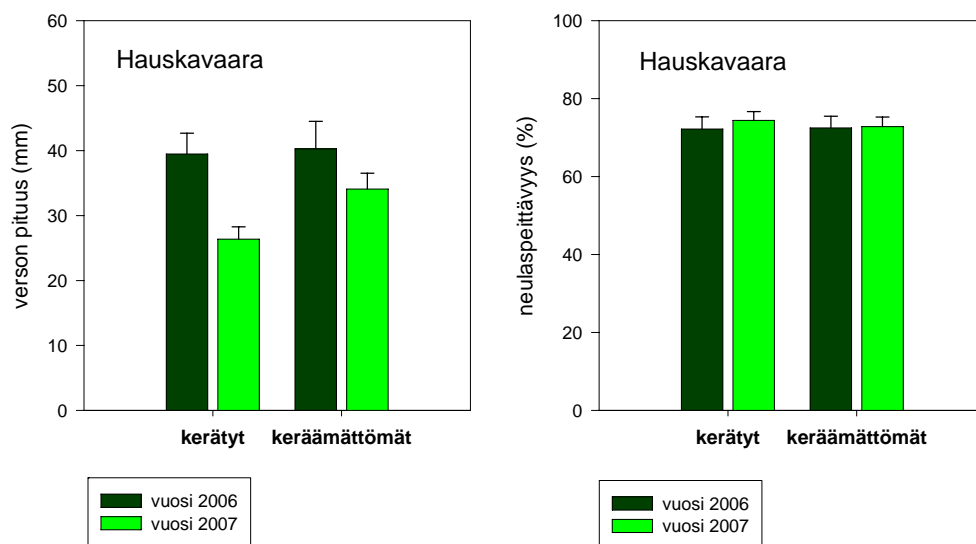
Kallinkankaan keruualueella oli suoritettu keräys leikkaamalla Keminmaan 4H-yhdistyksen organisoimassa massakeruutapahtumassa vuonna 2004. Alue sijaitsee voimalinja-alueella. Keminmaassa leikkaus ei vaikuttanut katajan seuraavien vuosien vuosikasvuun. Vuonna 2007 alueella suoritettiin raivaus, joka oli tuhonnut alikasvustona olevan katajikon, minkä vuoksi seurantoja ei enää voitu alueella jatkaa.



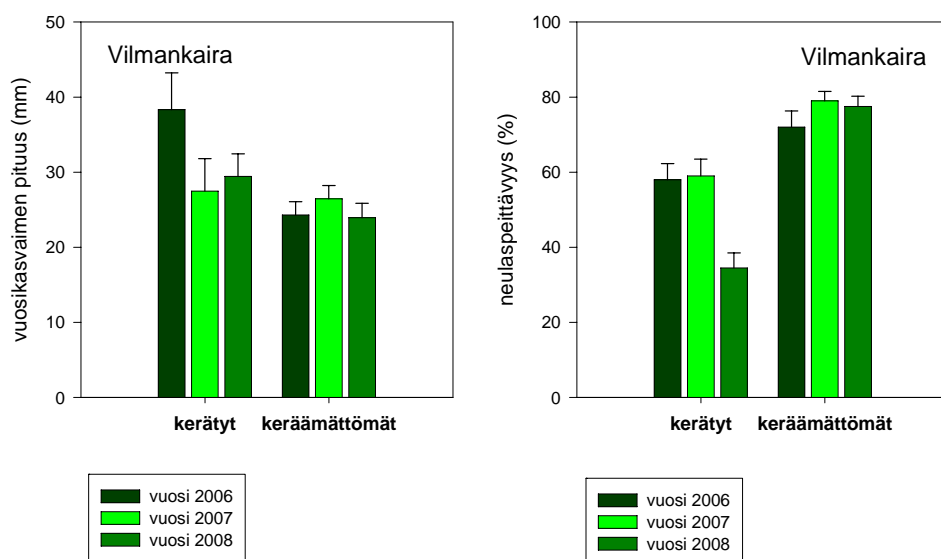
Kuva 4. Vuosikasvu Kallinkankaan keruualueella vuosina 2005 ja 2006

3.1.3 Salla (Hauskavaara, Vilmankaira ja Varvikko)

Sallan merkitys katajanversojen tuottajana on erittäin suuri, koska alueella kataja on hyvin yleinen pensaskerroksen kasvi. Lapin kuntien alueista melkein kaksi kolmasosaa koko katajanversojen saannosta on peräisin Sallan kunnan alueelta (Jankkila 2007). Yksityisellä maalla sijaitseva Hauskavaara on kerätty riippimismenetelmällä vuonna 2004. Tällä alueella keruu ei ole vaikuttanut katajan vuosikasvuun eikä neulaspeittävyteen.



Kuva 5. Vuosikasvainien keskimääräinen pituus ja neulaspeittävyys Hauskavaarassa vuosina 2006 – 2007.

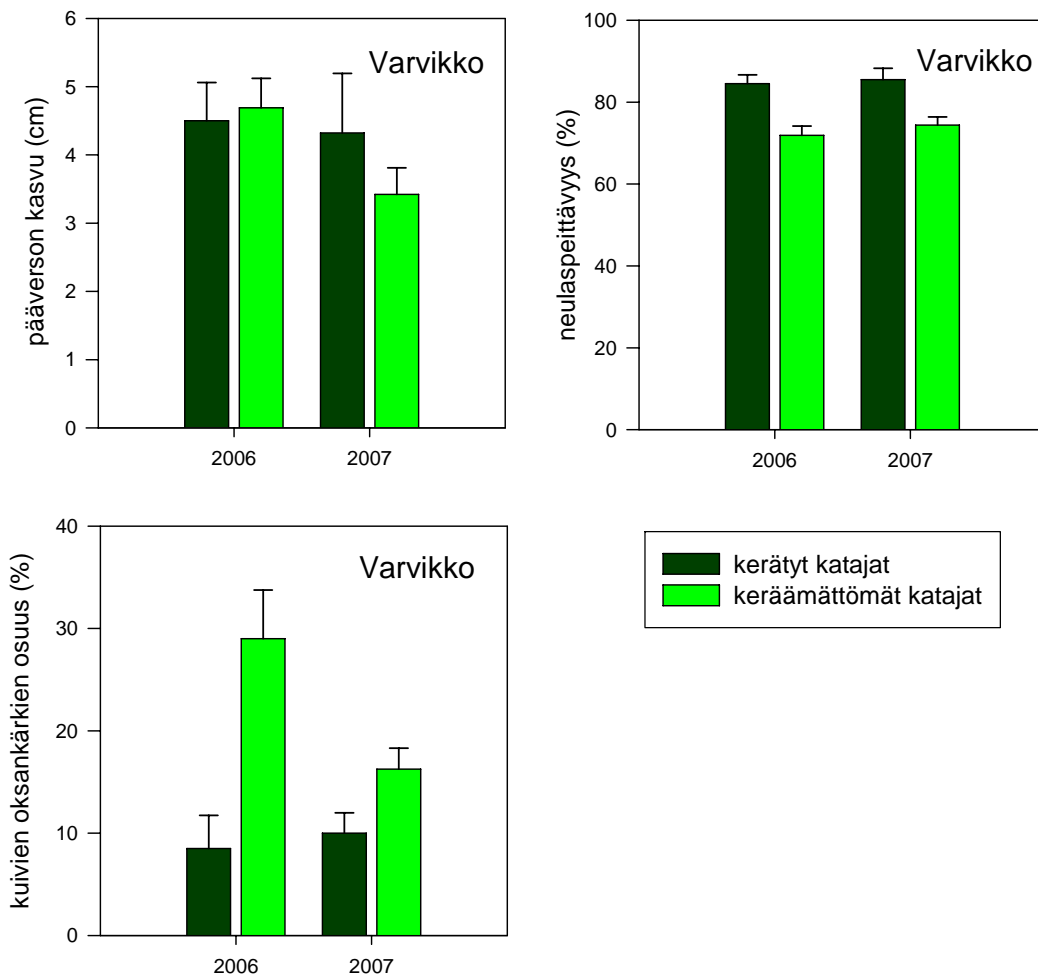


Kuva 6. Vuosikasvainien keskimääräinen pituus ja neulaspeittävyys Vilmankairassa vuosina 2006-2008.

Sallan Vilmankaira muodostaa muihin alueisiin nähden poikkeuksen, koska tällä alueella keruulla oli selkeitä vaikutuksia katajaan ja katajien toipuminen myös lähti käyntiin erittäin hitaasti. Alue on kerätty riippimällä vuonna 2005 ja alueen katajajot on inventoitu vuosina 2006 – 2008. Katajat lisäsivät selvästi kasvuaan keruuta seuraavana vuonna 2006. Vuonna 2006 oli nähtävissä keruun aktivoineen katajissa leposilmuja: morfologisesti kasvu alkoi täysin uusista versoista, jotka lähtivät vanhempien oksien hangoista. Vilmankairan alueella keruu aktivoi uusien vuosikasvaimien tuoton leposilmuista, kun taas muualla kasvu jatkui sivuversoista. Tämä antaa aiheutta olettaa, että leposilmujen aktivoituminen katajassa tapahtuu todennäköisesti vasta suhteellisen voimakkaassa stressissä.

Vuosina 2007 ja 2008 vuosikasvu oli yhä jonkin verran suurempaa kerätyissä kuin keräämättömissä katajissa, mutta vuonna 2008 katajien neulaspeittävyys oli huomattavasti alentunut edellisiin vuosiin verrattuna (kuva 6). Huomioitavaa on, että neulaspeittävyys aleni kaksi vuotta keruun jälkeen, eikä suoraan keruuta seuraavana vuonna. Neulaspeittävyys aleneminen johtuu siitä, että useassa kompensatiokasvun edellisellä vuonna aloittaneissa katajissa tapahtui hirven syömisjälkeä muistuttava kuivumisreaktio – oksan kärki kuoli kasvun jatkuessa alemmalla katajassa. Tämä alensi koko katajan tasolla olevaa neulasbiomassaa.

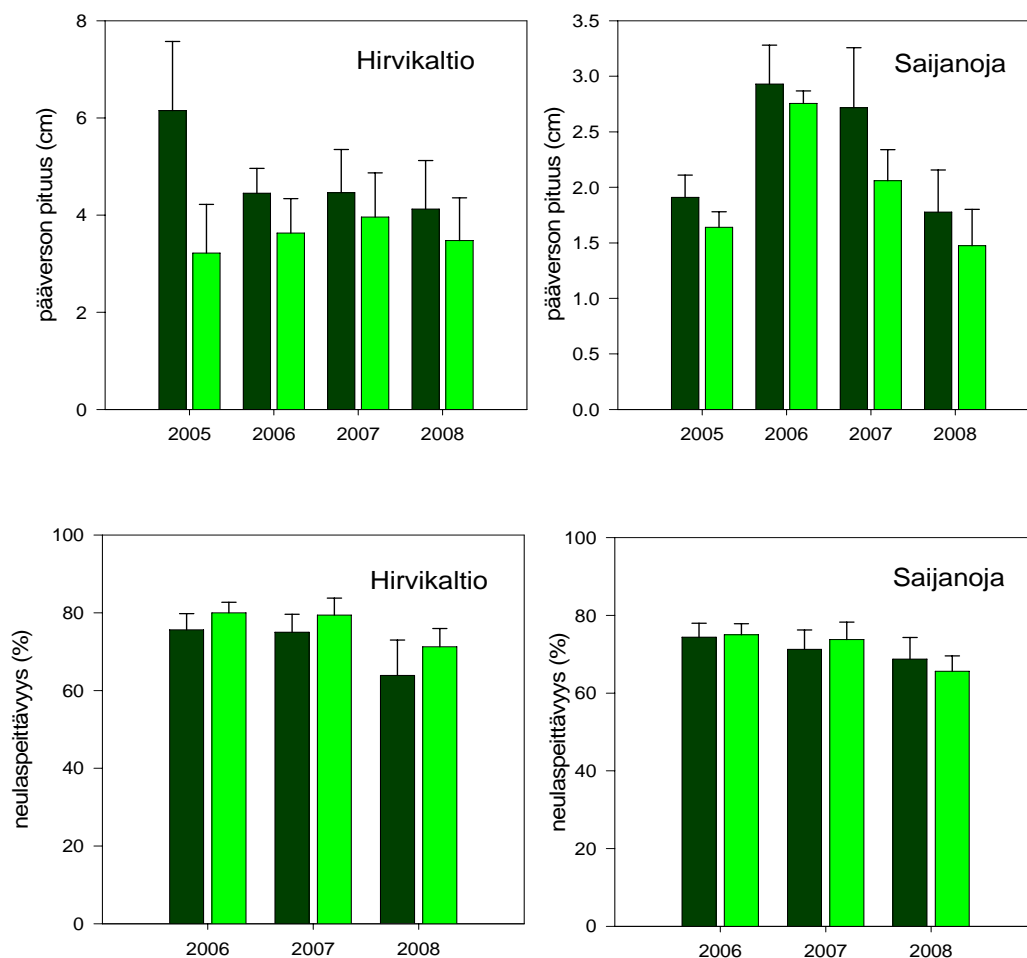
Varvikon alueella oli suoritettu keräys riipimällä vuonna 2005. Aluetta seurattiin vuosina 2006 ja 2007. Tällä alueella keräyksen vaikutus oli vuonna 2006 nähtävissä sekä neulaspeittävydessä että kuivien oksankärkien osuudessa (kuva 7). Toipuminen kuitenkin lähti nopeasti käyntiin, ja sekä neulaspeittävydessä oleva ero, että kuivien oksankärkien osuus oli selkeästi kaventunut vuoden 2007 tuloksissa.



Kuva 7. Varvikon katajikoiden pääverson kasvu, neulaspeittävyys ja kuivien oksankärkien osuus vuoden 2006 – 2007 inventoinneissa.

3.1.4 Savukoski (Hirvikaltio ja Saijanoja)

Savukoskella seuranta-aloille ei löydetty hyviä verrokkeja, jotka olisivat olleet ominaisuuksiltaan riittävän samanlaisia kerättyjen seurantakatajikoiden kanssa. Näiden seuranta-alojen vuosien välinen vaihtelu kertoo vain mahdollisista keruun aiheuttamista negatiivisista vaikutuksista sekä kuinka katajien kasvu on vaihdellut vuodesta vuoteen. Tavoitteena oli myös selvittää katajan sukupuolen merkityksiä vuosittaisessa kasvussa. Tulosten mukaan uros- ja naarasyksilöiden välillä ei ollut selvää eroa kasvunopeudessa (kuva 8).

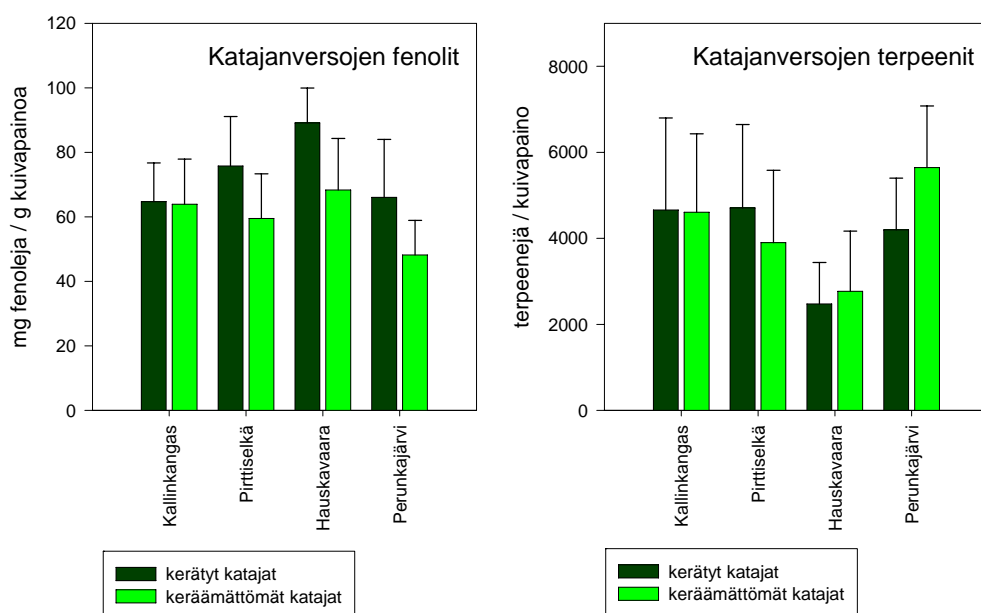


Kuva 8. Kasvu ja neulaspeittävyys kahdella Savukosken Tulppiassa sijaitsevalla seuranta-alueella vuosina 2005-2008.

3.1.5 Keruun ja sukupuolen vaikutukset katajanversojen kemialliseen laatuun

Vuoden 2005 seuranta-aloilla tehty katajien kemiallisen laadun vertailu kerättyjen ja keräämättömien katajikoiden välillä osoitti, että keruu lisää joillakin alueilla versojen fenoli-pitoisuutta (esim. flavonoidit), mutta ei vaikuta versojen terpeenipitoisuuteen (esim. eteeriset öljyt; kuva 9). Keruu lisäsi fenolien määrää kaikilla muilla aloilla paitsi Kallinkankaalla. Tulosten valossa kerätyt katajat tulevat siis entistä laadukkaammaksi raaka-aineen tuottajiksi, mikä johtuu luultavasti keruun aiheuttamasta puolustusreaktiosta katajassa.

Uros- ja naaraskatajien kemiallisen laadun vertailu osoitti, että joillakin alueilla fenolien pitoisuus on suurempi naaras- kuin urosyksilöissä. Laadullinen ero esiintyy kuitenkin vain ajoittain ja joillakin alueilla. Katajien keruunjälkeisessä toipumisnopeudessa ei ollut eroa uros- ja naaraskatajien välillä.



Kuva 9. Katajanversojen fenoli- ja terpeenipitoisuudet kerätyillä ja keräämättömillä katajikoilla.

3.1.6 Katajaseurantojen tulosten yhteenveto

Keruun aiheuttamista vaikutuksista ja keruunjälkeisestä toipumisesta on koottu yhteenveto taulukkoon 3. Koealojen välisiin eroihin voidaan etsiä taustatekijöitä tarkastelemalla katajista mitattuja eri muuttujia. Vuonna 2006 tuloksissa Vilmankairan kerättyjen katajien neulas-peittävyys oli 80 % keräämättömien katajien vastaavasta. Tässä arvioissa on mukana yhden vuoden kompensatiokasvun tuottamat versot, joten voidaan olettaa, että alkuperäinen keruu poisti yli 20 % neulasbiomassasta. Varvikon alueella kerättyjen katajien neulaspeittävyys yhden vuoden kompensatiokasvun jälkeen oli 85 % keräämättömiin katajiin verrattuna, eli katajista lienee keräyksen yhteydessä poistettu yli 15 % neulasbiomassasta. Ero Vilmankairan ja Varvikon alueella tehdyn keruun voimakkuudessa tuntuu pieneltä, eikä voi yksin selittää, miksi toinen alue toipui ja toinen ei.

Keräämättömien katajikoiden neulaspeittävyys oli 72 % Vilmankairan ja 85 % Varvikon alueella. Keskimääräinen vuosikasvaimen pituus Vilmankairan alalla oli n. 2.5 cm, kun kasvu Perunkajärven, Hauskavaaran ja Varvikon alueella oli n. 4 cm. Sekä korkea kasvunopeus että neulasbiomassa luultavasti vaikuttavat katajan toipumisnopeuteen.

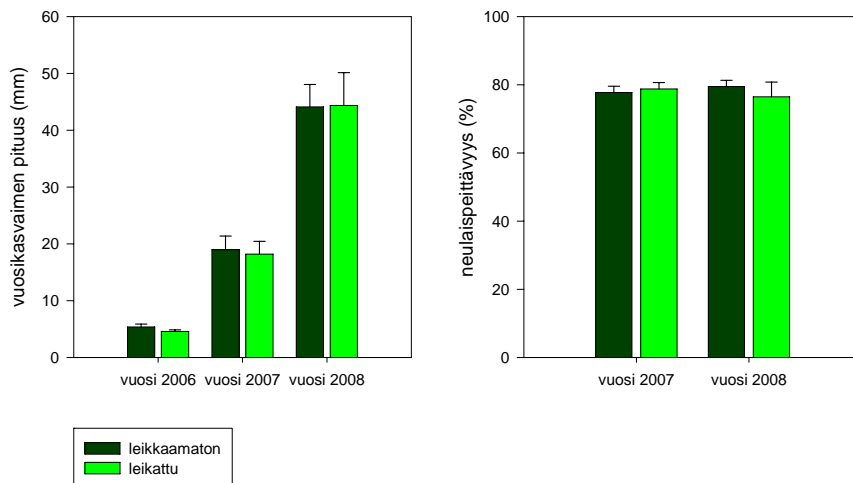
Taulukko 3. Yhteenveto aitojen keruualueiden seurantojen tuloksista.

Seuranta-ala	Päätulokset
Kallinkangas	Keruulla ei selkeitä vaikutuksia kasvuun. Muistin varaisen arvion mukaan ei myöskään vaikutuksia neulaspeittävyteen.
Perunkajärvi	Keruulla lievä positiivinen vaikutus kasvuun, ei vaikutuksia neulaspeittävyteen.
Hauskavaara	Keruulla ei selkeitä vaikutuksia kasvuun tai neulaspeittävyteen. Keruu lisäsi kuivia oksankärkiä, jotka peittyivät nopeasti uuden kasvun alle.
Vilmankaira	Keruulla selkeä positiivinen vaikutus kasvuun, mutta voimakas alentava vaikutus neulaspeittävyteen, keruunjälkeinen toipuminen erittäin hidasta.
Varvikko	Keruulla ei selkeää vaikutusta kasvuun. Neulaspeittävyys alentui keruun seurauksena, mutta kerätty katajikko alkoi nopeasti palautua.

3.2 Katajan leikkauskokeet

3.2.1 Juokuan leikkauskoe

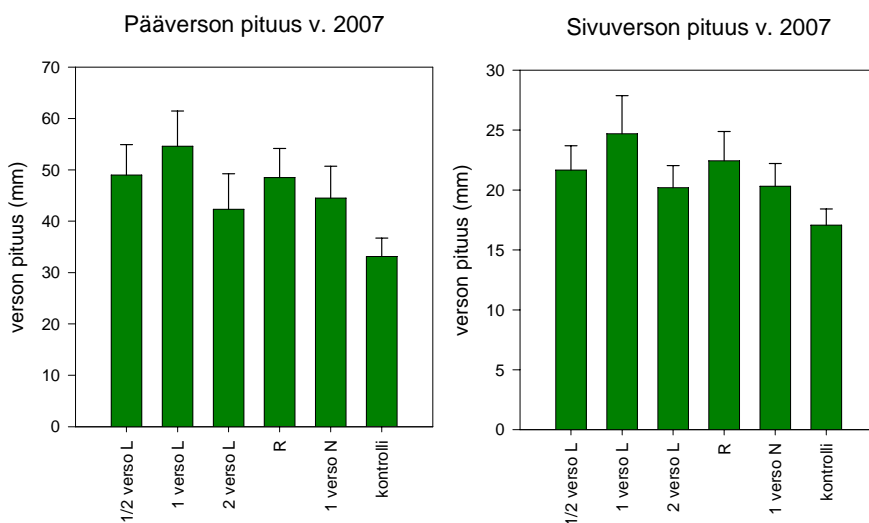
Juokuussa ei kokeellisella leikkaamisella ollut vaikutuksia versojen kasvuun eikä neulaspeittävyteen (kuva 10). Leikkaaminen ei siis lisännyt oksien tuottaman vuosikasvun määrää, mutta toisaalta ei vähentänytkään. Leikkaamisesta seuraava vuosi 2006 oli äärimmäisen kuiva – tutkimusalueen sademäärä kesä-heinäkuun ajalta oli vain 2-3 mm. Vuosina 2007 ja 2008 kasvu on ollut voimakkaampaa, mutta yhä täsmälleen samansuuruisista sekä leikatuissa että leikkaamattomissa katajissa.



Kuva 10. Kasvu ja neulaspeittävyys Juokuan leikkauskokeella vuosina 2006-2008.

3.2.2 Kivalon leikkauskoe

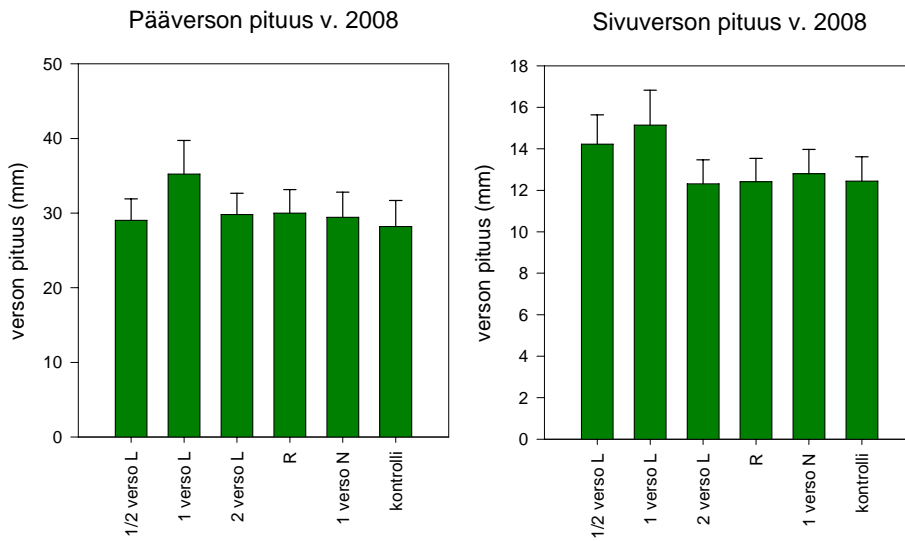
Kivalon leikkauskokeessa pyrittiin saamaan tarkempaa tietoa siitä, miten keruutapa vaikuttaa katajan seuraavan vuoden kasvuun. Vuoden 2007 tulosten mukaan kasvunopeus oli alin leikkaamattomissa oksissa (kuva 11). Paras keruutapa seuraavan vuoden kasvunopeuden suhteen vaikuttaa olevan yhden vuosikasvaimen leikkaaminen: näissä oksissa kasvu on selkeästi suurempaa kuin leikkaamattomissa oksissa, vaikka myös nyppiminen että riipiminen kasvattivat seuraavan vuoden kasvua. Tulokset osoittavat tyypillisen kompensatiokasvureaktion, joka johtuu apikaalidominanssin murtumisesta. Kahden vuosikasvaimen leikkaaminen näyttää kaikkein epäedullisimmalta keruutavalta, sillä sen kasvua lisäävä vaikutus on kaikkein alhaisin.



Kuva 11. Pää- ja sivuversojen kasvu eri leikkauskäsittelyissä vuonna 2007 eli yhden vuoden jälkeen kokeellisesta keruusta (1/2 L = puolikkaan vuosikasvaimen leikkaaminen, 1 verso L = yhden vuosikasvaimen leikkaaminen, 2 verso L = kahden vuosikasvaimen leikkaaminen, R = riipiminen, 1 verso N = yhden vuosikasvaimen nyppiminen, K = leikkaamaton verrokki eli kontrolli).

Kaikki oksat lähtivät kasvamaan vanhoista sivuversoista, joiden kasvu on siis voimakkaampaa apikaalidominanssin murtumisen vuoksi. Tässä kokeessa ei siis havaittu leposilmujen aktivoitumista.

Vuoden 2008 aineistossa ei ollut tilastollisia eroja minkään käsittelyn välillä. Keskiarvo näyttää kuitenkin korkeammalta oksissa, joista on leikattu yksi vuosikasvain kaksi vuotta aikaisemmin.

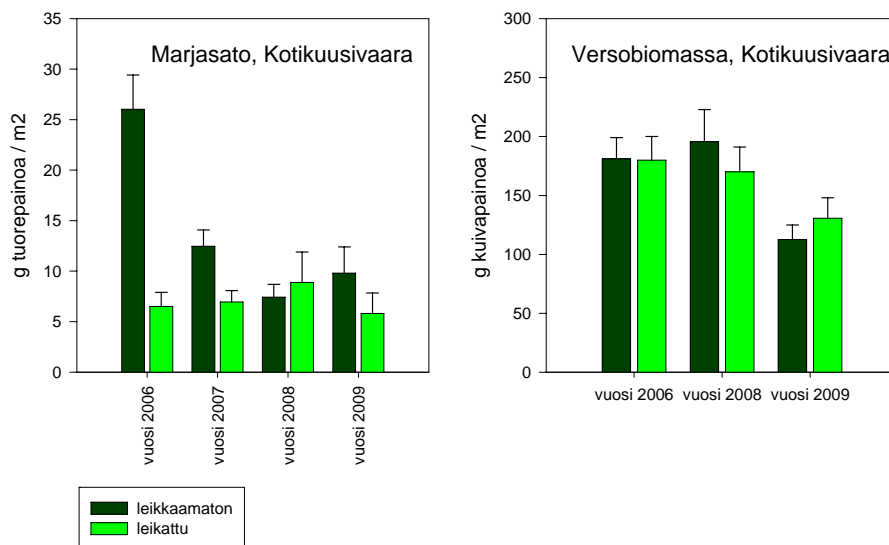


Kuva 12. Pää- ja sivuversojen kasvu eri leikkauskäsittelyissä vuonna 2008 eli kaksi vuotta kokeellisen keruun jälkeen.

3.3 Mustikan toipuminen versokeruun jälkeen

3.3.1 Kotikuusivaara yhden leikkauskerran jälkeen

Mustikka on pääasiallisesti kasvullisesti maavarresta lisääntyvä varpukasvi, joka muodostaa laajoja yhtenäisiä, saman yksilön muodostamia kasvustoja. Kokeellisten mittausten perusteella mustikan maanyläpuolinen biomassa toipui nopeasti versojen leikkaamisesta: yksi vuosi leikkaamisen jälkeen ei enää ollut tilastollisesti merkitsevää ero versobiomassan määrässä (kuva 13). Kasvu käynnistyi varren leposilmusta. Keruu siis johti apikaalidominanssin murtumiseen ja varren leposilmun aktivoitumiseen, eikä mustikan kasvun tarvinnut lähteä käyntiin alemmaa maavarresta tai juuristosta.



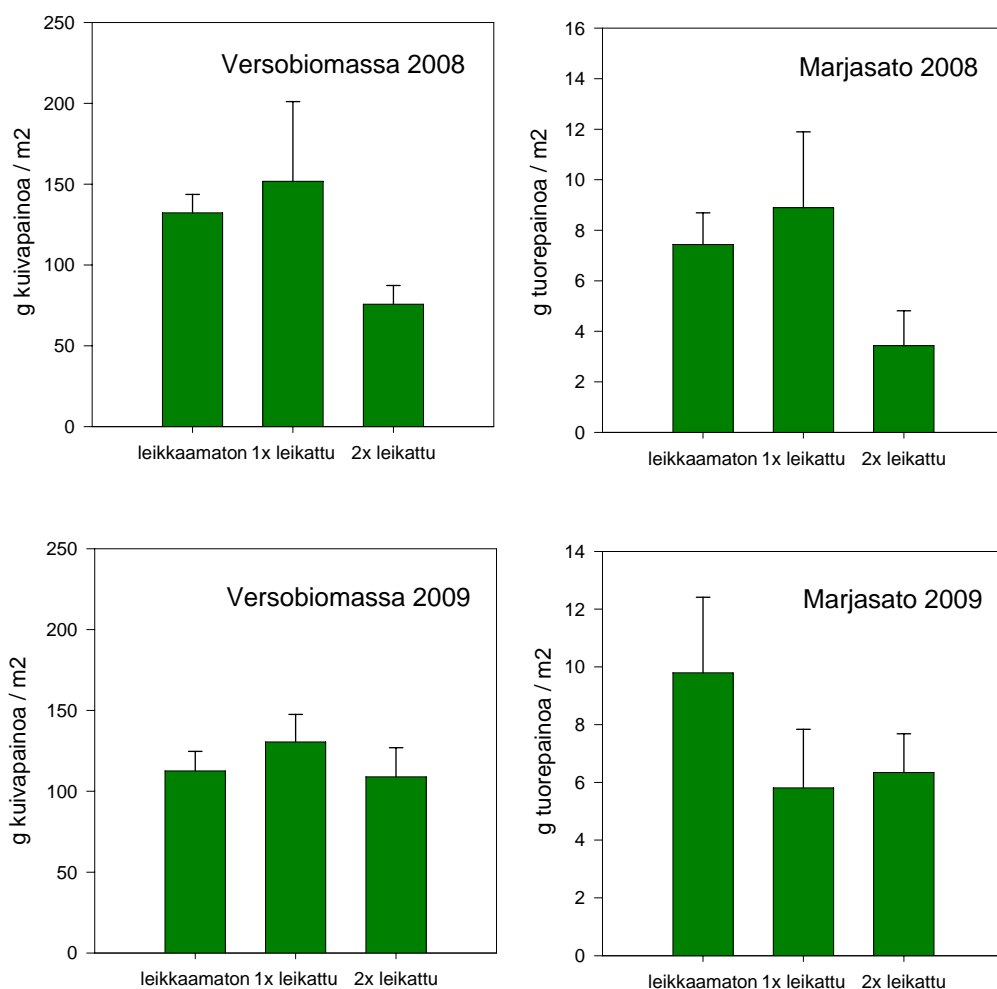
Kuva 13. Mustikan versobiomassa ja marjasato Kotikuusivaaran mustikanleikkauskokeella. Vuoden 2008 versobiomassa-tulokset puuttuvat.

Mustikkasato oli merkittävästi alempi leikatuissa kasvustoissa keruuta vuosina 2006 ja 2007 (keruuta seuraavina kahtena vuotena), mutta marjasadon määrässä ei ollut enää tilastollisesti merkitsevää eroa vuosina 2008 ja 2009. Vuonna 2006 mustikka kasvatti edellisenä vuonna menetetyin verson uudelleen ja vasta vuonna 2007 kasvatti seuraavat kukka-aiheet, jotka näkyvät mustikkasadon määrässä vuonna 2008.

Leikkaamattomien versojen mustikkasato oli huomattavan korkea vuonna 2006 verrattuna vuosien 2007 ja 2008 satoihin. Vuosien välinen vaihtelu selittää kuvassa esiintyvän paradoksin, jonka mukaan leikattujen mustikoiden sato on pysynyt kaikkina vuosina samana, kun taas leikkaamattomien mustikoiden sato on vaihdellut merkittävästi vuosien välillä. Todennäköinen selitys vuosien väliseen vaihteluun on vuoden 2006 kuiva ja lämmin kesä, joka suosi marjantuotantoa Kotikuusivaaran kaltaisissa vanhoissa, pimeissä kuusimetsissä.

3.3.2 Kotikuusivaara kahden leikkauskerran jälkeen

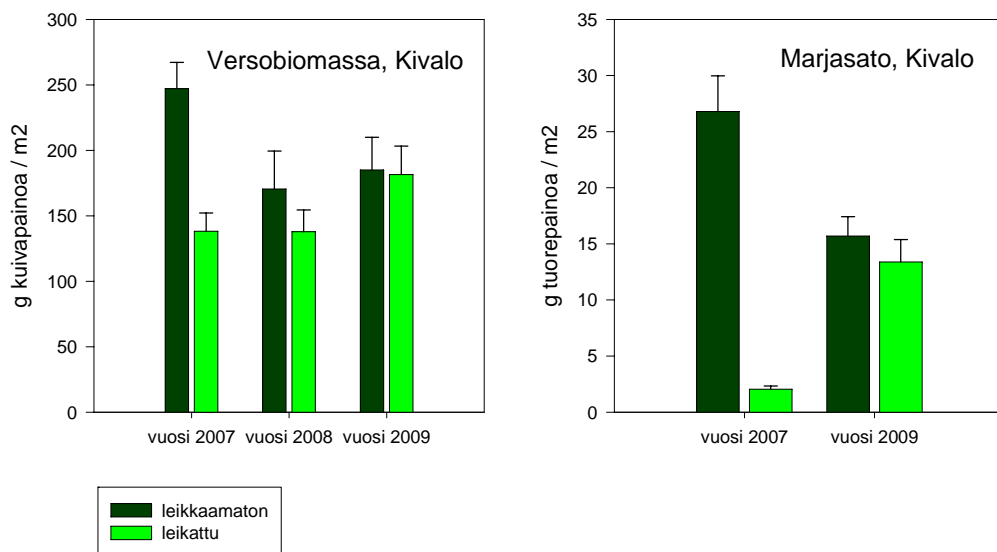
Toistettu käsittely oli alkuperäistä käsittelyä huomattavasti voimakkaampi poistaen noin 40 % biomassasta. Versobiomassa toipuu hyvin myös kahden, lyhyen ajan sisällä tehdyn, leikkuukerran jälkeen (ensimmäinen leikkauskerta vuonna 2005, toinen leikkauskerta vuonna 2007). Versobiomassa ei kuitenkaan vielä yhden vuoden jälkeen palautunut leikkaamattomien versojen tasolle. Marjasadon osalta tulokset ovat samansuuntaiset kuin yhden vuoden keruun jälkeen. Vuonna 2009 ei enää ollut merkitsevää eroa marjasadossa leikkaamattomaan tilanteeseen verrattuna.



Kuva 14. Mustikan maanpäällinen versobiomassa ja marjasato vuosina 2008 ja 2009 leikkaamattomissa, kerran leikatuissa (v. 2005) ja kaksi kertaa leikatuissa (v. 2005 ja v. 2007) kasvustoissa.

3.3.3 Kivalo yhden leikkauskerran jälkeen

Kivalon tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että leikkaus toteutettiin noin kaksi kertaa käytännön keruuta voimakkaammin – kun käytännön tilanteessa kasvustosta poistettiin noin 20 % biomassasta, poistui Kivalon leikkauskokeella noin 40 % biomassasta. Tulokset kuitenkin kuvaavat suositusta voimakkaamman keräyksen vaikutuksia. Versobiomassa toipui leikkaamattoman tasolle kaksi vuotta leikkaamisen jälkeen (kuva 15). Keruun aiheuttama morfologinen reaktio poikkesi selkeästi Kotikuusivaaran kokeesta: kun Kotikuusivaarassa uusi kasvu lähti varren leposilmuista, Kivalon alueen mustikkakasvustot uusiutuivat maan alla olevasta maavarsista, mikä hidastutti kasvuston uudistumista. Leikkaamattoman biomassan ero vuosien välillä johtuu siitä, että alueen mustikkakasvustoja oli jostain syystä kuoleentunut. Vuonna 2009 ei enää ollut nähtävissä eroa marjasadossa leikattujen ja leikkaamattomien ruutujen välillä.



Kuva 15. Mustikan maanpäällinen versobiomassa ja marjasato Kivalon tutkimusalueella. Vuoden 2008 marjasato-tulokset puuttuvat.

4 Tulosten tarkastelu

Seurantojen avulla saatiin tietoa keruun vaikutuksista tulevien selvitysten pohjaksi ja niiden tarkempaan kysymyksenasetteluun. Keruualueiden välisellä vertailulla voidaan myös arvioida katajan toipumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tarkastelussa tutkimuksen päätulokset on koottu niiden kysymysten alle, jotka ovat merkityksellisiä raaka-aineen hyödyntäjille.

4.1 Aiheuttaako versojen kerääminen uhkaa katajalle?

Aitojen keruualueiden seuranta osoitti, että pääsääntöisesti kataja toipuu keruusta erittäin hyvin: monen vuoden aineistossa ei esiintynyt katajien kuolemia, lisääntyneitä tautialttiutta, harsuuntumista tai muuten vakavia seurauksia. Seurannoissa oli mukana aloja, joita oli kerätty useampaan otteeseen ja pitkän ajan kuluessa – eräät katajikot olivat olleet ensimmäisiä keruun kohteena jo 1990-luvun lopulla. Katajien kasvu pysyi samana tai lisääntyi keruusta seuraavana vuonna. Yhdellä seuranta-alalla toipuminen ei keruun jälkeen lähtenyt käyntiin, vaan neulaspeittävyys aleni seurantavuosien aikana. **Pääsääntöisesti kataja kestää keruuta hyvin, mutta ei täysin poikkeuksetta.** Joskus keruu voi aiheuttaa hirvensyönnöstä muistuttavan jäljen, jossa oksan kärki kuivuu ja katajan kasvu jatkuu alempaa lehvästössä. Kuiva oksan kärki näkyy maisemassa luultavasti pitkän aikaa.

Syy Vilmankairan keruualueen hitaaseen toipumiseen löytyy luultavasti alueen alhaisen kasvunopeuden, suoritun keruun voimakkuuden ja seuraavan kasvukauden epäedullisten kasvuolosuhteiden yhdistelmästä. Keruuta seuraavana kasvukautena eli kesällä 2006 koettiin Pohjois-Suomessa vuosisadan kuivin kesä. Kuivissa oloissa kasvit säätelevät veden haihtumista sulkemalla lehtien ilmaraot. Kuivuusreaktio vähentää kasvin yhteyttämistä: kun ilmaraot ovat kiinni veden säästämiseksi, ei kasvi voi myöskään ottaa ilmakehän hiilidioksidia, jonka kasvi muuttaa yhteyttämisen kautta sokeriksi ja sitä kautta erilaisiksi primaarisiksi- (tärkkelys, selluloosa, ligniini) ja sekundäärisiksi yhdisteiksi (fenoliset yhdisteet, haihtuvat öljyt, pihka). Kuivuus voi alentaa merkittävästi kasvin energiavarastoja, jotka ovat tärkeitä kasvin selviämisen kannalta talviaikaisen aineenvaihdunnan energialähteenä. Talvella kasvin kuluttavat osan kesällä yhteyttämästään hiilestä omaan hengitykseensä. Kun keruun aiheuttama leposilmujen aktioivtuminen ja kompensatiokasvu yhdistyi ankariin olosuhteisiin, katajien tärkkelysvarastot kuluivat loppuun ja osa katajien biomassasta kuoleentui. Kuivuus ei aiheuttanut vaurioita saman alueen keräämättömiin katajiin, koska niiden ei tarvinnut käyttää tärkkelysvarastojaan uuden biomassan kasvattamiseen menetetyin tilalle. **Keruu ei luultavasti itsessään aiheuta haitallisia vaikutuksia katajalle, mutta se voi altistaa katajaa muille stressinaiheuttajille, kuten kuivuudelle.**

Nykyisen aineiston perusteella on vaikea arvioida haitallisten vaikutusten riskin suuruutta. Keruun suosituksilla on kuitenkin mahdollista estää vastaavien tapausten esiintyminen tulevaisuudessa. Avainasemassa on riittävän neulasbiomassan säästäminen kerättäville katajille, jotta kataja kykenee epäedullisissakin oloissa yhteyttämään keruu- ja sitä seuraavana kasvukautena riittävästi säilyttääkseen riittävät tärkkelysvarastot talviaikaiseen aineenvaihduntaan.

4.2 Miten keruutapa vaikuttaa katajan toipumiseen?

Eriaisista keruutavoista **versojen leikkaaminen vaikuttaa toipumisen kannalta parhaimmalta keruutavalta.** Yhden vuosikasvaimen leikkaaminen näyttää kiihdyttävän eniten katajan seuraavan vuoden kasvua: Kivalon leikatuiissa katajissa kasvu voimistui enemmän kuin nypityissä tai riivityissä katajissa tai tilanteessa, jossa leikattiin kahden vuoden kasvu. Koska kokeen tutkittava yksikkö oli katajan oksa, tämä koeasetelma antoi tietoa siitä, miten kasvun hormonaalinen säätely vaihtelee eri keruutavoilla silloin, kun resurssien saatavuus ei vaikuta toipumiseen. Apikaalidominanssin murtuminen puuvartisilla kasveilla aiheuttaa yleisesti kasvun voimistumista (Haukioja ja Koricheva 2000). Kasvun aktivoitumiseen vaikuttaa kuitenkin tämän tutkimuksen perusteella myös oksan puutumisasike, koska kasvu voimistui vähemmän mikäli katajasta leikattiin kahden vuoden vuosikasvu.

Versojen leikkaamisen jälkeen katajan kompensoi kasvunsa suoraan leikatun pinnan alapuolelta, eikä katajaan jää kuivaa, neulasetonta oksan kärkeä. Tämä on maisemallisesti parempi keruutapa. On myös mahdollista, että riipiminen kuluttaa huonoissa kasvuolosuhteissa enemmän katajan energiavarastoja kuin leikkaaminen ja sitä kautta altistaa katajaa voimakkaammin huonoille olosuhteille. Kun leikkaaminen poistaa katajasta sekä yhteyttävän versobiomassan että puumaisen varren, poistuu riivittäessä katajasta paljon yhteyttävää biomassaa, mutta puumainen varsi jää katajalle ylläpidettäväksi. Tutkimuksen tulokset tukevat tätä päätelmää: Juokuan leikkauskoe aloitettiin vuonna 2005 – samana vuonna kuin Vilmankairan keruu suoritettiin – ja altistui seuraavana kasvukautena yhtä vakavaan kuivuuteen, mutta kasvu ja neulaspeittävyys eivät muuttuneet leikkaamista seuraavina vuosina.

4.3 Kuinka pitkäksi aikaa sama katajikko täytyy rauhoittaa ennen seuraavaa keruuta?

Katajan vuosikasvussa esiintyy suurta alueellista vaihtelua, joka johtuu kasvupaikkatekijöistä, kuten kasvupaikan ravinteisuudesta ja valoisuudesta. Luonnonolosuhteista johtuva katajan kasvunopeuden vaihtelu aiheuttaa suurta alueellista vaihtelua katajan toipumisnopeudessa. Vuosikasvun ollessa runsasta (5 – 12 cm vuodessa) on katajan toipuminen todella nopeaa, mutta ikärakenteeltaan vanhoissa katajikoissa tai karuilla kasvupaikoilla vuosikasvu voi olla erittäin hidasta (0.3 – 0.8 cm vuodessa). Vaikka seuranta-alojen joukossa oli useita alueita, joilla oli suoritettu keruita toistuvasti ilman seurauksia, ei karuille kasvupaikoille voida suositella uutta keruuta lähivuosien aikana. **Muuttumatonta suositusta väliajasta, joka pitää antaa kullekin keruukatajikolle ennen seuraavaa keruuta, ei voida antaa.** Suositusten antamiseksi keruun väliajoista tarvittaisiin yksityiskohtaisia selvityksiä kasvupaikkaluokitteluineen, jota ei voida tehdä ilman pitkäaikaista tutkimusta. Seuraavan keruukerran ajoittaminen on arvioitava alueen yleisen tuottavuuden perusteella.

4.4 Voisiko katajaa viljellä toistuvaa versojen keruuta varten?

Tutkimusten tulosten perusteella hyvissä olosuhteissa katajan toipuminen ei vaaraannu useankaan keruukerran jälkeen. Tulokset katajan keruun vaikutuksista versojen kemialliseen laatuun olivat rohkaisevia: kerran tai useammin esiintynyt keruu lisäsi katajien fenolien pitoisuutta, mikä tekee raaka-aineen antimikrobisista ominaisuuksista entistäkin parempia. Toistuva keruu ei vaikuttanut terpeenien (esim. eteeriset öljyt) pitoisuuksiin. Luonnonkatajista saatujen tulosten perusteella siis **viljeltyjen katajien toistuva käsittely ei tulisi huonontamaan raaka-aineen laatua.** Paras keruutapa viljelykatajille olisi yhden vuosikasvaimen leikkaus, joka paitsi lisää katajan kasvua, myös vaikuttaa turvallisemmalla vaihtoehdolla toipumista ajatellen.

Uros- ja naaraskatajien välillä löytyi eroja osassa tarkastelun kohteena olleessa katajikossa: uroskatajien vuosikasvu on toisinaan suurempi, kun taas fenolisten yhdisteiden pitoisuus naarasyksilöissä oli jonkin verran suurempi. Terpeenien eli eteeristen öljyjen määrässä ei ollut eroa. Viljelyä ajatellen uros- ja naaraskatajien kasvun ja kemiallisen laadun erot vaativat lisäselvityksiä.

4.5 Toipuuko mustikkakasvusto leikkaamisesta ja mitä tapahtuu marjasadolle?

Nykyinen suositus mustikanversojen koneelliselle keruulle suosittaa enintään ylimmän 5 – 10 cm leikkaamista, mikä tuo raaka-aineeseen korkeimman määrän mustikanlehtiä varsibiomassaan verrattuna. Versokasvusto toipuu koneellisesta keruusta hyvin nopeasti – eroa leikkamattomaan kasvustoon ei enää seuraavana vuonna ole näkyvissä. Marjasato putoaa keruusta seuraaviksi kahdeksi vuodeksi. Kun keruuvuoden marjasato lasketaan mukaan, **versokeruualueelta menetetään marjasato kolmelta vuodelta.**

Kun kasvustoista leikattiin kaksinkertainen määrä biomassaa, myös toipumisaika kaksinkertaistui. Tämä osoittaa nykyisen suosituksen sopivan hyvin sekä keruuseen että mustikkakasvuston toipumiseen. Kun versoista leikataan suurempi osuus, uusi kasvu ei enää aktivoidu varren leposilmuista, vaan maavarresta, jolloin versobiomassa korvautuu huomattavasti hitaammin.

4.6 Tutkimuksen tuomia näkökohtia katajan- ja mustikanversojen kestäväälle keruulle

4.6.1 Kataja

Keruumenetelmien kehittämisessä on otettava huomioon sekä katajan toipumiseen liittyvät näkökohdat että keruutavan taloudellisuus ajankäytön ja kuljetun matkan suhteen. Tulevien keruusuositusten määrittämisen pohjalla tulee olla arvokeskustelu, jossa määritetään keruulle sallitut vaikutukset. Erilaiset ratkaisut tulevaisuuden suhteen voivat tuoda erilaisia vaikutuksia.

Vaihtoehto 1. Nykykäytännön säilyttäminen. Jos keruuta jatketaan nykyisillä säännöksillä, ei keruulla pääsääntöisesti ole haitallisia vaikutuksia katajalle. Karuilla kasvupaikoilla voi toisinaan esiintyä haitallisia vaikutuksia, jos kasvuolosuhteet seuraavana kasvukautena ovat erityisen huonot.

Vaihtoehto 2. Siirrytään katajanversojen leikkaamiseen. Katajan toipumisen kannalta vaikutti leikkaaminen ylivoimaisesti keruumenetelmältä. Leikkaaminen on kuitenkin keruumenetelmänä huomattavasti vähätuottoisampi kuin riipiminen. Jos käytettyjen keruumenetelmien suhteen pyritään siirtymään riipimisestä ja nyppimisestä leikkaamiseen, uusia menetelmiä tarvitaan, jotta keruu ei tule taloudellisesti kannattamattomaksi. Jos keruu ei ole taloudellisesti kannattavaa, versojen kerääminen voi vähetä merkittävästi tai jopa loppua.

Vaihtoehto 3. Lisäohjeistetaan katajan keruuta kerättävän biomassan ja keruualueiden suhteen.
3A. Ohjeistuksen avulla voidaan rajata katajasta kerättävän biomassan määrä niin, että katajalle jää riittävästi neulasbiomassaa toipumiseen. Tulosten perusteella laskennallisesti arvioiden n. 10 % neulasbiomassasta on sellainen määrä, minkä nuoresta ja runsaskasvuisesta katajasta voi täysin turvallisesti kerätä, mutta vanhojen ja hidaskasvuisten katajien kohdalla voi olla syytä rajata kerättävän biomassan määrää. Jatkotutkimuksia varten voisi perustaa uusia kokeita, jossa samassa katajikossa kerättäisiin yksilöitä voimakkuudeltaan vaihtelevilla tavoilla. Tulosten tulokinnassa olisi siinäkin tapauksessa otettava huomioon, miten seuraavan vuoden sääolosuhteet vaikuttavat katajan toipumiseen.

3B. Keruuta voidaan myös kohdentaa alueellisesti. Nopeakasvuiset katajat, joissa neulasbiomassa oli suuri, näyttivät toipuvan helposti voimakkaastakin keruusta. Keruu voidaan rajata koskemaan vain nopeakasvuisia katajikoita tai katajayksilöitä. Runsa yhteyttävä neulasbiomassa toimii katajan varmistimena nopealle toipumiselle. Suurin osa keruusta tapahtuu jo nyt tällaisilla alueilla, koska nopeakasvuiset katajikot antavat suurimman tuoton kulutettuun aikaan nähden. Hyvien keruualueiden löytäminen on kuitenkin yksi suurimpia keruuta rajoittavista tekijöistä ja sopivien alueiden etsimiseen kuluu jo ennestään runsaasti aikaa ja nettotuloa kuluttavia resursseja.

3C. Keruualueina kannattaisi hyödyntää erityisesti metsätaloudellisten toimenpiteiden alla olevia metsiä, joista kataja on vaarassa hävitä muista syistä. Metsänkäsittelyssä ei katajia säästetä, vaan ne häviävät toimenpiteiden yhteydessä. Metsänhakkuiden tai voimalinjojen raivaustöiden yhteydessä järjestettävissä katajien keruutapahtumissa voisi kerätä katajanversoja helposti suuriakin määriä tilanteessa, jossa katajan keruunjälkeinen toipuminen on kysymyksenä merkityksetön.

4.6.2 Mustikka

Nykyiset versokeruusuositukset ovat hyviä mustikan kestävä keruun kannalta: versobiomassa toipuu ennalleen yhden kasvukauden aikana, eikä toipumisnopeus tai -potentiaali vaarannu kahdenkaan keruukerran jälkeen. Versojen kerääminen on alueellisesti kohdennettu tiheäpuustoiisiin kuusikoihin, jotka eivät ole tuottavia alueita marjankeruuta ajatellen. Tällä on pyritty eliminomaan mahdolliset ristiriidat mustikan marjan- ja versokeruun välillä. Uudet tutkimustulokset mustikanlehtien fenolien pitoisuuksista kuitenkin osoittavat, että fenolipitoisuudet ovat korkeampia avonaisilla kasvupaikoilla verrattuna kuusimetsän pohjakerrokseen (F. Martz, julkaisematon tutkimustulos). Koska raaka-aineen laatua ajatellen olisi versokeruuta syytä suunnata avonaisille paikoille, tulevaisuudessa voi olla hyötyä tarkempien suunnitelmien laatimisesta verso- ja marjankeruuseen kohdennettavien alueiden erottamiseksi.

Taulukko 3. Tutkimuksen tulosten yhteenveto.

Koeala	Päätulos
Katajat	Keruu ei aiheuta katajille lisääntyntä kuolleisuutta tai tautialttiutta ja pääsääntöisesti kataja toipuu keruusta hyvin. Joissakin tapauksissa riipiminen aiheuttaa katajan oksien kuivumisen hirven syönnöstä muistuttavalla tavalla.
Mustikka	Mustikkakasvusto palautuu ennalleen yhden vuoden kuluttua versokeruusta. Marjasato palautuu entiselle tasolle kolmantena keruunjälkeisenä vuonna.

5 Kirjallisuus

- Haukioja, E. ja Koricheva, J. 2000. Tolerance to herbivory in woody vs. herbaceous plants. *Evolutionary Ecology* 14: 551-562.
- Hawkes, C.V. ja Sullivan, J.J. 2001. The impact of herbivory on plants in different resource conditions: a meta-analysis. *Ecology* 82: 2045-2058.
- Jankkila, Hilikka ym. 2007. Lapin luonnontuote- ja erikoiskasviala. Maakunnallisesta mahdollisuudesta elinkeinoksi. *ProAgria Lappi, Elintarvikekoordinaatiohankkeen raportti*.
- Massei, G., Watkins, R., & Hartley, S.E. 2006. Sex-related growth and secondary compounds in *Juniperus oxycedrus macrocarpa*. *Acta Oecologica* 29: 135-140.
- Niemi, S. 2005. Luonnonkasvien keruu teolliseen tuotantoon. *Metsäntutkimuslaitos, Mette-hankkeen raportti*.
- Nuortila, C. 2007. Constraints on sexual reproduction and seed set in *Vaccinium* and *Campanula*. *Acta Universitatis Ouluensis, Scientiae Rerum Naturalium A* 489.
- Ortiz, P.L., Arista, M. & Talavera, S. 2002. Sex ratio and reproductive effort in the dioecious *Juniperus communis* subsp. *alpina* (Suter) Celak. (Cupressaceae) along an altitudinal gradient. *Annals of Botany* 89: 205-211.
- Tolvanen, A. 1994. Recovery ability and plant architecture: a comparison of two Ericaceous growth forms. Väitöskirja, Acta Universitas Ouluensis, A 253.
- Varmola, M., Peltola, R., Martz, F. ja Stark, S. 2007. Metsäluonnosta teolliseen tuotantoon. *Hankkeen loppuraportti*.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI₃

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkójulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

Puh. (03) 4188 2327, sähköposti julkaisut@mtt.fi

