

# **Metsätehon raportti 171**

## **13.4.2004**

### **Rajoitettu jakelu**

Energia-alan Keskusliitto FINERGY  
Metsäliitto Osuuskunta  
Metsäteollisuus ry  
Stora Enso Oyj  
UPM-Kymmene Oyj  
Vapo Timber Oy

# **Puutuhkalannoituksen lyhytaikaiset vaikutukset kasvilajistoon**

***Pekka Rummukainen***  
***Mikael Pihlström***  
***Ahti Mäkinen***

# **Puutuhkalannoituksen lyhytaikaiset vaikutukset kasvilajistoon**

**Pekka Rummukainen  
Mikael Pihlström  
Ahti Mäkinen**

**Helsingin yliopisto**

Metsätehon raportti 171  
13.4.2004

Rajoitettu jakelu:

Energia-alan Keskusliitto FINERGY, Metsäliitto Osuuskunta,  
Metsäteollisuus ry, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj,  
Vapo Timber Oy

Asiasanat:

tuhkalannoitus, kasvilajisto, kasvipeiteanalyysi

© Metsäteho Oy

Helsinki 2004

## SISÄLLYS

<b>TIIVISTELMÄ.....</b>	<b>4</b>
<b>1 TAUSTAA JA TAVOITTEET.....</b>	<b>4</b>
<b>2 AINEISTO JA MENETELMÄT .....</b>	<b>7</b>
2.1 Evon alue .....	7
2.2 Sääolosuhteet 1997-2002.....	7
2.3 Aineisto ja tutkimusmenetelmät .....	7
<b>3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....</b>	<b>10</b>
3.1 Näytealojen kasvillisuuden kokonaispeittävyys 1997-2002.....	10
3.2 Kenttäkerroksen kasvillisuuden keskipeittävyys 1997– 2002 .....	13
3.2.1 Pensaat ja varvut.....	15
3.2.2 Heinät ja sarat .....	24
3.2.3 Ruohot .....	31
3.2.4 Uustulokkaat.....	41
3.3 Pohjakerroksen kasvillisuuden keskipeittävyys 1997-2002 .....	46
3.3.1 Jäkälät .....	48
3.3.2 Sammalet .....	50
3.3.3 Pioneerisammalet.....	59
3.4 Taimikon pituuskasvumittaukset 1997–2002 .....	66
<b>4 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>69</b>
<b>LÄHDELUETTELO.....</b>	<b>71</b>
<b>LIITTEET</b>	

## TIIVISTELMÄ

Tutkimus kuuluu osana laajempaa tutkimushanketta, joka selvittää puutuhkan käyttöä metsien lannoitteena ja sen ympäristövaikutuksia. Kuusi vuotta kestäneessä (vv.1997–2002) tutkimuksessa selvitettiin metsän tuhkalannoituksen lyhytaikaisia vaikutuksia kasvilajistoon ja taimikon kasvuun. Tutkimus suoritettiin Etelä-Hämeessä Evon metsäalueella, kahden metsäjärven alueella. Valuma-alueelle levitettiin ns. itsekovetettua tuhkaa n. 6 400 kg/ha.

Tutkimuksen tavoitteena oli seurata kiinteillä koealoilla aluskasvillisuudessa ja puiden taimien pituuskasvussa havaittavia lyhyen aikavälin muutoksia. Miten lajiston monimuotoisuus muuttuu tuhkalannoituksen jälkeen ja palautuvatko mahdolliset vauriot lyhyellä aikavälillä?

Oletusarvona tiedettiin emäksisen tuhkalannoitteen aiheuttavan kasvualustassa ns. pH-shokin. Tuolloin luonnostaan happamaan alustaan sopeutuneet kasvilajit vaurioituvat ja kuolevat paikallisesti. Vapautuneille kasvualustoille ilmaantuu ns. pioneerilajeja.

Tulokset osoittivat kasvillisuuden runsastuvan erityisesti ravinteikkailla turvealustoilla heinä- ja ruohovaltaiseen suuntaan. Mineraalimaan taimikkoaloilla heinien ja ruohojen muutokset peittyivät luontaisen sukkessiokehityksen alle. Taimikoiden pituuskasvussa ei havaittu selkeää tuhkan aikaansaamaa kasvunlisäystä.

Aluskasvillisuudessa havaittiin kynsi- ja rahkasammalten vaurioitumista. Kuolleille rahkasammalkasvustoille ilmaantui ns. pioneerilajeja, jotka ilmaantuvat myös kulotusalueille. Viisivuotisen seurannan aikana havaittiin sammalten elpymistä.

Tämän tutkimuksen perusteella maastossa havaittavat kasvillisuusvauriot ja muutokset ovat pienalaisia. Ongelmia voidaan lieventää tasaisella levityksellä ja mahdollisesti rakeistetun tuhkan käytöllä.

## 1 TAUSTAA JA TAVOITTEET

Metsäteollisuusyritysten aloitteesta vuonna 1997 käynnistettiin Metsäteho Oy:n koordinoimana tutkimuskokonaisuus, jonka tavoitteena oli luoda edellytyksiä suurten voimaloiden pääosin puuperäisen tuhkan laajamittaiselle metsäkäytölle. Tässä raportissa esitetään Helsingin yliopiston ekologian ja systematiikan laitoksen sekä Lammin Biologisen aseman vuosina 1997–2002 tekemät kasvillisuustutkimukset Evon tuhkalannoitusalueella.

Tutkimuskohteina olivat Evon ruskeavetiset järvet: Nimetön ja Tavilampi. Talvella 1998 osalle valuma-alueista (< 20 % pinta-alasta) levitettiin itsekoivettunutta puutuhkaa keskimäärin 6 400 kg hehtaarille (Tulonen, Ollila & Arvola 1999). Tässä raportissa käsitellään valuma-alueiden metsä- ja suonäytealoilla havaittuja aluskasvillisuuden ja puuston muutoksia.

Puutuhkan ja muiden kasvua edistävien maanparannusaineiden (kalkki, keinolannoitteet ym.) vaikutuksista puiden kasvuun, aluskasvillisuuteen ja maaperään on enemmän tietoa kuin niiden vesistövaikutuksista (Mälkönen ym. 1980 ja 1982, Paavilainen & Päivänen 1995 ja Silfverberg 1996). Tuhka muuttaa maaperän ja valumavesien pH:ta ja alkaliniteettiä emäksiseen suuntaan. Puiden kasvun lisääntyminen pitkällä aikavälillä, sammalten ja jäkälien väheneminen, sekä heinien ja ruohojen voimakas runsastuminen ovat yleensä tuhkalannoituksen selvimmät muutokset kasvillisuudessa (esim. Silfverberg 1996). Tuhkan metsäkäyttöä ja sen ympäristövaikutuksia on tutkittu intensiivisesti myös Ruotsissa (Lundborg & Nohrstedt 1995, Danielsson 1998).

Kestävän kehityksen periaatteiden kannalta biotuhkan palauttaminen ekosysteemikiertoon on hyväksyttävä tavoite. Ennen kuin suurimittaiseen biotuhkan palautukseen ryhdytään, on tarpeen selvittää tuhkan ympäristövaikutukset.

Käytettäessä puuston kasvua selvästi lisääviä tuhkamääriä (5–20 t/ha) alun perin suuremmalta metsäpinta-alalta peräisin olevat ravinteet ja raskasmetallit kasautuvat paikallisesti. Haittavaikutuksia voidaan säädellä muuttamalla annoksien suuruuksia, ajallisesti sekä muuttamalla tuhkan liukoisuutta.

Ruotsissa on suunniteltu tuhkan levittämistä kivennäismaille korvaamaan happamoitumisen ja intensiivisen biomassakorjuun aiheuttamaa ravinteiden poistumaa. Tällöin tuhka-annos on pienempi, 1–3 (5) t/ha (vrt. Mälkönen 1998), ja paikallinen ravinne- sekä raskasmetallikuormitus vastaa paremmin hakkuussa poistuvien aineiden määrää.

Laajamittaisen tuhkallevityksen tai kalkituksen tarpeellisuudesta Etelä-Ruotsissa ei olla yksimielisiä (Skogen 9/1999). Ravinnelisäys ei ole välttämätön kaikilla metsätyypeillä kestävän puutuotannon kannalta. Metsäekosysteemin herkimvät osat (*kasvit, maaperän ja purojen eliöstö, alapuoliset vesistöt ym.*) saattavat vaatia happamuuden pikaista torjumista.

Ojitetuilla turvemaidella tuhkallevityksen puuntuotannollinen hyöty olisi tällä hetkellä suurin. Osalla ojitetuista suometsistä tarvitaan pitkällä aikavälillä ravinteiden korvaamista lannoituksella, koska valumat ovat muuttuneet perusteellisesti ja geokemiallinen rapautuminen puuttuu. Huuhtoutumisriski (ravinteet, etenkin fosfori, raskasmetallit) on huomattava karuissa turvemaidissa verrattuna kivennäismaihin.

Oikein mitoitettun tuhkalannoituksen jälkeen paikallinen ja lajistollinen monimuotoisuus (diversiteetti) saattaa kohota: vanhoja ja uusia lajeja esiintyy rinnakkain. Monimuotoisuuteen liittyy myös kasvupaikkojen ja maiseman monimuotoisuus, jota on vaikea mitata muutoksien hitauden ja monisyisyyden vuoksi. Laajamittaisen tuhkalannoituksen seurauksena karutkin kasvupaikat muuttuvat heinä- ja ruohovaltaiseen suuntaan. Kasvipeitteen muutokset ovat kuitenkin selvimmät ravinteisilla turvemaidella ja eniten tuhkaa saaneilla aloilla (Silfverberg & Huikari 1985). Typpilaskeuman vaikutukset metsäluonnossa ovat samansuuntaisia.

Aluskasvillisuudessa havaittavat muutokset ovat sinänsä tuttuja jo vuosikymmenien takaa. Nopean pH-muutoksen vuoksi on havaittu rehevöitymistä, lajistomuutoksia, sammalien ruskettumista ja jäkälien häviämistä (esim. Malmström 1935 ja Lukkala 1951).

Yksipuolinen lannoitus aiheuttaa helposti häiriöitä ravinnetaseessa. Näitä ionitasapainon häiriöitä voidaan pitää eräänlaisina myrkytysoireina. Oireiden voimakkuus riippuu lannoitteen koostumuksesta ja määrästä sekä yksittäisen kasvilajin sietokyvystä (Mälkönen 1965).

Ylisuuret lannoitemäärät aiheuttavat vaurioita kasveissa lähinnä kolmella eritavalla (Kramer & Kozłowski 1960):

1. Maanesteen osmoottinen imu kohoaa liian suureksi
2. Kasvualustan reaktio muuttuu epäsuotuisaksi
3. Ravinnetase joutuu epätasapainoon

Osmoottisen imun noustessa kasvien veden absorptiokyky heikkenee, mikä lisää kuivumisriskiä kuumina ja tuulisina päivinä. Seurauksena on fotosynteesin ja yleisen fysiologisen tilan heikkeneminen. Maanesteen voimakas ionisoituminen saattaa aiheuttaa plasmolyysiä juurissa. Samaa ilmiötä tapahtuu ilmeisesti kosteiden lehtien pinnalla, johon hienorakeista lannoitetta (esim. puutuhkaa) jää levityksessä. Plasmolyysi ilmenee kuivumisena ja väriaurioina. Kasvualustan reaktiomuutosten takana on kohonnut vetyionikonsentraatio, mikä vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen. Korkea pH esim. vaikeuttaa raudan ja magnesiumin saatavuutta.

Puun tuhkan fytotoksisin aine lienee boori. Lievä boorimyrkytys ilmenee erilaisina värjäytyminä, jotka voivat muistuttaa jopa boorin puutosoireita. Suuret boorimäärät tuhoavat solukkoa alkaen lehtien kärjistä ja reunoilta, johon helposti liikkuva boori kerääntyy. Kasvilajien boorinsiedossa on suuria eroja (Saarela 1987).

Rahkasammalten ja metsäsammalten "palamista" on usein havaittu lannoituskokeiden yhteydessä niin typpiköyhillä kuin ravinteikkaillakin kasvualustoilla (Tamm 1965). Sammalet ovat sekovartisia kasveja, joilta puuttuu vedenottoon erikoistunut juuristo. Pääosa sadevedestä saadaan suoraan uloimman solukerroksen läpi (Brown & Bates 1990). Sammalten pinnalta puuttuu putkilokasveille ominainen vahakerros (Huttunen 1975). Lannoitteiden myrkytysvaikutuksia saattaa esiintyä, koska useimmat sammalet ovat

sopeutuneet vain pieniin sadeveden mukana tuleviin ravinnelisyksiin kerralla (Mätkönen ym. 1982). Lannoitteisiin rikastuneen kadmiumin on todettu haittaavan sammalten aineenvaihduntaa (Foy ym. 1978). Käytännössä sammalet kuivuvat, ruskettuvat ja usein lopulta kuolevat. Jälkimmäisessä tapauksessa vapautuu ravinteita ja kasvutilaa uustulokkaille ja esim. puun-  
taimille (Malmström 1952 ja Vasander ym. 1993).

Tässä terrestrisessä tutkimuksessa etsittiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Missä määrin tuhkalannoitus vaikuttaa aluskasvillisuuden **monilajisuuden** ja **runsauteen** sekä **puiden taimien kasvuun**?
- Aiheuttaako itsekovetusmenetelmällä käsitelty puutuhka **äkillisiä muutoksia** (“emässhokin”) aluskasvillisuudessa?

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Evon alue

Tutkimus tehtiin Lammin kunnan pohjoisosassa Evon metsäalueella (61° 14' N ja 25° 12' E). Evon metsät koostuvat etupäässä eri-ikäisistä VT-, MT- ja OMT-tyypin talousmetsistä. Tutkittava alue muodostuu kahdesta erillisestä valuma-alueesta: Nimettömän järven (151.7 m m.p.y), pinta-ala 34 ha, ja Tavilammin (157.7 m m.p.y.), pinta-ala 11 ha (Mäkinen ym. 1999).

### 2.2 Sääolosuhteet 1997-2002

Sadanta vaihteli varsin paljon tutkimusjakson aikana (1997–2002). Kasvukauden 1997 sadanta vastasi parhaiten pitkäaikaista trendiä; kesäkuukaudet vuonna 1998 olivat poikkeuksellisen sateisia ja virtaama oli Nimettömän puroissa kaksinkertainen edelliseen vuoteen verrattuna (Tulonen ym. 1999). Kesäkuukaudet vuosina 1999–2002 olivat vuorostaan tavallista kuivempia (Tulonen ym. 2003).

### 2.3 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

#### Näytealojen kasvillisuus

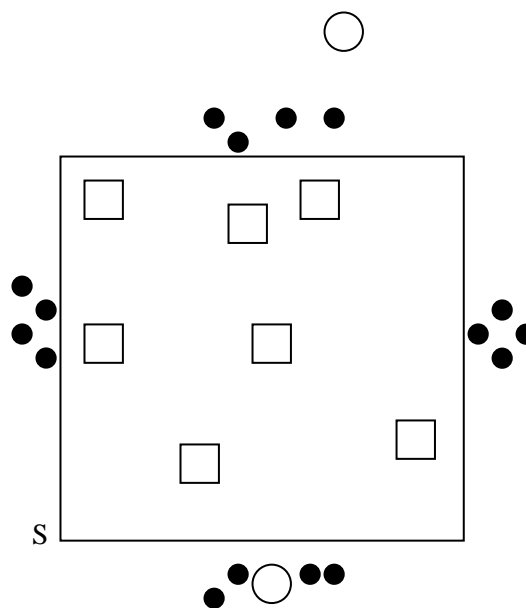
Vuoden 1997 kasvukauden alussa Evon tutkimusalueille perustettiin 18 (kpl) aarin näytealaa (kuva 1) kasvillisuuden ja maaperän lyhytaikaisten muutosten seurantaan (Mäkinen ym. 1999). Niistä 12 valittiin pitkäaikaiseen seurantaan ja tässä raportissa esitetään niillä vuoteen 2002 mennessä havaitut muutokset. Kasvillisuuden peittävyysarviointimenetelmä, lajiston nimistölähteet ja puiden taimien pituuskasvun mittaaminen on kuvattu tarkemmin aikaisemmassa väliraportissa (Mäkinen ym. 1999). Kasvillisuuskuvioiden nimistö noudattaa Metsähallituksen kasvillisuustyyppiluokittelun kokeiluversiota

(Toivonen & Leivo 1993, liite 1). Aineiston tilastollinen käsittely ja analysointi noudattaa kirjaa Biometria, tilastotiedettä ekologeille (Ranta ym. 1994).

## Tuhkalannoitus

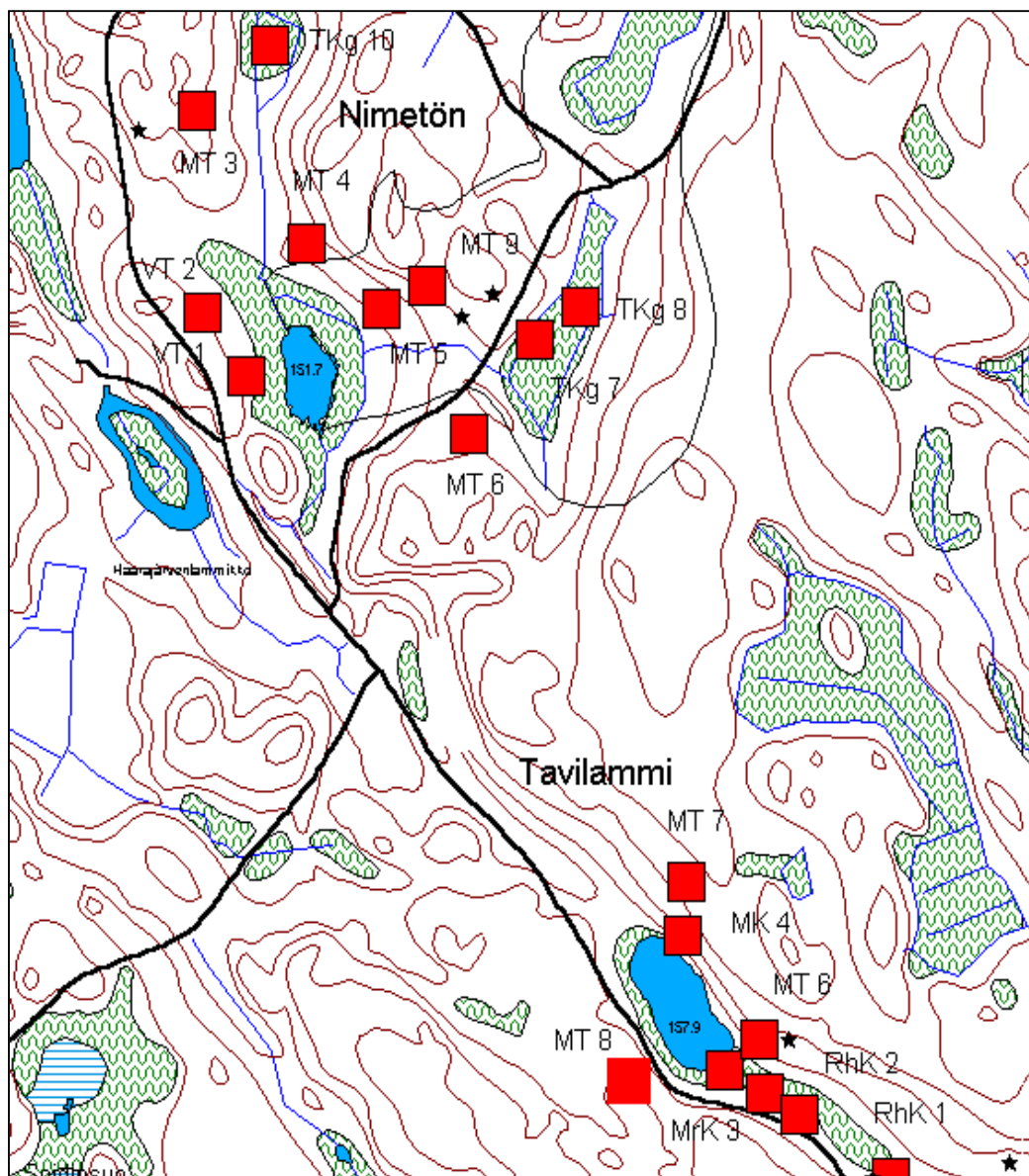
Helmikuussa 1998 Nimettömän ja Tavilammin valuma-alueille levitettiin lapiolla mahdollisimman tasaisesti Äänekosken tehtaiden itsekovettunutta kuorituhkaa (noin 6 400 kg/ha ja kosteus n. 30 %) (liite 2). Tutkimusalueen aikaisemmat metsänkäsittelyt ja lannoituskokeet on kuvattu tarkemmin aiemmin ilmestyneessä väliraportissa (Mäkinen ym. 1999).

**Kuva 1.** Näytealajärjestelyt (10 x 10 m). S = satunnaistettu kulma. Kasvillisuusruutujen (pienet neliöt, 1 x 1 m) satunnaistettu sijainti. Pienet ympyrät = humus osanäyte. Isot ympyrät = kivennäismaan näytekuopat



Tutkimusalueen valuma-alueesta tehtiin vuonna 1997 näytealاکartta (kuva 2) ja kasvillisuuskuviokartat tunnuksineen (kuvat 3 ja 4). Aiemmin tehdystä väliraportista löytyvät näytealojen puuston keskeiset tunnusluvut ja turvemaiden keskisyvyudet (Mäkinen ym.1999).





**Kuva 2.** Näytealojen sijainti kuviotunnuksineen \* (Toivonen & Leivo 1993) Evon Nimettömän ja Tavilammin tutkimusalueilla. Tähdet osoittavat biomassanäytealojen sijainnin.

Kivennäismaa: MT = mustikkatyppi, VT = puolukkatyyppi

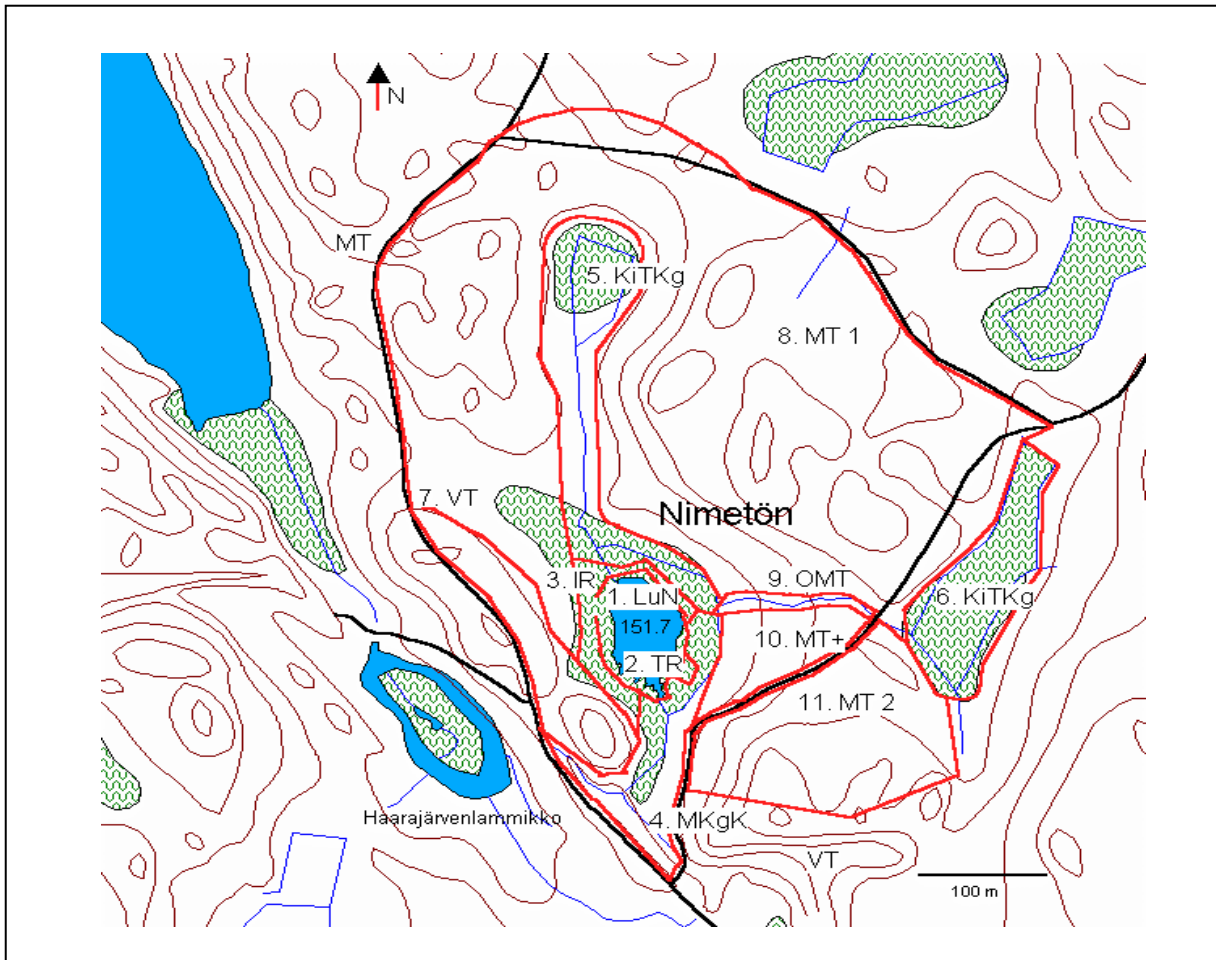
Turvemaa: RhK = ruohokorpi, MrK = murainkorpi, MK = mustikkakorpi

TKg = turvekangas

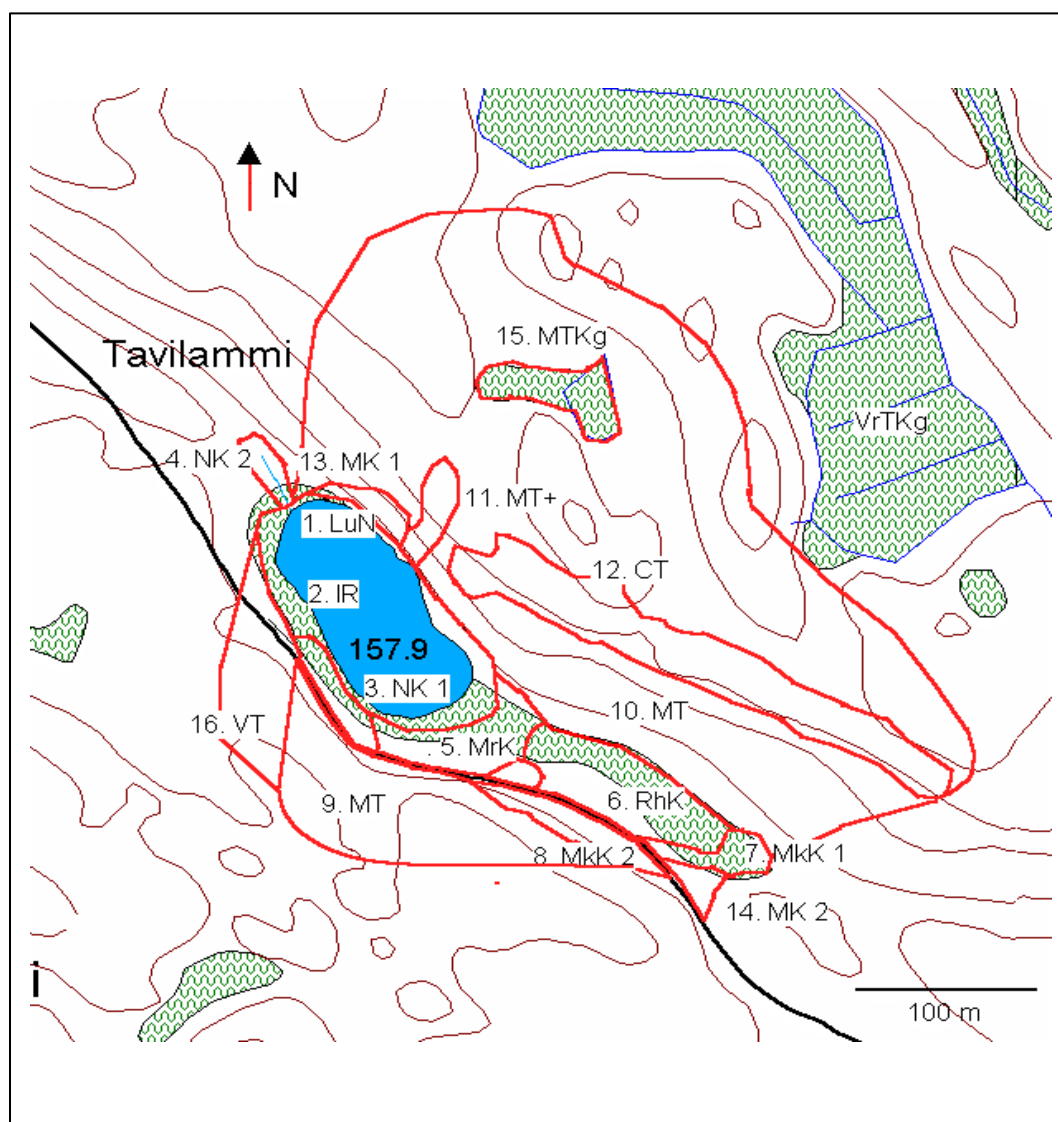
### 3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

#### 3.1 Näytealojen kasvillisuuden kokonaispeittävyys 1997-2002

Tässä tutkimuksessa kenttäkerroksen lajeihin luettiin kaikki varvut, heinät, sarat ja ruohot ja pohjakerrokseen luettiin jäkälät ja sammalet. Putkilokasvien luokittelussa kasvumuotoryhmiin noudatettiin "Retkeilykasvion käyttöä" (Hämet-Ahti ym. 1998). Yleisestä 50 cm:n käytännöstä poiketen kenttäkerroksen peittävyysiin otettiin mukaan kaikki alle 100 cm:n korkeudella olevat pensaat ja havupuiden alaoksat. Tähän päädyttiin ryteikkömaisten turvekangasnäytealojen (TKg 8 K ja TKg 10 L) voimakkaan varjostuksen vuoksi. Kenttä- ja pohjakerroksen lajeja tai lajiryhmiä havaittiin näytealoilta yhteensä 97 lajia.



**Kuva 3.** Nimettömän valuma-alueen kasvillisuuskuviot. Järveä ympäröivät erilaiset suolaikut, luhtaneva, tupasvillaräme ja isovarpuräme. Muut valuma-alueen turvemaat ovat ojitettuja kuusiturvekankaita (KiTKg). Kivennäismaat ovat enimmäkseen mustikkatyyppin taimikkovaihetta. Puron varsi on rehevää OMT-tyyppiä ja rinteessä järven länsipuolella on kuivempaa VT-tyyppiä.

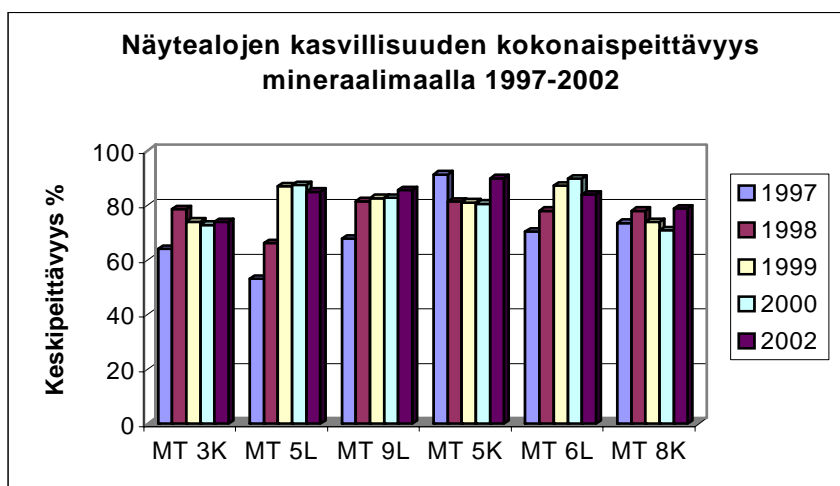


**Kuva 4.** Tavilammin valuma-alueen kasvillisuuskuviot. Järven reunoilla esiintyy pienialaisia suo- ja korpilajukkuja, joista muurain ja mustikkakorpi (5. ja 13.) edustavat tämän tutkimuksen karumpia turvemaan näytealoja. Korpijuotti jatkuu itäkaakkoon mesotrofisena ruohokorpena (kaksi näytealaa, kuva 2). Ympäröivät metsät ovat pääosin MT-kuusikkoa, kalliolla esiintyy kanervatyyppiä (CT).

TAULUKKO 1 Kenttä- ja pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyydet (%) mineraalimaan näytealoilla 1997–2002.

	1997	1998	1999	2000	2002
MT 3 K	64,1	78,6	74,1	72,9	74,0
MT 5 L	53,1	66,3	87,0	87,6	85,1
MT 9 L	67,9	81,6	82,7	82,9	85,7
MT 5 K	91,4	81,4	81,1	80,6	90,0
MT 6 L	70,4	78,1	87,3	89,8	84,0
MT 8 K	73,6	78,1	74,0	71,0	78,9

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala



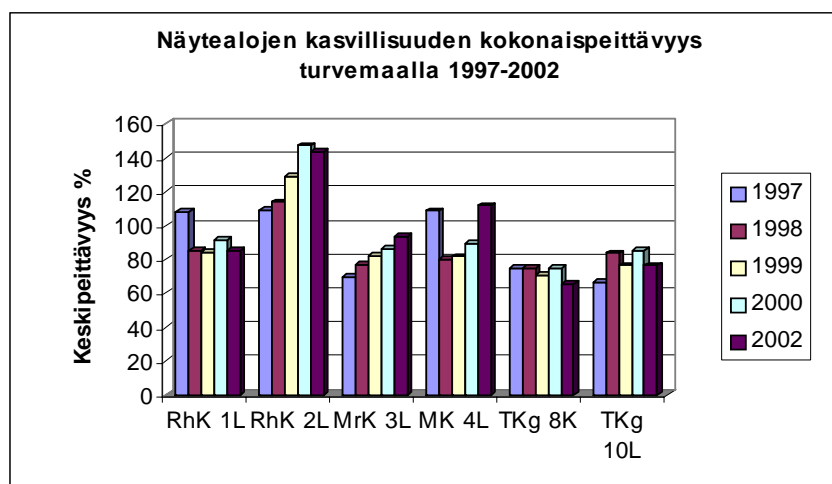
Kuva 5. Kenttä- ja pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyydet mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Nimettömän avoimilla taimikkovaiheen näytealoilla (MT 3 K, MT 5 L ja MT 9 L) havaittiin kenttä- ja pohjakerroksen lajien yhteenlasketuissa keskipeittävyyksissä lisäystä 9,9–32,0 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Peittävyys lisääntyi eniten lannoitusaloilla, joilla lisäys oli 26–60 %. Kontrollialalla muutos oli 1,5 %.

Tavilammin sulkeutuneilla näytealoilla (MT 5 K, MT 6 L ja MT 8 K) keskipeittävyys vaihteli 1,4 %-yksikön vähennyksestä 13,6 %-yksikön lisäykseen. Suurin keskipeittävyysmuutos 19 % oli lannoitetulla näytealalla (taulukko 1 ja kuva 5).

TAULUKKO 2 Kenttä- ja pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyydet (%) turvemaan näytealoilla 1997–2002.

	1997	1998	1999	2000	2002
RhK 1 L	108,3	84,9	83,9	91,6	85,0
RhK 2 L	109,2	113,9	129,1	147,3	143,3
MrK 3 L	69,2	76,6	81,9	86,4	93,6
MK 4 L	108,7	80,1	81,6	89,0	111,7
TKg 8 K	74,6	74,6	70,3	74,9	65,1
TKg 10 L	66,6	83,6	76,3	85,0	76,4



**Kuva 6.** Kenttä- ja pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyudet turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

Tavilammin ruohokorven lannoitetulla näytealalla (RhK 1 L) havaittiin kenttä- ja pohjakerroksen lajien yhteenlasketussa keskipeittävyudessa vähennystä 23,3 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Muilla lannoitetuilla aloilla havaittiin lisäystä 3,0–34,1 %-yksikköä.

Nimettömän varjoisalla turvekangasnäytealalla (TKg 8 K) havaittiin kenttä- ja pohjakerroksen keskipeittävyudessa 9,5 %-yksikön vähennys tutkimusjakson aikana. Samantyyppisellä lannoitusnäytealalla (TKg 10 L) keskipeittävyys lisääntyi 9,8 %-yksikköä, noin 15 % (taulukko 2 ja kuva 6)

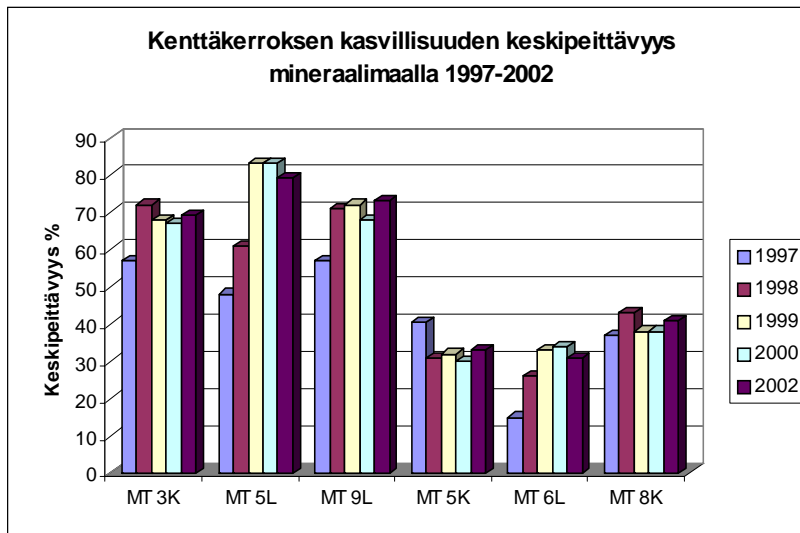
### 3.2 Kenttäkerroksen kasvillisuuden keskipeittävyys 1997–2002

Tässä tutkimuksessa kenttäkerroksen lajeihin luettiin kaikki varvut, heinät ja heinämäiset kasvit ja ruohot. Putkilokasvien sijoittelussa em. kasvumuoto-ryhmiin noudatettiin “Retkeilykasvion käytäntöä” (Hämet-Ahti ym. 1998). Kenttäkerroksen peittävyysiin otettiin mukaan edellä mainitun mukaisina kaikki alle 100 cm:n korkeudella olevat pensaat ja havupuiden alaoksat. Kenttäkerroksen lajeja havaittiin näytealoilla yhteensä 64.

**TAULUKKO 3** Kenttäkerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyudet (%) mineraalimaan näytealoilla 1997–2002.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>MT 3 K</b>	57,0	72,0	68,0	67,0	69,0
<b>MT 5 L</b>	48,0	61,0	83,0	83,0	79,0
<b>MT 9 L</b>	57,0	71,0	72,0	68,0	73,0
<b>MT 5 K</b>	40,3	31,0	32,0	30,0	33,0
<b>MT 6 L</b>	15,0	26,0	33,0	34,0	31,0
<b>MT 8 K</b>	37,0	43,0	38,0	38,0	41,0

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala



**Kuva 7.** Kenttäkerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyysmineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Nimettömän avoimella kontrollinäytealalla (MT 3 K) havaittiin kenttäkerroksen lajien yhteenlasketuissa keskipeittävyyksissä 12,0 %-yksikön lisäys tutkimusjakson aikana. Nimettömän samantyyppisillä taimikkonäytealoilla (MT 5 L ja MT 9 L) keskipeittävyyksissä oli lisäystä 31,0 ja 16,0 %-yksikköä (65 ja 28 %).

Tavilammin puoliavoimella kuusikkonäytealalla (MT 5 K) havaittiin keskipeittävyyksissä 7,3 %-yksikön vähennys tutkimusjakson aikana. Sulkeutuneilla MT-näytealoilla (MT 6 L ja MT 8 K) sen sijaan havaittiin 4,0–16,0 %-yksikön lisäys (taulukko 3 ja kuva 7).

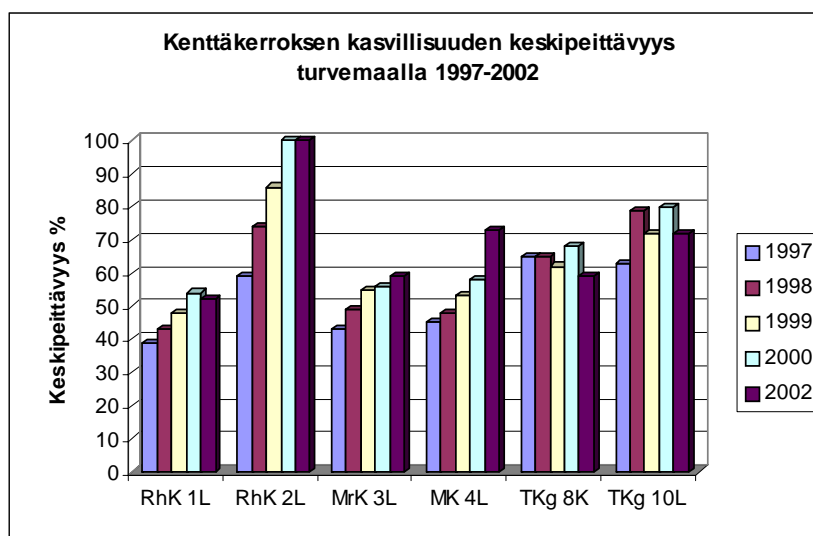
**TAULUKKO 4** Kenttäkerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyysmineraalimaan näytealoilla 1997–2002.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>RhK 1 L</b>	39,0	43,0	48,0	54,0	52,0
<b>RhK 2 L</b>	59,0	74,0	86,0	100,0	100,0
<b>MrK 3 L</b>	43,0	49,0	55,0	56,0	59,0
<b>MK 4 L</b>	45,0	48,0	53,0	58,0	73,0
<b>TKg 8 K</b>	65,0	65,0	62,0	68,0	59,0
<b>TKg 10 L</b>	63,0	79,0	72,0	80,0	72,0

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Tavilammin ruohokorven näytealoilla havaittiin kenttäkerroksen lajien yhteenlasketuissa keskipeittävyyksissä 13,0–61,0 %-yksikön lisäys tutkimusjakson aikana. Saman alueen muurainkorven (MrK 3 L) keskipeittävyyksessä havaittiin 16,0 %-yksikön lisäys kenttäkerroksessa. Mustikkakorven näytealalla (MK 4 L) havaittiin 28,0 %-yksikön lisäys kenttäkerroksen keskipeittävyyksissä.

Nimettömän kontrolliturvekankaan näytealalla (TKg 8 K) kenttäkerroksen keskipeittävyys väheni 6,0 %-yksikköä ja lannoituslalla (TKg 10 L) tapahtui lisäystä 9,0 %-yksikköä tutkimusjakson aikana (taulukko 4 ja kuva 8).



**Kuva 8.** Kenttäkerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyudet turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

### 3.2.1 Pensaat ja varvut

Näytealoilta löydettiin 19 pensas- ja varpukasvia. Mineraalimaan avainlajeja olivat mustikka (*Vaccinium myrtillus*), puolukka (*Vaccinium vitis-idea*) ja vanamo (*Linnaea borealis*). Turvemaan näytealoilla esiintyivät samat avainlajit, mutta niiden peittävyudet olivat pienemmät. Aitoja pensaita esiintyi ainoastaan rehevillä korpi- ja turvekangasaloilla ja ne olivat korpipaatsama (*Rhamnus frangula*) sekä tuhkapaju (*Salix cinerea*) (taulukot 7 ja 8, s. 22 ja 23).

Kenttäkerroksen peittävyysarvioinnissa otettiin huomioon kaikki alle 100 cm:n korkeuteen ulottuvat puiden taimet alaoksineen ja aidot pensaat: haapa (*Populus tremula*), hieskoivu (*Betula pubescens*), kuusi (*Picea abies*), korpipaatsama, mänty (*Pinus sylvestris*), pihlaja (*Sorbus aucuparia*) ja tuhkapaju.

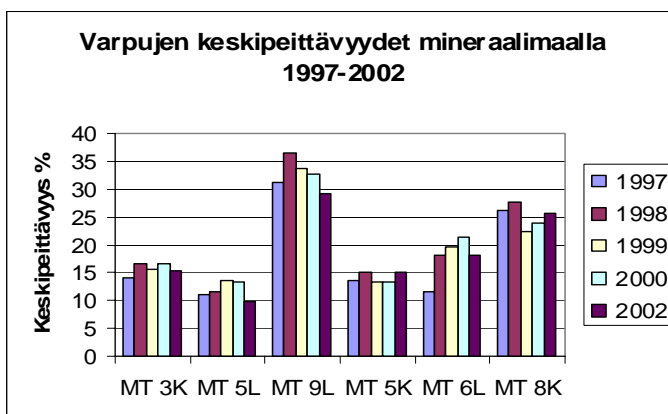
Harvalukuiset varpu- ja pensaskasvit sekä lajit, joiden keskipeittävyyksissä ei havaittu selkeitä muutoksia (indifferentit) lannoituksen jälkeen, jätettiin tarkemman tarkastelun ulkopuolelle. Niitä olivat mm. harmaaleppä (*Alnus incana*) ja kanerva (*Calluna vulgaris*).

Nimettömän taimikkovaiheen näytealalla (MT 3 K) havaittiin pensaiden ja varpujen lievää lisäystä ja muilla aloilla (MT 5 L ja MT 9 L) vähennystä tutkimusjakson aikana. Tavilammin sulkeutuneilla näytealoilla (MT 5 K, MT 6 L ja MT 8 K) suurimmat peittävyysien lisäykset, 1,6–9,9 %-yksikköä, tapahtuivat lannoituksen jälkeisinä vuosina ja palautuivat jakson lopulla alemmalle peittävyystasolle (taulukko 5 ja kuva 9).

TAULUKKO 5 Mineraalimaan varpujen ja pensaiden yhteenlasketut keskipeittävydet (%) näytealoittain tutkimusjakson aikana.

	1997	1998	1999	2000	2002
MT 3 K	14,1	16,6	15,7	16,5	15,3
MT 5 L	11,1	11,6	13,7	13,4	9,9
MT 9 L	31,3	36,5	33,8	32,6	29,2
MT 5 K	13,5	15,2	13,3	13,3	15,0
MT 6 L	11,5	18,2	19,5	21,4	18,2
MT 8 K	26,1	27,7	22,5	23,9	25,6

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala



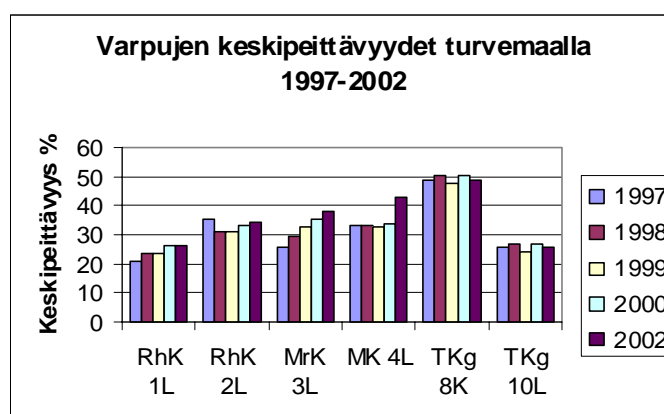
**Kuva 9.** Mineraalimaan pensaiden ja varpujen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Tavilammin lannoitetuilla turvemaan näytealoilla (RhK 1 L, MrK 3 L, MK 4 L) keskipeittävydet kasvoivat 5,6–11,9 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 2 L) pensaiden ja varpujen keskipeittävyys vähentyi lannoituksen jälkeisinä vuosina lisääntyen seuranta-jakson loppua kohti. Nimettömän varjoisalla ja ruohovaltaisella turvekan-kaan näytealalla (TKg 10 L) peittävyys säilyi samantasoisena tarkastelujak-son ajan, samoin kontrollialalla (TKg 8 K) (taulukko 6 ja kuva 10).



TAULUKKO 6 Turvemaan pensaiden ja varpujen yhteenlasketut keskipeittävydet (%) tutkimusjakson aikana.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>RhK 1 L</b>	20,8	23,6	23,4	26,2	26,4
<b>RhK 2 L</b>	35,4	31,1	31,1	33,1	34,3
<b>MrK 3 L</b>	25,9	29,7	32,5	35,4	37,8
<b>MK 4 L</b>	33,0	33,4	32,8	33,8	42,6
<b>TKg 8 K</b>	48,5	50,3	47,8	50,4	48,6
<b>TKg 10 L</b>	25,7	26,8	24,3	26,8	25,9



**Kuva 10.** Turvemaan pensaiden ja varpujen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

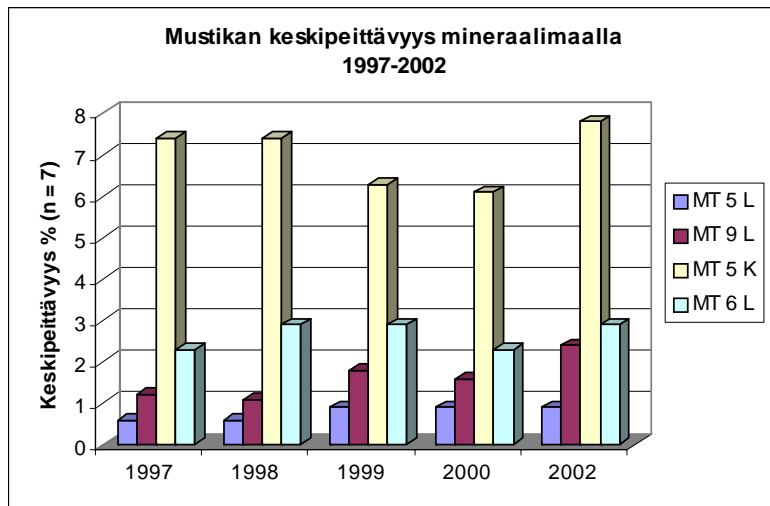
### Mineraalimaan mustikat

Nimettömän taimikkonäytealoilla (MT 5 L ja MT 9 L) havaittiin mustikan keskipeittävydessä 0,3–0,9 %-yksikön lisäys tutkimusjakson aikana.

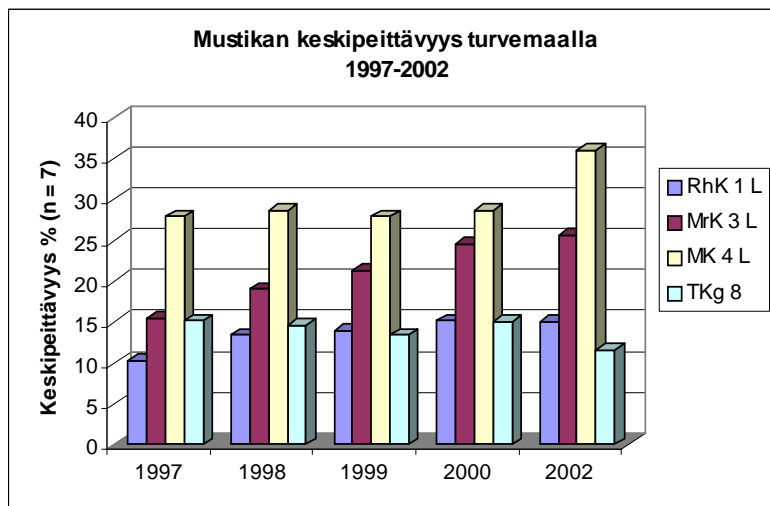
Myös Tavilammin sulkeutuneilla näytealoilla (MT 5 K ja MT 6 L) keskipeittävyksien lisäykset olivat pienet. Varttuneen kuusikon kontrollialalla (MT 8 K) havaittiin ainoastaan sääolosuhteiden tuoma tilapäinen peittävyden lisäys (kuva 11 ja taulukko 7, s. 22).

### Turvemaan mustikat

Tavilammin lannoitetuilla turvemaan näytealoilla (RhK 1 L, RhK 2 L, MrK 3 L ja MK 4 L) mustikan keskipeittävydet lisääntyivät 3,8–10,2 %-yksikköä seurannan aikana. Nimettömän turvekangasaloilla (TKg 8 K ja TKg 10 L) mustikan keskipeittävydet alenivat lievästi tutkimusjakson aikana (kuva 12 ja taulukko 8, s. 23).



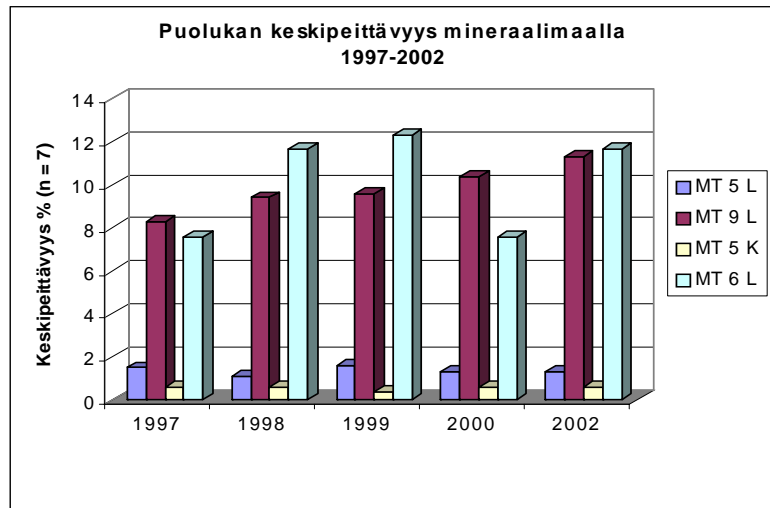
**Kuva 11.** Mustikan keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla.



**Kuva 12.** Mustikan keskipeittävyys turvemaan näytealoilla.  
L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

## Mineraalimaan puolukat

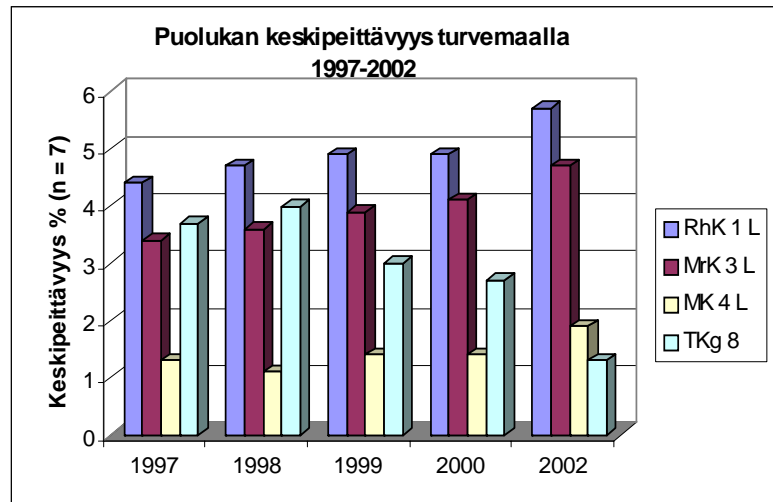
Nimettömän avoimilla taimikkonäytealoilla (MT 3 K ja MT 5 L) puolukan keskipeittävyudessa havaittiin lievää vähennystä. Vastaaventyypisellä kuivalla lannoitusallalla (MT 9 L) puolukan peittävyys lisääntyi 3,0 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Tavilammin kontrollialoilla (MT 5 K ja MT 8 K) ei havaittu muutoksia puolukan keskipeittävyyksissä. Tavilammin sulkeutuneen kuusikon näytealalla (MT 6 L) puolukan peittävyys lisääntyi 4,6 %-yksikköä seurannan aikana (kuva 13 ja taulukko 7, s. 22).



Kuva 13. Puolukan keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla.

### Turvemaan puolukat

Tavilammin turvemaan tuhkalannoitetuilla näytealoilla (RhK1 L, RhK 2 L, MrK3 L ja MK 4 L) puolukan keskipeittävyyksissä havaittiin lisäystä 0,6–3,0 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Nimettömän kontrollialalla (TKg 8 K) puolukan keskipeittävyys väheni seurantajakson aikana 3,7:stä 1,3:een %:iin (kuva 14 ja taulukko 8, s. 23).



Kuva 14. Puolukan keskipeittävyys turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu näyteala K = kontrolliala

## Vanamo

Tavilammin puoliavoimella kontrollinäytealalla (MT 5 K) vanamon keskipeittävydessä oli lisäystä 1,9 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Viereisellä sulkeutuneella lannoitusosalalla (MT 6 L) vanamon keskipeittävyys lisääntyi 0,9 %-yksikköä. Molemmilla aloilla peittävydet olivat huomattavasti suurempia heti lannoituksen jälkeisinä vuosina. Varttuneen kuusikon kontrollialalla (MT 8 K) vanamon peittävyysvaihtelut olivat vähäisiä jakson aikana. Tavilammin lannoitetuilla turvemaan näytealoilla (RhK 1 L ja MK 4 L) vanamon keskipeittävydet lisääntyivät 0,7–1,0 %-yksikköä tutkimuksen aikana (taulukot 7 ja 8, s. 22 ja 23).

## Varpujen vauriot

Voimakkaasti emäksinen lannoite aiheutti violetinruskeita, näkyviä syöpmis- ja kuivumisvaurioita mustikan, muuraimen, puolukan ja suopursun lehtiin. Mustikalla vaurioita esiintyi vain ensimmäisenä lannoitusta seuranneena kasvukautena yksittäisten kasviyksilöiden lehdissä.

Suopursujen ja puolukan lehdistä osa oli kokonaan ruskettunut ja kuivunut, minkään muotoista värilaikkaisuutta ei havaittu välimuotona. Suopursun ja puolukan lehtien kuivumiset rajoittuivat muutamiin kymmeneen kasviyksilöihin ja niiden yksittäisiin lehtiin.

## Tulosten tarkastelua

Pohjoismaisissa tuhkalannoituskokeissa on havaittu erityisesti turvemaan varpujen ja pensaiden kohdalla runsastumista (Silfverberg & Issakainen 1991, Gyllin & Kruuse 1996, Silfverberg 1995, Moilanen & Issakainen 2000). Niukkaravinteisilla turvekoealoilla varsinaiset suovarvut ovat sietäneet hyvin tuhkan kalkitusvaikutusta kasvualustan niukkaravinteisuuden vuoksi (Silfverberg & Huikari 1985). Evon lannoituskokeissa keskipeittävydet nousivat lukuun ottamatta varjoisia näytealoja.

Mustikan ja puolukan keskipeittävydet ovat nousseet yleensä Ruotsissa ja Suomessa tehdyissä mineraalimaan ja turvemaan erityyppisillä tuhkakokeilla (Lukkala 1951, Gyllin & Kruuse 1996, Heikkilä 1999). Päinvastaisiakin tuloksia on saatu pohjoismaisissa tuhkalannoituskokeissa (Jacobson 1997). Mustikka hyötyy valon lisäyksestä ja leviää tehokkaasti kloonimaisen maavarsistonsa avulla (Sjörs 1989). Tehokas yhteyttäminen ja nopea ravintokierto tekevät siitä vahvan kilpailijan viljavilla kasvupaikoilla (Reinikainen ym. 2000).

Tehostunut mikrobitoiminta turvealustalla lisää alustan typpivarojen saataavuutta mikä osaltaan selittää turvealustan varpujen keskipeittävyden lisääntymistä. Karummilla kasvupaikoilla esim. puolukan maanpäällisen biomassan on havaittu lisääntyneen typpilannoitusten jälkeen, vaikkakin suuremmat määrät vaikuttavat päinvastoin (Mäkipää 1994). Mustikan ja puolukan kasvun

lisäyksen takana on hyvien säätekijöiden lisäksi vuositrendiä, mikä vaikeuttaa käsittelyistä johtuvien muutosten todentamista (Reinikainen ym. 2000).

Vanamon runsastumista havaittiin tutkimuksessa sulkeutuneilla kontrolli- ja lannoitusaloilla. Lannoitusaloilla runsastuminen oli huomattavasti merkittävämpää. Runsastumista voidaan osin selittää tutkimusjakson hyvillä kasvuolosuhteilla vuosina 1998 ja 1999 (Hakala 2000). Vanamon biomassasta valtaosa on sammalalustalla, joten lisäravinteet ovat nopeasti hyödynnettävissä kasvuun (Eriksson 1998). Lajin omalla kasvudynamiikalla lienee merkitystä runsausvaihteluun (Vanha-Majamaa & Lähde 1991).

Pensaskerroksessa tapahtui silmännähtävää runsastumista, mikä on yleisesti havaittu muutos lannoituskokeissa (Gyllin & Kruuse 1996, Silfverberg & Issakainen 1991). Syynä runsastumiseen mitä ilmeisimmin on parantunut ravintotilanne ja tehokas juuristo.

Varpujen lehtien kuivumiset ja värimuutokset mustikan, puolukan ja suopursun kohdalla ilmenivät lähinnä yksittäisten kasviyksilöiden lehdillä. Havaintojen tulkintaa vaikeuttivat samanaikaiset luonnolliset kuivuusjaksot ja mahdolliset kasvitaudit.

### **Yhteenveto: varvut ja pensaat**

Yleisesti ottaen aluskasvillisuus muuttui viisivuotisen seurannan aikana tuhkalannoitusaloilla pensas- ja varpuvaltaisemmaksi. Näytealojen avainvarvut: mustikka ja puolukka hyötyivät itsekovettuvan puutuhkan levityksestä mineraali- ja turvealustalle. Valoisilla mineraalimaan lannoitusnäytealoilla keskipeittävyudet nousivat enemmän kuin vastaavilla sulkeutuneilla ja varjoisilla lannoitusaloilla. Turvemaan näytealoilla mustikan ja puolukan keskipeittävyudet lisääntyivät odotetusti enemmän kuin mineraalimaan näytealoilla. Molemmat lajit suosivat hapanta kasvualustaa, mutta ovat ilmeisen kestäviä ainakin kertaluontoiselle tuhkalannoitukselle.

Suotuisten kasvukausien vaikutus erottuu luontaisena vaihteluna kontrollialoilla, mikä omalta osaltaan vaikeuttaa tuhkalannoituksen merkittävyyden arviointia pensaiden ja varpujen osalta. Varsinaisia pensaslajeja havaittiin vain korpipaatsama ja tuhkapaju. Tavilammin ruohokorven lannoitusalueella havaittiin korpipaatsaman ja tuhkapajun selvää runsastumista tutkimusjakson aikana (taulukko 8).

Varpujen lannoitusvauriot ilmenivät lähinnä muurainten lehtien värimuutoksina. Lehdet värjäytyivät lehtisuonien ympäriltä violetin värisiksi useiden neliösenttien laajuudelta. Ilmiö oli laajimmillaan lannoituksen jälkeisinä kasvukausina (1998 ja 1999). Värimuutokset vähenivät viisivuotisen seurannan loppua kohti.

TAULUKKO 7 Pensaiden ja varpujen keskipeittävyudet ja keskihajonnat mineraalimaan näytealoilla. (X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala MT 3 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kanerva - <i>Calluna vulgaris</i>	3,0	3,3	3,3	3,6	3,3	3,3	0,2
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	7,4	7,4	6,7	6,7	6,3	6,9	0,5
Näyteala MT 5 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	0,8	0,2
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1,5	1,1	1,6	1,3	1,3	1,4	0,2
Näyteala MT 5 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	7,4	7,4	6,3	6,1	7,8	7,0	0,8
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,1
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>	4,8	6,5	5,9	5,0	5,9	5,6	0,7
Näyteala MT 6 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	2,3	2,9	2,9	2,3	2,9	2,7	0,3
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	7,6	11,7	12,3	7,6	11,7	10,2	2,4
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>	0,9	2,8	3,7	3,7	2,8	2,8	1,1
Näyteala MT 8 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	16,4	17,8	13,9	13,6	16,3	15,6	1,8
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	6,4	6,1	5,9	6,1	6,3	6,2	0,2
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>	1,0	1,4	1,3	1,4	1,7	1,4	0,3
Näyteala MT 9 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	1,2	1,1	1,8	1,6	2,4	1,6	0,5
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	8,3	9,4	9,6	10,4	11,3	9,8	1,1

K = kontrollinäyteala L = lannoitettu ala

TAULUKKO 8 Pensaiden ja varpujen keskiyeittävydet ja keskihajonnat turvemaan näytealoilla. (X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala TKg 8 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	15,1	14,6	13,4	15,0	11,6	13,9	1,5
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	3,7	4,0	3,0	2,7	1,3	3,0	1,1
Näyteala TKg 10 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Korpipaatsama - <i>Rhamnus frangula</i>	15,0	15,0	15,0	15,6	11,0	14,3	1,9
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	0,4	0,6	0,6	0,4	0,3	0,5	0,1
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0,6	0,6	0,4	0,6	0,3	0,5	0,1
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
Näyteala RhK 1 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Korpipaatsama - <i>Rhamnus frangula</i>	3,6	2,7	2,7	3,1	2,4	2,9	0,5
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	10,3	13,4	13,9	15,1	15,0	13,5	2,0
Muurain - <i>Rubus chamaemorus</i>	8,9	9,7	10,3	8,3	6,8	8,8	1,4
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	4,4	4,7	4,9	4,9	5,7	4,9	0,5
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>	0,3	0,4	0,3	0,6	1,1	0,5	0,3
Näyteala RhK 2 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	6,6	9,3	9,6	9,7	10,4	9,1	1,5
Muurain - <i>Rubus chamaemorus</i>	1,5	1,5	2,0	1,8	2,3	1,8	0,3
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	4,4	5,1	4,7	5,0	7,4	5,3	1,2
Tuhkapaju - <i>Salix cinerea</i>	6,4	7,1	7,9	6,4	6,7	6,9	0,6
Näyteala MrK 3 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	15,4	19,0	21,3	24,6	25,6	21,2	4,2
Muurain - <i>Rubus chamaemorus</i>	15,2	18,4	18,7	16,1	16,6	17,0	1,5
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	3,4	3,6	3,9	4,1	4,7	3,5	0,5
Näyteala MK 4 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Korpipaatsama - <i>Rhamnus frangula</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1
Mustikka - <i>Vaccinium myrtillus</i>	27,9	28,6	27,9	28,6	36,0	29,8	3,5
Puolukka - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1,3	1,1	1,4	1,4	1,9	1,4	0,3
Vanamo - <i>Linnaea borealis</i>	0,1	0,1	0,1	0,4	1,1	0,4	0,4

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

### 3.2.2 Heinät ja sarat

Näytealoilta löydettiin 11 heinä- ja sarakasvilajia. Mineraalimaalla avainlajeja olivat harmaasara (*Carex canescens*), metsäkastikka (*Calamagrostis arundinacea*) ja metsälauha (*Deschampsia flexuosa*). Turvemaalla avainlajeina olivat korpikastikka (*Calamagrostis purpurea*), hentosara (*Carex disperma*) ja pallosara (*Carex globularis*). Nimettömän turvekangasnäytealan (TKg 10 L) läheisyydessä esiintyi nurmilauhaa (*Deschampsia cespitosa*), joka runsastui selvästi koejakson aikana.

Harvalukuisia heinäkasveja, ns. indifferenttejä lajeja, joiden peittävyyksissä (< 1 %) ei havaittu selkeitä muutoksia, olivat mm. hietakastikka (*Calamagrostis epigejos*), kevätpiippo (*Luzula pilosa*), luhtarölli (*Agrostis canina*), nuokkuhelnikkä (*Melica nutans*) ja sormisara (*Carex digitata*).

TAULUKKO 9 Mineraalimaan ja turvemaan näytealoille laskettiin heinä- ja sarakasvien yhteenlasketut keskipeittävyudet (%).

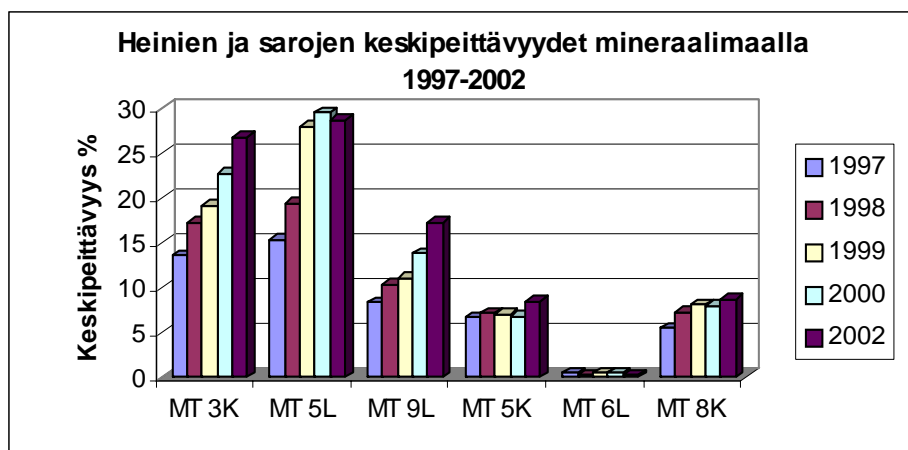
	1997	1998	1999	2000	2002
MT 3 K	13,6	17,3	19,2	22,8	26,8
MT 5 L	15,4	19,4	28,0	29,5	28,7
MT 9 L	8,3	10,4	11,1	13,8	17,3
MT 5 K	6,7	7,1	7,0	6,8	8,4
MT 6 L	0,4	0,2	0,5	0,4	0,2
MT 8 K	5,4	7,3	8,1	8,0	8,7
	1997	1998	1999	2000	2002
RhK 1 L	2,6	3,2	4,3	7,8	6,4
RhK 2 L	8,5	9,9	12,1	17,6	19,9
MrK 3 L	1,0	1,0	2,2	3,0	3,0
MK 4 L	7,6	9,7	15,0	19,0	22,5
TKg 8 K	2,5	2,1	2,0	1,4	1,5
TKg 10 L	2,0	3,2	4,9	4,5	5,2

K = kontrollinäyteala ja L = lannoitettu näyteala

Mineraalimaalla tuhkalannoituksen vaikutus ilmeni Evon tutkimuksissa selkeimmin heinäkasvien peittävyuden lisäyksenä. Nimettömän mineraalimaan avoimilla sukkessiovaiheen taimikkonäytealoilla (MT 3 K, MT 5 L ja MT 9 L) heinä- ja sarakasvien keskipeittävyyksissä havaittiin 9,0–13,2 %-yksikön lisäykset seurantajakson aikana. Peittävyudet, myös kontrollialueella, noin kaksinkertaistuivat seurantajakson aikana.

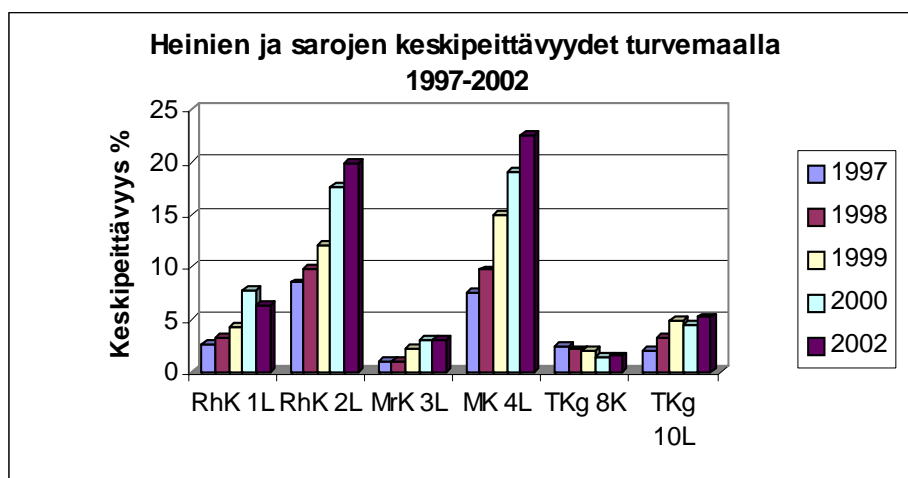
Tavilammin sulkeutuneilla näytealoilla (MT 5 K ja MT 6 L) muutokset olivat vähäisiä koko tutkimusjakson ajan. Sen sijaan varttuneen kuusikon näytealalla (MT 8K) heinien keskipeittävyudet lisääntyivät 3,3 %-yksikköä (60 %) (taulukko 9 ja kuva 15).





**Kuva 15.** Mineraalimaan heinien ja sarojen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Kaikilla turvemaan lannoitetuilla näytealoilla havaittiin heinäkasvien keskipeittävyksien 2,0–14,9 %-yksikön lisäys tutkimusjakson aikana. Varjoisalla kontrollinäytealalla (TKg 8 K) heinäkasvien suhteellinen osuus pieneni jaksossa aikana (taulukko 9 ja kuva 16).



**Kuva 16.** Turvemaan heinien ja sarojen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain.

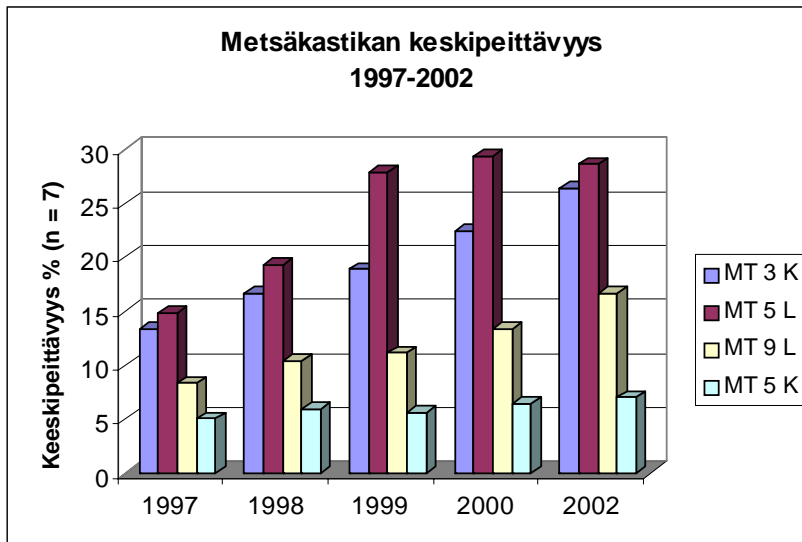
### Harmaasara ja hentosara

Harmaasaran keskipeittävydessä havaittiin Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 2 L) lisäystä 0,7 %-yksikköä (kaksinkertaistuminen), mikä tapahtui vasta viimeisenä havainnointivuonna.

Hentosaran keskipeittävyys lisääntyi 4,0 %-yksikköä Tavilammin näytealalla (RhK 2 L) seurantajakson aikana. Keskipeittävyys lisäys oli suhteellisen tasaista koko tutkimusjakson aikana (taulukko 11, s. 31).

## Metsäkastikka

Metsäkastikka on tuoreiden kangasmetsien tyyppilajeja, jota tavataan myös ohutturpeisten soiden reunaosissa (Hämet-Ahti ym. 1998).

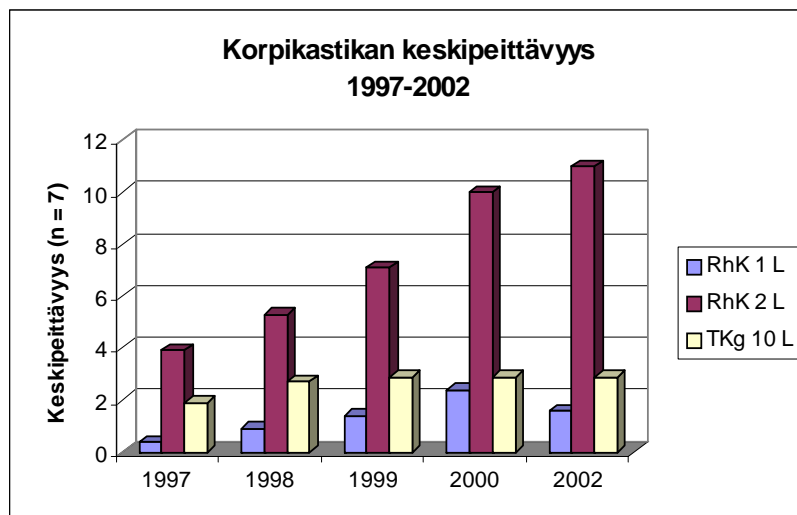


**Kuva 17.** Metsäkastikan keskipeittävyudet mineraalimaan näytealoilla.

Nimettömän avoimilla sukessiovaiheen taimikkoaloilla (MT 3 K, MT 5 L ja MT 9 L) metsäkastikan keskipeittävyys lisääntyi 8,4–13,8 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Suurin vuosittainen peittävyyslisäys 8,6 %-yksikköä oli näytealalla (MT 5 L) vuonna 1999, noin 1,5 vuotta tuhkalannoituksen jälkeen. Tavilammin puoliavoimella kontrollialalla (MT 5 K) kastikan keskipeittävyudessa ei havaittu selkeitä muutoksia (taulukko 10, s. 30 ja kuva 17).

## Korpikastikka

Korpikastikka on keskipeittävydeltään metsiemme neljänneksi runsain heinälaji (Reinikainen ym. 2000).



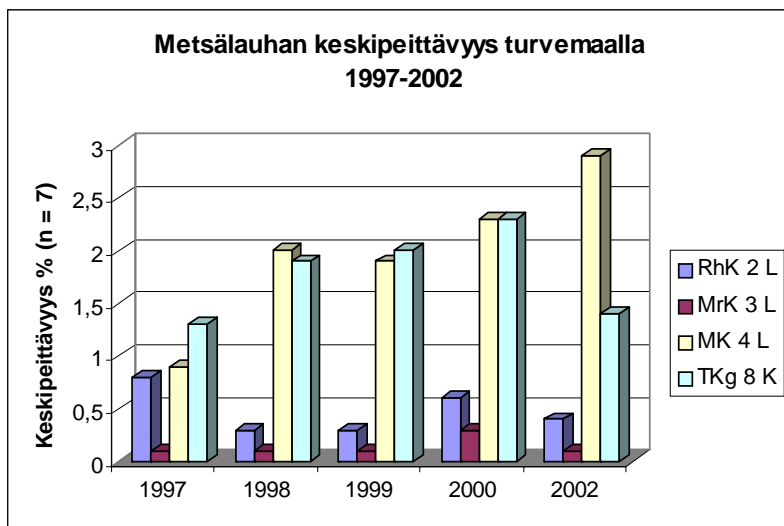
**Kuva 18.** Korpikastikan keskipeittävyys turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu ala

Tavilammin lannoitetulla näytealalla (RhK 2 L) korpikastikan keskipeittävydessä havaittiin 7,1 %-yksikön lisäys tutkimusjakson aikana. Suurin lisäys 2,9 %-yksikköä tapahtui vuonna 2000. Tavilammin näytealalla (RhK1 L) ja Nimettömän näytealalla (TKg 10 L) korpikastikan keskipeittävyden lisäykset olivat 1,0–1,2 %-yksikköä seurannan aikana (taulukko 11, s. 31 ja kuva 18).

## Metsälauha

Metsälauha on ylivoimaisesti runsain ja ainoa heinälaji meillä, joka ylittää 1 %:n keskipeittävyden. Runsain se on tuoreilla valoisilla kankailla, mutta kasvaa myös korpimetsissä ja hyötyy soiden ojituksista (Reinikainen ym. 2000).

Tavilammin puoliavoimella kontrollinäytealalla (MT 5 K) metsälauhan keskipeittävyys pieneni tutkimusjakson aikana ja oli lopussa 1,1 %. Tavilammin sulkeutuneella kontrollinäytealalla (MT 8 K) metsälauhan keskipeittävyys suureni seurantajakson aikana 4,0 %:sta 6,7 %:iin. Kyseisellä näytealalla lisäys oli suurin heti lannoitusvuonna (taulukko 10, s. 30).



**Kuva 19.** Metsälauhan keskipeittävyys turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

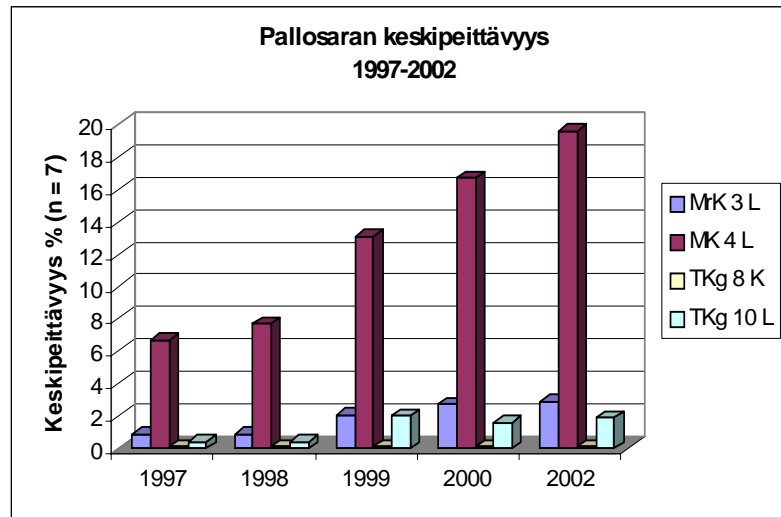
Tavilammin lannoitetulla turvemaan näytealalla (MK 4 L) metsälauhan keskipeittävyys lisääntyi 0,9:stä 2,9 %:iin seurantajakson aikana. Suurin lisäys 1,1 %-yksikköä sattui vuodelle 1998, heti lannoituksen jälkeiselle kesälle. Ruohokorven lannoitusalueella (RhK 1 L) lisäys oli vähän pienempi. Lähteisellä näytealalla (RhK 2 L) metsälauhan keskipeittävyys väheni 0,8:stä 0,4 %:iin tutkimuksen aikana.

Nimettömän varjoisalla kontrollialalla (TKg 8 K) metsälauhan peittävyys lisääntyi aluksi selvästi, mutta palautui jakson lopussa alkutilan tasoiseksi (taulukko 11, s. 31 ja kuva 19).

## Pallosara

Pallosara on yleisin sara metsissä ja soilla. Pallosara viihtyy karujen korprien ja soistuneiden metsien aukkopaikoissa (Skult 1958).

Tavilammin näytealoilla (MrK 3 L ja MK 4 L) pallosaran keskipeittävyys noin kolminkertaistui tutkimusjakson aikana. Lisäykset olivat suurimmat toisena lannoituksen jälkeisenä kasvukautena. Nimettömän varjoisalla turvekangasnäytealalla (TKg 8 K) pallosaran keskipeittävyys pysyi samana seurannan ajan. Vastaavalla lannoitusalueella (TKg 10 L) havaittiin selvä lisäys jakson aikana (taulukko 11 ja kuva 19).



**Kuva 20.** Pallosaran keskeittävyys turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

### Tulosten tarkastelu

Pohjoismaisissa tuhkalannoituskokeissa kenttäkerroksen kasvillisuuden on todettu muuttuneen ruoho- ja heinävaltaiseksi (Malmström 1952, Reinikainen 1980). Avoimilla ja lannoitetuilla taimikkoaloilla valoa tarvitseva metsäkastikka runsastui odotetusti. Sen runsastuminen avoimella kontrollialalla lienee johtunut aiemmista kulutuksista ja kastikan luontaisesta sukessiokehityksestä (Kuusipalo 1996, Ruuhijärvi ym. 1985). Varjoisilla näytealoilla valon puute ilmeisesti esti lannoituksen mahdollistaman kasvuedun. Korpikastikka yleistyi lannoitetuilla koealoilla. Se on todettu myös aiemmin tehdyissä turvemaan puutuhkakokeissa (Silfverberg & Hotanen 1989).

Metsälauha on pohjoismaisissa lannoituskokeissa yleensä hyötynyt tuhkasta (Silfverberg & Hotanen 1989, Vestin 1999). Sulkeutuneessa Tavilamin kuusikossa kasvun lisäys oli olematonta lannoituksesta huolimatta. Metsälauhan on todettu olevan kalkinkarttaja, mikä saattaa osittain selittää heikkoa kasvunlisäystä (Scurfield 1954). Viereisessä varjoisassa kontrollikuusikossa lauha runsastui huomattavasti tutkimusjakson aikana.

Ravinne-ekologiset ja morfologiset seikat selittävät sarojen nopeaa muutosta lannoitukseen. Sarat ovat minerotrofisia kasveja, jotka saavat suurimman osan ravinteistaan ns. reunavaikutuksen muodossa (Eurola ym. 1995). Rakenteellisia sopeutumia ohutturpeiselle kasvualustalle edustaa mm. pallosaran pitkä maaverso ja syvä juuristo, joiden avulla kasvi hyödyntää tehokkaasti lisäravinteita (Skult 1958). Kesien 1998 ja 1999 suotuisat kasvuolosuhteet vaikuttivat metsäkastikan ja metsälauhan runsastumiseen myös kontrollialoilla, mikä vaikeutti johtopäätösten tekemistä.

## Yhteenveto: heinät ja sarat

Avoimilla mineraalimaan lannoitetuilla taimikonnäytealoilla heinäkasvien (metsäkastikka) keskipeittävyudet lisääntyivät tutkimusjakson aikana huomattavasti. Vastaava kehitys oli havaittavissa myös samantyyppisellä kontrollialalla. Viisivuotisen seurannan aikana taimikkoalueen luontainen sukessiokehitys ja kasvukausien vaihtelut vaikeuttivat tuloksien luotettavaa tulkintaa. Lannoitetulla turvemaalla suurin keskipeittävyyksien lisäys kohdistui ravinteikkaille kasvupaikkatyypeille. Ruoho- ja mustikkakorven näytealoilla korpikastikan ja pallosaran keskipeittävyudet kasvoivat enemmän kuin muurainkorven ja turvekankaan näytealoilla. Lannoitetulla turvekan- kaalla nurmilauhakasvustot runsastuivat tutkimusalan ulkopuolella.

TAULUKKO 10 Heinien ja sarojen keskipeittävyudet ja keskihajonnat mineraalimaan näytealoilla. (X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala MT 3 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kevätpiippo - <i>Luzula pilosa</i>	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	13,4	16,7	18,9	22,4	26,4	19,6	4,5
Näyteala MT 5 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kevätpiippo - <i>Luzula pilosa</i>	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	14,8	19,3	27,9	29,3	28,6	24,0	6,5
Näyteala MT 9 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	8,3	10,4	11,1	13,3	16,7	12,0	3,2
Näyteala MT 5 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kevätpiippo - <i>Luzula pilosa</i>	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	5,0	5,9	5,6	6,4	7,0	6,0	0,8
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	1,4	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	0,2
Näyteala MT 6 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kevätpiippo - <i>Luzula pilosa</i>	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Näyteala MT 8 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	1,4	1,6	1,8	2,0	2,0	1,8	0,3
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	4,0	5,7	6,3	6,0	6,7	5,7	1,1

K = kontrolliala ja L = lannoitettu näyteala

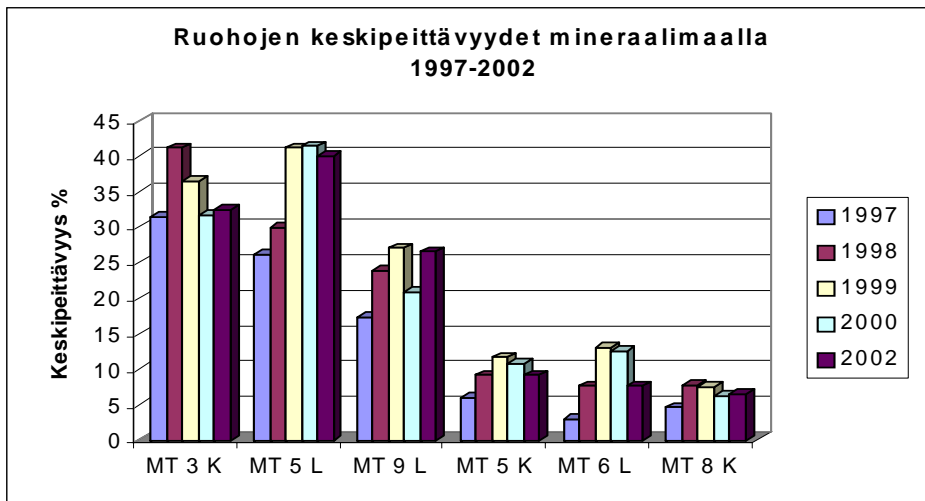
TAULUKKO 11 Heinien ja sarojen keskipeittävydet ja keskihajonnat turvemaan näytealoilla. (X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala RhK 1 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Korpikastikka - <i>Calamagrostis purpurea</i>	0,4	0,9	1,4	2,4	1,6	1,3	0,8
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	0,8	0,8	1,4	2,0	1,9	1,4	0,6
Pallosara - <i>Carex globularis</i>	1,4	1,5	1,5	3,3	2,9	2,1	0,9
Näyteala RhK 2 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Harmaasara - <i>Carex canescens</i>	0,9	0,9	0,6	0,9	1,6	1,0	0,4
Hentosara - <i>Carex disperma</i>	0,4	1,6	2,0	3,3	4,4	2,3	1,6
Korpikastikka - <i>Calamagrostis purpurea</i>	3,9	5,3	7,1	10,0	11,0	7,5	3,0
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	0,8	0,3	0,3	0,6	0,4	0,5	0,2
Metsäkastikka - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	0,4	0,4	1,1	1,4	0,9	0,8	0,4
Pallosara - <i>Carex globularis</i>	2,0	1,4	2,0	2,0	1,6	1,8	0,3
Näyteala MrK 3 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
Pallosara - <i>Carex globularis</i>	0,9	0,9	2,1	2,7	2,9	1,9	1,0
Näyteala MK 4 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	0,9	2,0	1,9	2,3	2,9	2,0	0,7
Pallosara - <i>Carex globularis</i>	6,7	7,7	13,1	16,7	19,6	12,8	5,6
Näyteala TKg 8 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Metsälauha - <i>Deschampsia flexuosa</i>	1,3	1,9	2,0	2,3	1,4	1,8	0,4
Pallosara - <i>Carex globularis</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Näyteala TKg 10 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Korpikastikka - <i>Calamagrostis purpurea</i>	1,9	2,7	2,9	2,9	2,9	2,7	0,4
Pallosara - <i>Carex globularis</i>	0,4	0,4	2,0	1,6	1,9	1,3	0,8

L = lannoitettu näyteala ja K = kontrolliala

### 3.2.3 Ruohot

Tutkimusalueen näytealoilta löydettiin 37 ruoholajia. Aineiston käsittelyssä keskityttiin yleisimpien ns. avainlajien ja suuria peittävyysmuutoksia omaavien lajien tarkasteluun. Seuraavia lajeja tai lajiryhmiä tarkasteltiin lajeittain: kielo (*Convallaria majalis*), kevätlinnunherne (*Lathyrus vernus*), kultapiisku (*Solidago virgaurea*), käenkaali (*Oxalis acetosella*), lillukka (*Rubus saxatilis*), maitikat (*Melampyrum* spp), maitohorsma (*Epilobium angustifolium*), metsäalvejuuri (*Dryopteris carthusiana*), metsäimarre (*Gymnocarpium dryopteris*), metsäkorte (*Equisetum sylvaticum*), metsätähti (*Trientalis europaea*), niittynätkelmä (*Lathyrus pratensis*), oravanmarja (*Maianthemum bifolium*), raate (*Menyanthes trifoliata*), sananjalka (*Pteridium aquilinum*) ja vadelma (*Rubus idaeus*). Aineiston harvalukuiset ruohot, indifferentit ruohot (keskipeittävyys < 1 %) esimerkiksi aitovirna (*Vicia sepium*), herttakaksikko (*Listera cordata*), maariankämme (k) (*Dactylorhiza maculata*), metsäorvokki (*Viola riviniana*), yövilkkä (*Goodyera repens*) jätettiin tulostarkastelun ulkopuolelle.



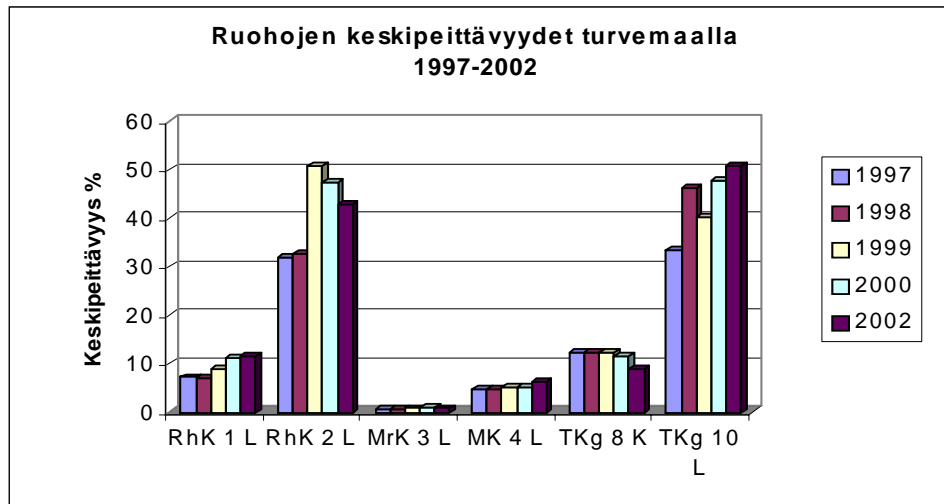
**Kuva 21.** Mineraalimaan ruohojen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Nimettömän mineraalimaan taimikkovaiheen näytealoilla (MT 3 K, MT 5 L ja MT 9 L) havaittiin ruohojen keskipeittävyksien lisääntyneen 1,1–13,9 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Tavilammin sulkeutuneilla kuusikko-näytealoilla (MT 5 K, MT 6 L ja MT 8 K) peittävydet lisääntyivät 1,9–4,6 %-yksikköä (taulukko 12).

**TAULUKKO 12** Mineraalimaan ruohojen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain.

	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>
<b>MT 3 K</b>	31,4	41,2	36,5	31,7	32,5
<b>MT 5 L</b>	26,1	29,9	41,2	41,4	40,0
<b>MT 9 L</b>	17,3	23,9	27,0	20,8	26,5
<b>MT 5 K</b>	6,0	9,1	11,7	10,8	9,2
<b>MT 6 L</b>	3,0	7,6	13,0	12,5	7,6
<b>MT 8 K</b>	4,6	7,7	7,5	6,3	6,5





**Kuva 22.** Turvemaan ruohojen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain.

Tavilammin ruohokorven lannoitetuilla näytealoilla (RhK 1 L ja RhK 2 L) havaittiin ruohojen keskipeittävyksissä 4,4–10,9 %-yksikön lisäykset tutkimusjakson aikana. Muurainkorven (MrK 3 L) ja mustikkakorven (MK 4 L) näytealoilla peittävydet lisääntyivät vain vähän samana ajanjaksona.

Nimettömän varjoisalla kontrollinäytealalla (TKg 8 K) ruohojen keskipeittävydessä havaittiin lievä vähennys. Lähes yhtä varjoisalla lannoitusalalla (TKg 10 L) ruohojen osuus lisääntyi tutkimusjakson aikana selvästi (taulukko 13 ja kuva 22).

**TAULUKKO 13** Turvemaan ruohojen yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>RhK 1 L</b>	7,2	6,9	9,0	11,2	11,6
<b>RhK 2 L</b>	31,9	32,5	50,6	47,3	42,8
<b>MrK 3 L</b>	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8
<b>MK 4 L</b>	4,7	4,8	5,3	5,3	6,2
<b>TKg 8 K</b>	12,4	12,2	12,2	11,6	8,9
<b>TKg 10 L</b>	33,3	46,1	40,2	47,7	50,6

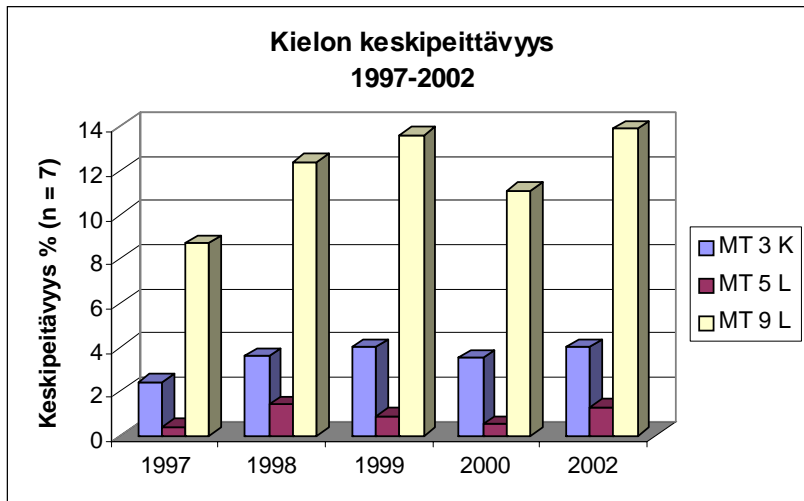
### Kevätlinnunherne

Kevätlinnunherne on 20–40 cm korkea monivuotinen rento- tai pystyvartinen ruoho, jota kasvaa tuoreissa metsissä (Hämet-Ahti ym. 1998).

Nimettömän taimikkovaiheen näytealoilla (MT 3 K ja MT 9 L) havaittiin kevätlinnunherneen keskipeittävydessä lisäystä 0,4–2,2 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Huomattavin lisäys havaittiin kontrollialalla (MT 3 K).

## Kielo

Kielon parhaita kasvualustoja ovat lehdot ja lehtomaiset kankaat, mutta sitä kasvaa myös kivikkoisilla rinteillä ja pientareilla (Hämet-Ahti ym. 1998).



**Kuva 23.** Kielon keskipeittävyys Nimettömän mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Valoisilla taimikkovaiheen näytealoilla (MT 3 K, MT 5 L ja MT 9 L) kielon keskipeittävyys lisääntyi 0,5–3,3 %-yksikköä tutkimusjakson aikana (taulukko 14, s. 44 ja kuva 23).

## Kultapiisku

Kultapiiskua esiintyy lehtomaisilla kankailla, mutta sitä tavataan myös kuivilla kankailla, niityillä, kedoilla ja kallioilla (Jalas 1980).

Nimettömän taimikkovaiheen näytealoilla (MT 3 K ja MT 5 L) havaittiin tutkimusjakson aikana kultapiiskun keskipeittävyuden pieni lisäys. Kivikkoisella rinnenäytealalla (MT 9 L) kultapiiskun peittävyys väheni lievästi samana ajanjaksona (taulukko 14).

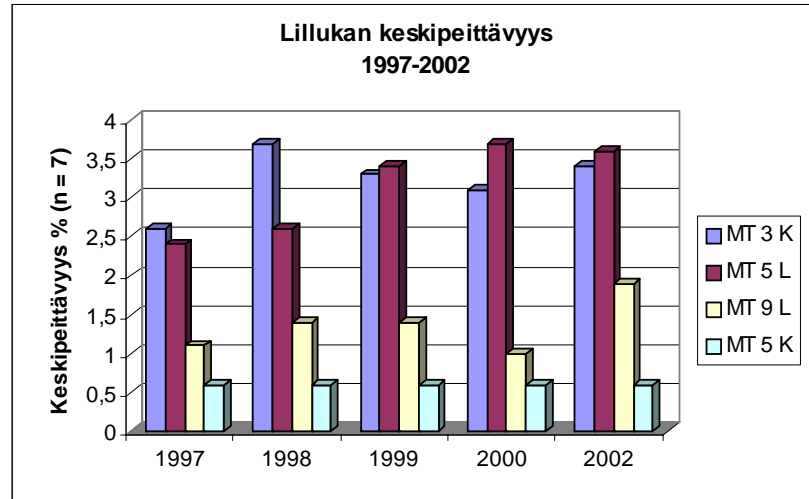
## Käenkaali

Käenkaalia (ketunleipä) tavataan vanhoissa varjoisissa kuusikoissa ja jonkin verran meso- ja eutrofisten korprien mätäspinoilla (Eurola ym. 1995).

Nimettömän turvekankaan näytealalla (TKg 10 L) käenkaalin keskipeittävyys kasvoi 4,4 %-yksikköä tutkimusjakson aikana (taulukko 15, s. 45). Sen peittävyys lähes nelinkertaistui.

## Lillukka

Lillukka on yleisin lehdoissa, tuoreissa metsissä, harju-, kallio- ja rinnenmet-  
sissä (Hämet-Ahti ym. 1998).



**Kuva 24.** Lillukan keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla.

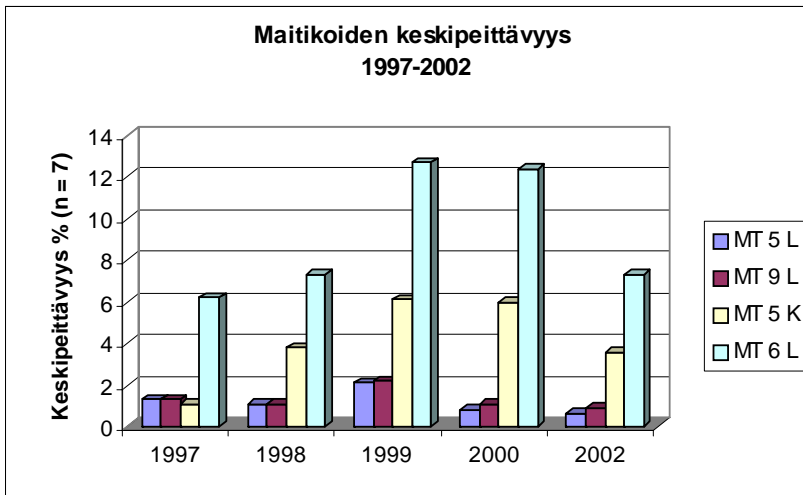
Nimettömän avoimilla taimikkovaiheen näytealoilla (MT 3 K ja MT 5 L) lillukan keskipeittävyudessa havaittiin lisäystä 0,8–1,2 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Muutos oli samansuuruinen kontrollialalla ja lannoitetulla alalla. Kivikkoisella ja avoimella rinnenäytealalla (MT 9 L) lillukan peittävyys lisääntyi 0,8 %-yksikköä seurantajakson aikana.

Tavilammin osin sulkeutuneella kontrollialalla (MT 5 K) ei havaittu muutoksia lillukan kohdalla seurannan aikana. Havaitut peittävyysmuutokset eivät olleet tilastollisesti merkittäviä (taulukko 14, s. 44 ja kuva 24).

## Maitikat

Tässä lannoituskokeessa seurattiin kahden yleisimmän maitikan (*Melampyrym* spp.) kangasmaitikan (*Melampyrym pratense*) ja metsämaitikan (*Melampyrym sylvaticum*) vastetta tuhkalannoitukseen.

Kangasmaitikka viihtyy keski-ikäisissä ja harvapuustoisissa metsissä sekä rämeiden ja korprien mätäspinoilla. Metsämaitikka suosii hieman ravinteikkaampia alustoja kuin kangasmaitikka, sekä korprien mätäspintoja ja lettoja (Eurola ym. 1995).



**Kuva 25.** Kangas- ja metsämaitikan yhteenlasketut keskipeittävyudet mineraalimaan näytealoilla. L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

Nimettömän taimikkovaiheen näytealoilla (MT 5 L ja MT 9 L) maitikoiden keskipeittävyudet vähenivät 0,4–0,7 %-yksikköä tutkimusjakson aikana.

Tavilammin sulkeutuneilla tuoreen kankaan aloilla (MT 5 K ja MT 6 L) havaittiin maitikoiden keskipeittävyyksissä lisäystä 1,1–2,5 %-yksikköä (taulukko 14, s. 44 ja kuva 25).

### Maitohorsma

Maitohorsma suosii reheviä kasvualustoja, mutta se kasvaa yleisenä myös kuivahkoilla ja kuivilla kankailla sekä tienvarsilla (Hämet-Ahti ym. 1998).

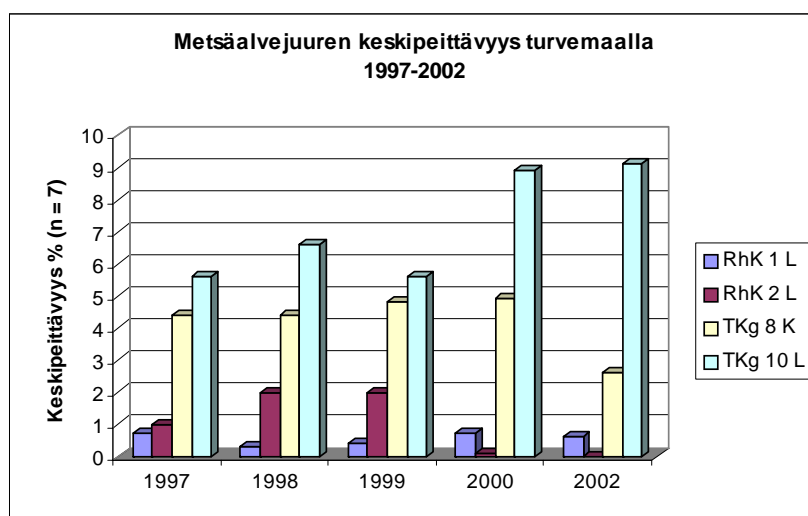
Nimettömän avoimilla näytealoilla (MT 3 K ja MT 5 L) maitohorsman keskipeittävyys väheni 0,4–2,6 %-yksikköä seurantajakson aikana (taulukko 14). Kontrollialalla peittävyys aluksi jopa kaksinkertaistui, mutta lannoitetulla alalla se säilyi viimeistä vuotta lukuun ottamatta alkutilanteen tasoisena.

### Metsäalvejuuri

Kasvupaikkojen suhteen alvejuuri on laaja-alainen; sitä kasvaa yhtä paljon kivennäis- ja turvemaalla. Luonnontilaisilta soilta metsäalvejuuria löytyy korprien mätäspinoilta ja turvekangasvaiheen soilta (Eurola ym. 1995).

Tavilammin ruohokorven RhK 1 L -alalla metsäalvejuuren keskipeittävyys aleni lievästi tutkimusjakson aikana. Toiselta näytealalta, RhK 2 L, alvejuuren peittävyys aluksi suureni, mutta lopulta alvejuuri hävisi kokonaan. Nimettömän varjoisalla turvekankaan näytealalla (TKg 8 K) havaittiin samansuuntaista kehitystä.

Vastaavantyyppisellä lannoitusosalalla (TKg 10 L) havaittiin selvä lisäys keskipeittävydessä jakson aikana (taulukko 15, s. 45 ja kuva 26).



**Kuva 26.** Metsäalvejuuren keskipeittävyys turvemaan näytealoilla.

### Metsäkorte

Metsäkortteen tyypillisimpiä kasvupaikkoja ovat kosteat varsinaiset korvet. Korvissa se on mätäs- ja välipintojen ruoho, joka ilmentää korpisuutta ja ohutturpeisuutta (Eurola ym. 1995).

Tavilammin ruohokorven näytealoilla (RhK 1 L ja RhK 2 L) havaittiin metsäkortteen keskipeittävydessä 1,4–1,7 %-yksikköä lisäystä tutkimusjakson aikana. Mustikkakorvessa (MK 4 L) keskipeittävyys sen sijaan väheni samalla aikajaksolla. Nimettömän kontrolliturvekankaalla muutokset olivat vähäisiä (taulukko 15).

### Metsäimarre

Metsäimarre on yleisin lehdossa ja lehtomaisilla kankailla, sekä rehevissä ja ohutturpeisissa kangas- ja saniaiskorvissa (Hämet-Ahti ym. 1998).

Tavilammin ruohokorvessa (RhK 2 L) metsäimarre väheni 0,7:stä 0,1 %:iin. Sen sijaan Nimettömän turvekankaan näytealalla (TKg 10 L) havaittiin metsäimarteen keskipeittävydessä lisäystä 2,6 %-yksikköä tutkimusjakson aikana (taulukko 15).

## Metsätähti

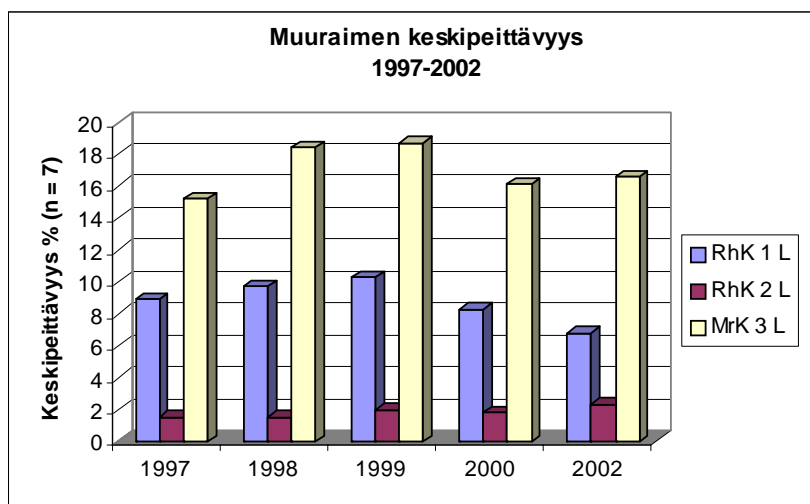
Metsätähden parhaita kasvupaikkoja ovat lehtomaiset kankaat, sekä korprien ja rämeiden mätäs- ja välipinnat (Eurola ym. 1995).

Tavilammin turvemaan näytealoilla (RhK 1 L ja MK 4 L) havaittiin metsätähden runsastumista tutkimusjakson aikana.

Nimettömän turvekankaan näytealoilla (TKg 8 K ja TKg 10 L) keskipeittävyys sitä vastoin aleni viisivuotisjakson aikana (taulukko 15). Tosin lannoitetulla alalla metsätähti aluksi runsastui.

## Muurain

Muurain löytyy karuilta rahkarämeiltä ja korprien mätäspinoilta sekä ravinteisilta letoilta (Eurola ym. 1995). Kasvualustan suhteen ja valovaatimuksiltaan se on melko indifferentti.



**Kuva 27.** Muuraimen keskipeittävyys lannoitetuilla näytealoilla. L = lannoitettu ala

Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 1 L) muuraimen keskipeittävyys aluksi suureni, mutta oli jakson lopussa alkutilannetta pienempi. Samanlaisesti muurainkorven näytealalla (MrK 3 L) ja ruohokorven näytealalla (RhK 2 L) keskipeittävyys lisääntyi 0,7 – 1,4 %-yksikköä. Muurainkorvessa kasvunlisäys oli heti lannoituksen jälkeisinä vuosina suurempikin (taulukko 15, s. 45 ja kuva 27).

Tavilammin näytealalla (MrK 3 L) muuraimien lehtiin ilmestyi violetinvärisiä laikkuja ensimmäisenä kasvukautena lannoituksen jälkeen. Väri-laikut olivat samantyyppisiä kuin mustikoilla, mutta pinta-alaltaan huomattavasti suurempia: 1–25 cm<sup>2</sup>. Vauriot alkoivat useimmiten lehtisuonien ympäriltä. Muuraimien värimuutokset olivat kesällä 1999 edelleen lisääntyneet, osasyynä oli mahdollisesti kuivuus. Kesäkesällä 1998 ja 1999 värimuutoksia

oli lähes jokaisen muuraimen lehdissä. Väri-laikkujen laajuus näytti vaihtelevan kasvukauden aikana. Ilmiö oli vielä havaittavissa kesällä 2002 yksittäisten muuraimien lehdissä.

### Niittynätkelmä

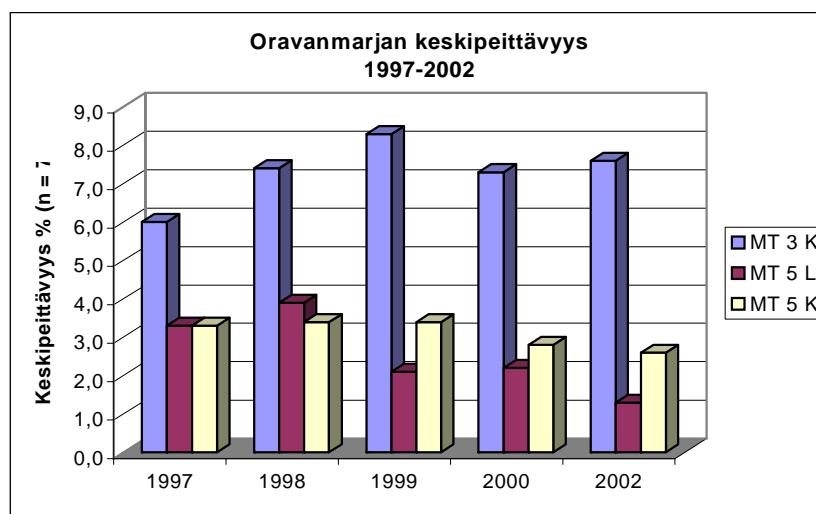
Niittynätkelmä on 25–60 cm korkea pystyvartinen ruoho, jota esiintyy erilaisilla niityillä ja ruohoisissa metsissä (Hämet-Ahti ym. 1998).

Nimettömän avoimella taimikkoalalla (MT 3 K) keskipeittävyys lisääntyi 0,9 %-yksikköä. Läheisellä lannoitus-alalla (MT 9 L) niittynätkelmän keskipeittävyys lisääntyi selvästi enemmän, 2,2 %-yksikköä, seurantajakson aikana (taulukko 14).

### Oravanmarja

Oravanmarja on runsain lehdossa, lehtomaisilla kankailla sekä luonnontilaisissa korvissa (Hämet-Ahti ym.1998).

Nimettömän avoimella sukkessiovaiheen kontrollialalla (MT 3 K) oravanmarjan keskipeittävyudessa havaittiin 1,6 %-yksikköä lisäystä tutkimusjakson aikana.



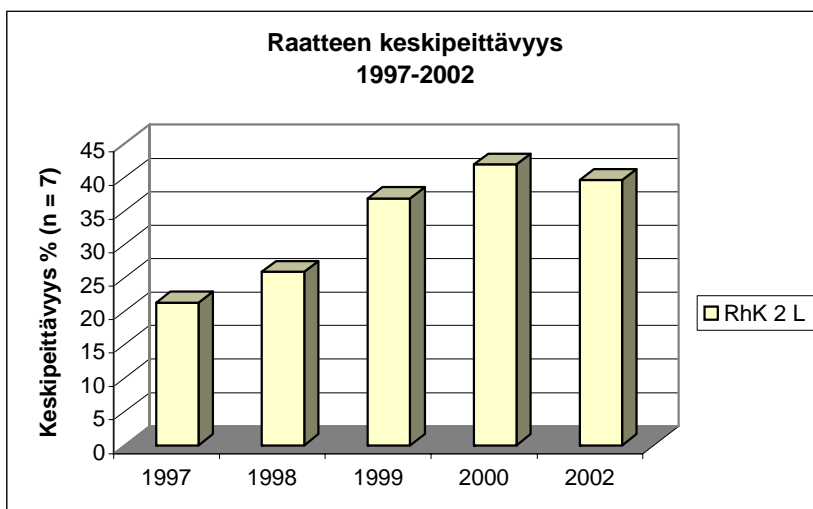
**Kuva 28.** Oravanmarjan keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Nimettömän kontrollialalla (MT 3 K) oravanmarjan keskipeittävyys suureni, mutta Tavilammin kontrollialalla (MT 5 K) se väheni tutkimusjakson aikana. Lannoitetulla taimikkonäytealalla (MT 5 L) keskipeittävyys väheni selvästi, varsinkin viimeisenä tutkimusvuotena (taulukko 14, s. 44 ja kuva 28).

## Raate

Raatetta esiintyy korvissa ja rämeillä, joissa se on pienten nevalaikkujen laji. Sopivat nevalaikut ovat useimmiten märkiä ja paksuturpeisia (Eurola ym. 1995).

Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 2 L) havaittiin raatteen keskipeittävydessä silmännähtävää lisäystä 11,9 %-yksikköä tutkimusjakson aikana (taulukko 15, s. 45 ja kuva 29). Sen keskipeittävyys lähes kaksinkertaistui lannoituksen jälkeisinä havaintovuosina.



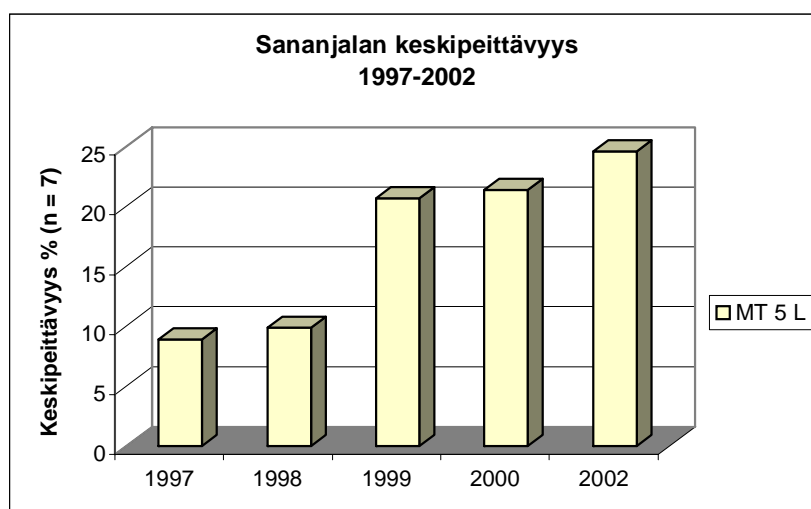
**Kuva 29.** Raatteen keskipeittävyys lannoitetulla ruohokorven näytealalla.

## Sananjalka

Sananjalka on tuoreiden ja valoisien kivennäismaiden ruoho, lehdot ja lehtomaiset kankaat ovat parhaita kasvualustoja (Hämet-Ahti ym.1998).

Nimettömän avoimella sukessiovaiheen taimikonäytealalla (MT 5 L) sananjalan keskipeittävydessä havaittiin selvää lisäystä, 8,2 %-yksikköä, viisivuotisen tutkimusjakson aikana (taulukko 14, s. 44 ja kuva 30).





**Kuva 30.** Sananjalan keskipeittävyys lannoitetulla taimikkoalalla.

### 3.2.4 Uustulokkaat

Tutkimusalueen pienet tuhkakasat ja kuolleet rahkasammalkasvustot toimivat otollisena kasvualustana pioneeriluontoisille siemen- ja itiökasveille. Putkilokasvien kolonisaatio havaittiin ensimmäisenä tuhkakasoille ilmaantuneista kymmenistä koivujen (*Betula* spp.) ja männyn (*Pinus sylvestris*) sirkkataimista. Sirkkataimia löydettiin jo lannoitusta seuranneena kasvukautena (1998) ja niitä oli havaittavissa koko tutkimusjakson ajan. Taimien peittävyudet pysyivät erittäin vähäisinä (< 0,1 %).

Tavilammin ruohokorven tutkimusalueella näytealojen ulkopuolelle ilmaantui muutamia yksittäisiä maitohorsman taimia (*Epilobium angustifolium*). Nimettömän turvekangasnäytealan (TKg 10 L) ulkopuolella esiintyneet nurmilauhakasvustot (*Deschampsia cespitosa*) rehevöityivät silmännähtävästi tutkimusjakson aikana.

### Tulosten tarkastelua: ruohot ja uustulokkaat

Pohjoismaisissa tuhkalannoituskokeissa kenttäkerroksen kasvillisuuden on todettu muuttuneen ruoho- ja heinävaltaiseksi (Malmström 1952, Reinikainen 1980, Silfverberg & Hotanen 1989). Ruohojen runsaus ja lajimäärä lisääntyvät ravinteisuuden kosteuden lisääntyessä (Kalliola 1973). Seurannassa mukana olleista ruohoista lähes kaikki runsastuivat varsinkin kielo, kultapiisku, käenkaali, lillukka, maitikat, maitohorsma, metsäalvejuuri, metsämarre ja metsäkorte.

Kiello runsastui taimikkovaiheen lannoitus- ja kontrollialoilla. Kielon runsastumista tukevat aiemmat alueella tehdyt kulotukset ja hakkuut (Ruuhijärvi ym. 1985) sekä optimaalisen lämmän moreenialusta.

Kultapiisku runsastui hieman taimikkovaiheen lannoitus- ja kontrollialoilla. Laji suosii valoisa palo- ja hakkuualoja (Jalas 1980, Ruuhijärvi ym. 1985). Suomessa ja Ruotsissa tehdyissä tuhkalannoituskokeissa kultapiiskun peittävyys on lisääntynyt (Silfverberg & Hotanen 1989, Gyllin & Kruuse 1996).

Käenkaali runsastui lannoitetulla ja varjoisalla turvekangasnäytealalla. Suomen ja Ruotsin lannoituskokeissa on havaittu lajin peittävyyden lisääntyneen (Gyllin & Kruuse 1996). Runsaasti siemeniä tuottavana ja tehokkaan maavarsiston omaavana kloonikasvina se reagoi nopeasti muuttuvaan ravintotilanteeseen (Kujala 1980).

Lillukka runsastui avoimilla taimikkovaiheen aloilla. Laji viihtyy juuri valoilla palo- ja hakkuualustoilla tuottaen runsaasti siemeniä (Vaarama 1965). Tutkimusalueella on 1980-luvulla tehty kulotuskokeita (Ruuhijärvi ym. 1985).

Maitikoiden peittävyyksissä oli havaittavissa kaksisuuntaista kehitystä. Taimikkoaloilla tapahtui taantumista ja sulkeutuneissa kuusikoissa runsastumista. Ilmeisesti taimikoiden luontaisessa sukkessiokehityksessä on menossa vaihe, jolloin ensimmäisen vaiheen lajit alkavat vähetä varjostuksen myötä (Ruuhijärvi ym. 1985). Etelä-Ruotsin mineraalimaan raetuhkakokeissa maitikat runsastuivat (Gyllin & Kruuse 1996).

Maitohorsman kohdalla havaittiin otollisten sade- ja lämpötilajaksojen vaikutus kasvutuloksessa, mikä vaikeutti tuhka vaikutuksen erottamista. Lannoitus yleensä saa sen runsastumaan kivennäis- ja turvemaidella (Reinikainen 1965). Suomessa ja Ruotsissa tehdyissä turvemaan tuhkalannoituksissa maitohorsman peittävyys on lisääntynyt huomattavasti (Lukkala 1951, Malmström 1952, Sarasto 1963).

Metsäälvejuuri ja metsäimarre taantuivat lannoitetussa ruohokorvessa ja runsastuivat lannoitetulla turvekankaalla. Suomen ja Ruotsin ojitettujen turvemaiden tuhkakokeissa molempien lajien on havaittu runsastuneen (Silfverberg & Hotanen 1989, Gyllin & Kruuse 1996). Metsäälvejuuri karttaa kalkkipitoisia kasvualustoja, mikä osaltaan selittää peittävyysvähentymistä ruohokorvessa (Tuomikoski 1958). Metsäimarteelle ruohokorven kasvupaikat muuttuivat nopeasti liian heinä- ja ruohovaltaisiksi. Sen sijaan puolivarjoisassa turvekangasvaiheen entisessä ruohokorvessa se runsastui nopeasti edullisen kilpailutilanteen vuoksi (Hotanen ym. 1999).

Metsäkorte runsastui kaikilla turvemaan näytealoilla ja niistä eniten lannoitusaloilla. Muhoksen Lepinniemen turvemaan lannoituskokeissa kortteet runsastuivat (Silfverberg & Hotanen 1989). Metsäkorteella on laaja syväle ulottuva maavarsisto ravintovarastona ja lisääntymiselimenä, joka reagoi nopeasti ravinnelisäyksiin (Vuokko 1994).

Metsätähden keskipeittävyys kohosi mineraalimaan taimikko- ja sulkeutuneilla kuusikkoaloilla. Ojittamattomilla turvemaidella havaittiin runsastumista, mutta varjoisilla turvekangasaloilla peittävyydet pienenevät odotetusti (Hiirsalmi 1969). Metsätähdellä on kyky reagoida nopeasti muuttuneisiin ravin-

neolosuhteisiin. Maavarret haarottuvat ja kasvavat ravintoresurssien mukaan jopa 70 cm kasvukauden aikana (Reinikainen ym. 2000). Poikkeuksellisen hyvät kasvuolosuhteet selittävät osan kontrollialojen kasvunlisäyksestä (Hakala 2000). Ruotsissa tehdyissä mineraalimaan tuhkalannoituskokeissa metsätähti on yleensä runsastunut (Gyllin & Kruuse 1996, Vestin 1999). Muhoksen koivutuhkan lannoituskokeissa havaittiin metsätähden runsastuvan turvekangasaloilla (Silfverberg & Hotanen 1989).

Muurain runsastui ruohokorven lannoitusaloilla hyvien kasvuvuosien 1998 ja 1999 aikana. Seurannan muina vuosina peittävyudet vähenivät lannoituksesta huolimatta. Muuraimen onkin todettu vähentyneen korpikasvupaikoilla, missä puusto on sulkeutunutta ja kilpaileva ruoho- ja heinälajisto on runsastunut (Silfverberg 1991). Muilla turvemaan näytealoilla muurain runsastui ennako-odotusten mukaisesti (Heikkilä 1999, Sarasto 1963, Silfverberg & Huikari 1985). Lajin nopea reagointi lisäravinteisiin perustuu tehokkaaseen juuristoon.

Oravanmarja runsastui mineraali- ja turvemaan avoimilla ja sulkeutuneilla aloilla. Ainoastaan turvekangasalueilla ei havaittu muutoksia. Osan muutoksesta selittävät hyvät kasvuolosuhteet 1998 ja 1999 (Hakala 2000). Nimetömän avoimilla kulo- ja hakkuualoilla sukkessiokehitys on varttuneen taimikon vaiheessa, jolloin oravanmarja voi vielä yleistyä (Ruuhijärvi ym. 1985, Kujala 1958). Sulkeutuneet vanhat alat edustavat lajin ominta kasvuympäristöä, sillä se on heikko kilpailija (Kujala 1958). Oravanmarja pystyy säätelemään maavarren kasvua ja haaromista ravinnetilanteen mukaan. Tuhkalannoitus muuttaa yleisesti kasvillisuutta heinä- ja ruohovaltaiseen suuntaan (Malmström 1952). Ruotsin mineraalimaan tuhkalannoituskokeissa oravanmarja on runsastunut (Gyllin & Kruuse 1996).

Raate runsastui huomattavasti ruohokorven lannoitusalueella. Raate on kloonikasvi, jolla on suikerteleva ja syväle ulottuva juurakko. Tehokas juuristo yhdistettynä laajaan happamuusamplitudiin pH 3,6–6,7 selittää voimakasta runsastumista (Pankakoski 1939). Tavilammen ruohokorven pH kohosi tuhkalannoituksen myötä 1–1,5 pH-yksikköä (Pihlström ym. 2004).

Sananjalka runsastui merkittävästi lannoitetulla hakkuu- ja kulotusalueella. Alue on tällä hetkellä varttunutta taimikkoa, jossa sananjalka alkaisi ilman lannoitusta jo vähetä (Ruuhijärvi ym. 1985). Lajilla on tehokkaasti ravinteita keräävä ja leviävä maavarsi, joka pystyy hyödyntämään hakkuiden, muokauksen ja kulojen tuomat ympäristömuutokset (Reinikainen ym. 2000).

Uustulokkaina ilmaantui tuhkaläjille ja kuolleiden rakkasammalkasvustojen päälle koivujen ja mäntyjen sirkkataimia. Muhoksen tuhkalannoituskokeissa on havaittu koivun- ja männyn taimien ilmaantuvan lannoitusaloille (Moilanen & Issakainen 1984). Tavilammen ruohokorven lannoitusalueelle ilmaantui muutama maitohorsma ns. ulkolajina. Maitohorsman leviämiskyky uusille kasvualustoille perustuu valtaisan määrään tuulen mukana leviäviä siemeniä (Jalas 1974).

## Yhteenvedoa ruohoista

Tuhkalannoitetuilla aloilla ruohojen keskipeittävyys nousivat yleensä pysyvästi kontrollivuoteen 1997 nähden. Kontrollialoilla suotuisten kasvukausien vaikutus näkyi keskipeittävyys tilapäisenä nousuna vuosina 1998 ja 1999. Mineraalimaalla selkeitä voittajia olivat maitikat, sananjalka ja kielo. Ruohokorven, mustikkakorven ja turvekankaan lannoitusaloilla ruohojen keskipeittävyys nousivat tutkimusjakson aikana ja jäivät kontrollivuotta 1997 korkeammalle tasolle. Turvemaalla hyötyjiin kuuluivat ketunleipä, metsäalvejuuri, metsäimmarre, metsäkorte ja raate. Karummilla turvemaan lannoitusaloilla peittävyyslisäykset olivat vähäisempiä. Tuhkalannoitus muutti yleisesti kasvillisuutta heinä- ja ruohovaltaiseen suuntaan. Samansuuntaisia tuloksia on saatu aiemmissakin lannoituskokeissa (Malmström 1952).

TAULUKKO 14 Ruohojen keskipeittävyys ja keskihajonnat mineraalimaan näytealoilla. (X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala MT 3 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Maitikat - <i>Melampyrum</i> spp.	5,4	4,6	3,3	2,3	3,1	3,7	1,2
Kielo - <i>Convallaria majalis</i>	2,4	3,6	4,0	3,5	4,0	3,5	0,7
Kultapiisku - <i>Solidago virgaurea</i>	3,0	3,0	3,3	3,3	3,1	3,1	0,2
Lillukka - <i>Rubus saxatilis</i>	2,6	3,7	3,3	3,1	3,4	3,2	0,4
Maitohorsma - <i>Epilobium angustifolium</i>	1,9	4,3	2,7	3,0	1,4	2,7	1,1
Niittynätkelmä - <i>Lathyrus pratensis</i>	2,0	3,9	3,3	3,0	2,4	2,9	0,7
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	6,0	7,4	8,3	7,3	7,6	7,3	0,8
Näyteala MT 5 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kielo - <i>Convallaria majalis</i>	0,4	1,4	0,9	0,5	1,3	0,9	0,5
Lillukka - <i>Rubus saxatilis</i>	2,4	2,6	3,4	3,7	3,6	3,1	0,6
Kultapiisku - <i>Solidago virgaurea</i>	1,9	1,0	1,9	2,1	2,1	1,8	0,5
Maitikat - <i>Melampyrum</i> spp.	1,3	1,1	2,1	0,8	0,6	1,2	0,6
Maitohorsma - <i>Epilobium angustifolium</i>	7,3	7,6	7,7	7,9	4,7	7,0	1,3
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	3,3	3,9	2,1	2,2	1,3	2,6	1,0
Sananjalka - <i>Pteridium aquilinum</i>	8,9	9,9	20,7	21,4	24,6	17,1	7,2
Näyteala MT 5 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Lillukka - <i>Rubus saxatilis</i>	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0
Metsämaitikka - <i>Melampyrum sylvaticum</i>	1,1	3,8	6,1	6,0	3,6	4,1	2,1
Metsätähti - <i>Trientalis europaea</i>	0,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,2
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	3,3	3,4	3,4	2,8	2,6	3,1	0,4
Näyteala MT 6 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kangasmaitikka - <i>Melampyrum pratense</i>	0,1	3,1	6,1	5,1	3,1	3,5	2,3
Metsämaitikka - <i>Melampyrum sylvaticum</i>	6,1	4,2	6,6	7,3	4,2	5,7	1,4
Näyteala MT 8 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kangasmaitikka - <i>Melampyrum pratense</i>	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,0
Metsämaitikka - <i>Melampyrum sylvaticum</i>	0,9	1,6	2,1	1,3	1,6	1,5	0,4
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	2,0	4,3	3,6	2,9	3,0	3,2	0,9
Näyteala MT 9 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kielo - <i>Convallaria majalis</i>	8,7	12,4	13,6	11,1	13,9	11,9	2,1
Kultapiisku - <i>Solidago virgaurea</i>	3,1	3,0	3,0	2,3	2,3	2,7	0,4
Lillukka - <i>Rubus saxatilis</i>	1,1	1,4	1,4	1,0	1,9	1,4	0,5
Maitikat - <i>Melampyrum</i> spp.	1,3	1,1	2,2	1,1	0,9	1,3	0,5
Niittynätkelmä - <i>Lathyrus pratensis</i>	2,4	4,6	5,6	4,6	5,9	4,6	1,4

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

TAULUKKO 15 Ruohojen keskipeittävyudet ja keskihajonnat turvemaan näytealoilla.  
(X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

<b>Näyteala RhK 1 L</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
Kultapiisku - <i>Solidago virgaurea</i>	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
Metsäalvejuuri - <i>Dryopteris carthusiana</i>	0,7	0,3	0,4	0,7	0,6	0,5	0,2
Metsäkorte - <i>Equisetum sylvaticum</i>	2,7	1,8	2,0	3,5	4,4	2,9	1,1
Metsätähti - <i>Trientalis europaea</i>	1,6	1,9	1,9	2,1	1,9	1,9	0,2
Muurain - <i>Rubus chamaeemorus</i>	8,9	9,7	10,3	8,3	6,8	8,8	1,4
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	1,6	2,2	3,6	4,3	3,9	3,1	1,2
<b>Näyteala RhK 2 L</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
Metsäalvejuuri - <i>Dryopteris carthusiana</i>	1,0	2,0	2,0	0,1	0,0	1,0	1,0
Metsäimarre - <i>Gymnocarpium dryopteris</i>	0,7	0,9	0,3	0,4	0,1	0,5	0,3
Metsäkorte - <i>Equisetum sylvaticum</i>	0,7	0,7	1,0	2,9	2,1	1,5	1,0
Muurain - <i>Rubus chamaeemorus</i>	1,5	1,5	2,0	1,8	2,3	1,8	0,3
Raate - <i>Menyanthes trifoliata</i>	21,2	25,9	36,9	41,9	39,6	33,1	9,0
Suohorsma - <i>Epilobium palustre</i>	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1
<b>Näyteala MrK 3 L</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
<b>Muurain - <i>Rubus chamaeemorus</i></b>	15,2	18,4	18,7	16,1	16,6	17,0	1,5
<b>Näyteala MK 4 L</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
Maitikat - <i>Melampyrum</i> spp.	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	0,3	0,2
Metsäkorte - <i>Equisetum sylvaticum</i>	2,1	1,1	0,9	0,9	1,4	1,3	0,5
Metsätähti - <i>Trientalis europaea</i>	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,2	0,1
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	2,0	3,2	3,6	3,9	4,3	3,4	0,9
<b>Näyteala TKg 8 K</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
Metsäalvejuuri - <i>Dryopteris carthusiana</i>	4,4	4,4	4,8	4,9	2,6	4,2	0,9
Metsäkorte - <i>Equisetum sylvaticum</i>	1,4	1,3	1,3	1,3	1,6	1,4	0,1
Metsätähti - <i>Trientalis europaea</i>	0,4	0,4	0,4	0,3	0,1	0,3	0,1
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	6,1	6,0	5,7	5,1	4,5	5,5	0,7
<b>Näyteala TKg 10 L</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>X</b>	<b>SD</b>
Ketunleipä - <i>Oxalis acetosella</i>	3,4	7,0	7,0	8,4	13,1	7,8	3,5
Maitikat - <i>Melampyrum</i> spp.	0,4	0,8	0,6	0,9	0,4	0,6	0,2
Metsäalvejuuri - <i>Dryopteris carthusiana</i>	5,6	6,6	5,6	8,9	9,1	7,2	1,7
Metsäimarre - <i>Gymnocarpium dryopteris</i>	9,9	13,6	12,1	14,0	12,9	12,5	1,6
Metsätähti - <i>Trientalis europaea</i>	1,5	1,6	1,8	2,0	1,2	1,6	0,3
Oravanmarja - <i>Maianthemum bifolium</i>	6,6	6,9	6,6	6,4	6,6	6,6	0,2

L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

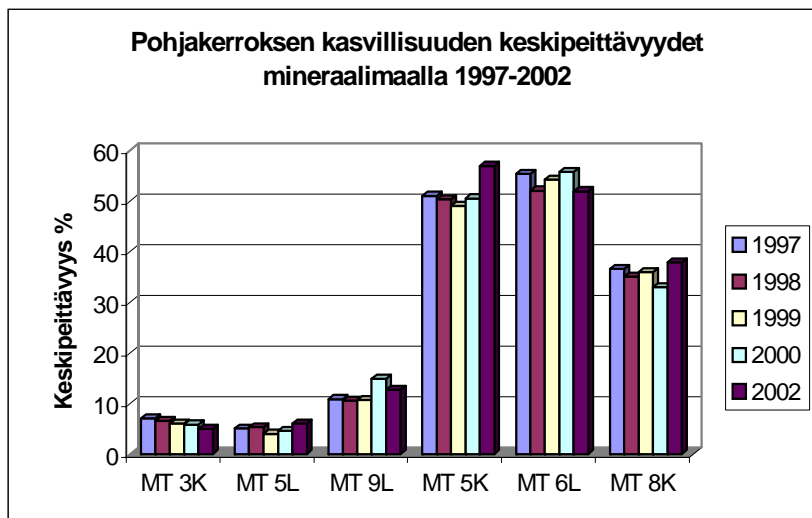
### 3.3 Pohjakerroksen kasvillisuuden keskipeittävyys 1997-2002

Tässä tutkimuksessa pohjakerroksen lajeihin laskettiin kaikki maassa kasvavat sammat ja jäkälät. Kivien, puiden runkojen, kantojen ja maapuiden päällä kasvaneita lajeja ei otettu huomioon. Nuo kasvualustat luokiteltiin karikkeisuuteen kuuluviksi. Pohjakerroksen lajeja havaittiin näytealoilta yhteensä 39 lajia tai lajiryhmää. Sammalia havaittiin 31 ja jäkälää kahdeksan lajia.

TAULUKKO 16 Pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyydet (%) näytealoittain, mineraalimaalla tutkimusjakson 1997–2002 aikana.

	1997	1998	1999	2000	2002
MT 3 K	7,1	6,6	6,1	5,9	5,0
MT 5 L	5,1	5,3	4,0	4,6	6,1
MT 9 L	10,9	10,6	10,7	14,9	12,7
MT 5 K	51,1	50,4	49,1	50,6	57,0
MT 6 L	55,4	52,1	54,3	55,8	52,0
MT 8 K	36,6	35,1	36,0	33,0	37,9

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala



**Kuva 31.** Pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävyydet mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Nimettömän avoimella taimikkonäytealalla (MT 3 K) pohjakerroksen keskipeittävydessä havaittiin vähennystä tutkimusjakson aikana. Viereisillä lannoitetuilla ja avoimilla taimikkonäytealoilla (MT 5 L ja MT 9 L) havaittiin pientä lisäystä pohjakerroksen peittävyksissä jakson aikana.

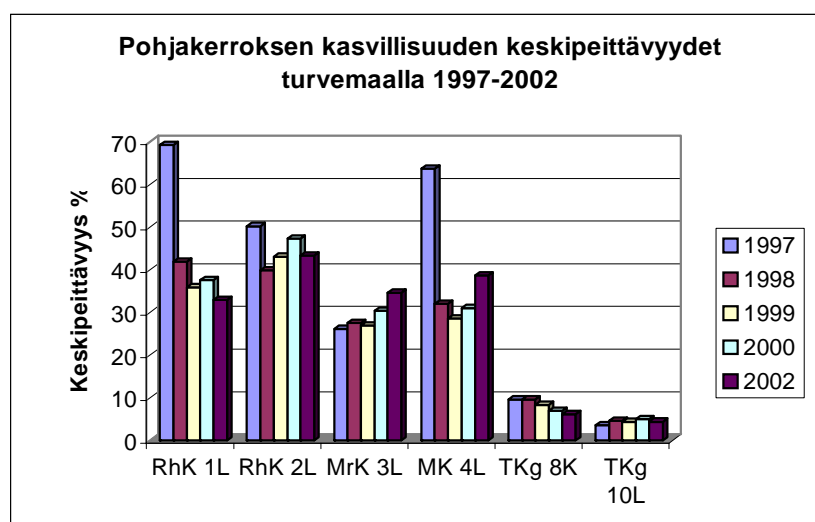
Tavilammin puoliavoimella näytealalla (MT 5 K) havaittiin pohjakerroksen keskipeittävydessä 5,9 %-yksikön lisäys tutkimusjakson viimeisenä vuote-

na. Lannoitetulla ja sulkeutuneella kuusikonäytealalla (MT 6 L) keskipeittävyys puolestaan väheni 3,4 %-yksikköä. Tavilammin varttuneen kuusikon kontrollialalla (MT 8 K) havaittiin pohjakerroksen keskipeittävydessä 1,3 %-yksikön lisäys niin ikään viimeisenä havainnointivuonna (taulukko 16 ja kuva 31).

TAULUKKO 17 Pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävydet (%) turvemaalla näytealoittain.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>RhK 1 L</b>	69,3	41,9	35,9	37,6	33,0
<b>RhK 2 L</b>	50,2	39,9	43,1	47,3	43,3
<b>MrK 3 L</b>	26,2	27,6	26,9	30,4	34,6
<b>MK 4 L</b>	63,7	32,1	28,6	31,0	38,7
<b>TKg 8 K</b>	9,6	9,6	8,3	6,9	6,1
<b>TKg 10 L</b>	3,6	4,6	4,3	5,0	4,4

L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala



**Kuva 32.** Pohjakerroksen lajien yhteenlasketut keskipeittävydet turvemaan näytealoilla.

Tavilammin turvemaan lannoitetuilla näytealoilla havaittiin suurimmat muutokset pohjakerroksen yhteenlasketuissa keskipeittävyyksissä. Rahkasammalvaltaisella näytealalla (RhK 1 L) havaittiin 36,3 %-yksikköä vähennystä tutkimusjakson aikana ja samantyyppisellä näytealalla (MK 4 L) 25,0 %-yksikön vähennys. Ruohovaltaisella ja lähteisellä ruohokorven näytealalla (RhK 2 L) havaittiin 6,9 %-yksikön vähennys peittävydessä. Tavilammin muurainkorven näytealalla (MrK 3 L) rahkasammalpeite ei vähentynyt seurannan aikana missään vaiheessa vaan pohjakerroksen peittävyyksissä havaittiin 8,4 %-yksikön lisäys vuonna 2002. Nimettömän varjoisalla turvekankaan näytealalla (TKg 8 K) havaittiin pohjakerroksen peittävydessä vähennystä, mutta samankaltaisella lannoitusnäytealalla (TKg 10 L) havaittiin samalla aikavälillä pieni lisäys (taulukko 17 ja kuva 32).

### 3.3.1 Jäkälät

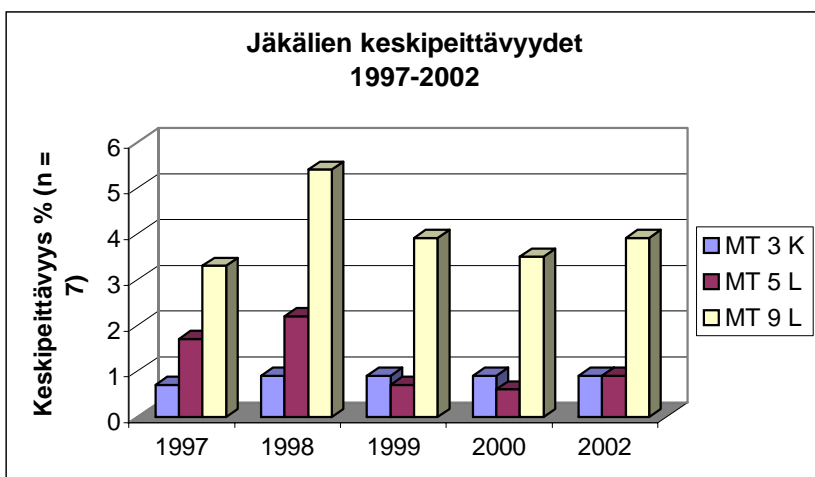
Tutkimusalueelta havaittiin kahdeksan jäkälälajia tai lajiryhmää. Mineraalimaan näytealoilla esiintyi erittäin vähän jäkälää ja keskipeittävyys vaihteli 0,6–5,4 %:n välillä (taulukko 18 ja 19). Lajisto koostui etupäässä poronjäkälistä (*Cladina* spp.), torvijäkälästä (*Cladonia* spp.) ja vähäisessä määrin ruskeisista (*Placynthiella* spp.). Näytealoilla esiintyi kahta poronjäkälälajia: harmaaporonjäkäliä (*Cladina rangiferina*) ja valkoporonjäkäliä (*Cladina arbuscula*). Lajilleen määritettyjä torvijäkälää löytyi seuraavasti: pikkutorvijäkälä (*Cladonia fimbriata*), puikkutorvijäkälä (*Cladonia cornuta*), tuhkatortvijäkälä (*Cladonia cenotea*) ja silortortvijäkälä-ryhmä (*Cladonia gracilis* coll.), joka sisältää kolme alalajia (Kuusinen ym. 1995). Nimettömän näytealan (MT 9 L) kulottuneessa kasvualustassa esiintyi kummitruskeisia (*Placynthiella* spp.) ja kangaruskeisia (*Trapeliopsis* spp.), jotka kaikki käsiteltiin yhtenä ryhmänä (Kuusinen ym. 1995).

TAULUKKO 18 Jäkäläien näytealakohtaiset keskipeittävyudet mineraalimaalla tutkimusjakson 1997–2002 aikana.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>MT 5 L</b>	1,7	2,2	0,7	0,6	0,9
<b>MT 9 L</b>	3,3	5,4	3,9	3,5	3,9

L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

Nimettömän heinä- ja ruohovaltaisella taimikkonäytealalla (MT 3 K) jäkäläien yhteenlasketuissa keskipeittävyyksissä havaittiin lievä lisäys tutkimusjakson aikana. Nimettömän taimikkovaiheen näytealoilla (MT 5 L) ja (MT 9 L) jäkäläien keskipeittävyudet lisääntyivät lannoitusvuonna, mutta myöhemmin vähenivät lähtötasoon tai vähemmäksi (taulukko 19 ja kuva 33).



**Kuva 33.** Jäkäläien yhteenlasketut keskipeittävyudet mineraalimaalla.

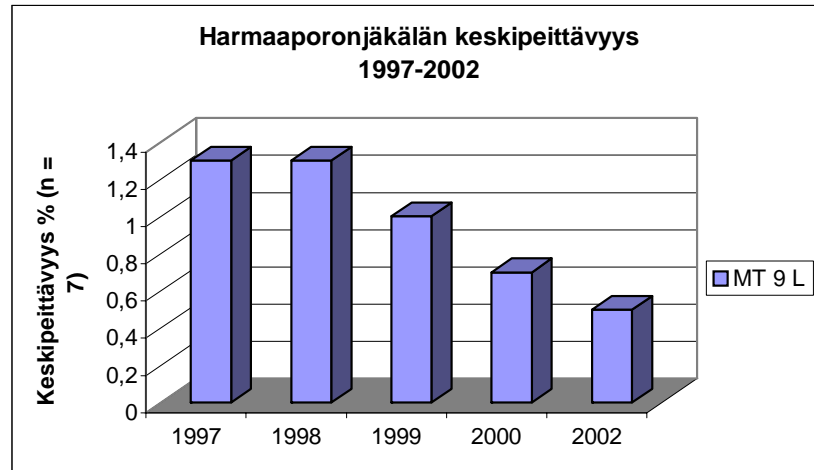


## Poronjäkälet

Suomessa poronjäkälien ominta kasvualustaa ovat Pohjois-Suomen karut mäntyä kasvavat hiekkakankaat (Reinikainen ym. 2000).

## Harmaaporonjäkäle

Suomessa se on yleisin poronjäkäälajimme. Kasvupaikkaoptimina on yli 120-vuotiaat kuivat kangasmetsät (Reinikainen ym. 2000).



**Kuva 34.** Harmaaporonjäkälen keskeittävyys mineraalimaan näytealalla (MT 9 L).

Nimettömän avoimella rinnenäytealalla (MT 9 L) havaittiin harmaaporonjäkälen keskeittävyudessa vähennystä tutkimusjakson aikana. Nimettömän muilla mineraalimaan näytealoilla (MT 3 K ja MT 5 L) ei havaittu muutoksia harmaaporonjäkälen keskeittävyyksissä seurantajakson aikana (taulukko 19 ja kuva 34).

## Torvijäkälet

Torvijäkäliä esiintyy eniten kuivahkoilla ja karuilla kankailla sekä kallioilla (Reinikainen ym. 2000).

Nimettömän heinä- ja ruohovaltaisella näytealalla (MT 3 K) havaittiin torvijäkälien vähäistä keskeittävyyslisäystä tutkimusjakson aikana. Nimettömän sukkessiovaiheen taimikonäytealalla (MT 5 L) havaittiin vähennys torvijäkälien peittävyyksissä samalla aikavälillä, mutta viereisellä kuivalla rinnenäytealalla (MT 9 L) keskeittävyys lisääntyi (taulukko 19).

TAULUKKO 19 Jäkälien keskiyeittävydet ja keskihajonnat mineraalimaan näytealoilla.  
(X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala MT 3 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Harmaaporonjäkälä - <i>Cladina rangiferina</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Torvijäkälät - <i>Cladonia</i> spp.	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,1
Näyteala MT 5 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Harmaaporonjäkälä - <i>Cladina rangiferina</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Torvijäkälät - <i>Cladonia</i> spp.	1,7	2,2	0,7	0,6	0,6	1,2	0,7
Näyteala MT 9 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Harmaaporonjäkälä - <i>Cladina rangiferina</i>	1,3	1,3	1,0	0,7	0,5	1,0	0,4
Torvijäkälät - <i>Cladonia</i> spp.	2,2	2,4	1,4	3,5	3,9	2,7	1,0

L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

### 3.3.2 Sammalet

Tutkimusalueelta havaittiin 31 sammallajia tai lajiryhmää. Lehtisammalet jaetaan aitosammaliin (Bryidae) ja rahkasammaliin (Sphagnidae) (Koponen ym. 1995). Maksasammalet käsiteltiin yhtenä ryhmänä pienen keskiyeittävytensä vuoksi, ainoastaan hetealvesammal (*Chiloscyphos polyanthos*) ja metsäpykäläsammal (*Barbilophozia barbata*) käsiteltiin lajikohtaisesti.

Aitosammalia havaittiin 21 lajia tai ryhmää ja rahkasammalia havaittiin seitsemän lajia. Tutkimusalueen seuraavia aitosammalia käsiteltiin lajeittain tai lajiryhmänä: kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum*), korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*), korpilehväsammal (*Plagiomnium ellipticum*), kynsisammalet (*Dicranum*-suku), metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*), seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), suikerosammalet (*Brachythecium*-suku) ja suonihuopasammal (*Aulacomnium palustre*).

Rahkasammalista tarkemmin käsiteltiin korpirahkasammal (*Sphagnum girgensohnii*), rämerahkasammal (*Sphagnum angustifolium*) ja vaalearahkasammal (*Sphagnum centrale*). Pienen keskiyeittävyden omaavat rahkasammallajit jätettiin lajikohtaisen tarkastelun ulkopuolelle: punarahkasammal (*Sphagnum magellanicum*), varvikkorahkasammal (*Sphagnum russowii*), haprarahkasammal (*Sphagnum riparium*) ja pallorahkasammal (*Sphagnum wulfianum*).

Harvalukuiset lehtisammalet, lehtoruusukesammal (*Rhodobryum roseum*) ja sulkasammal (*Ptilium crista-castrensis*), joilla keskiyeittävyys jäi alle 1 %-yksikön, jätettiin tulostarkastelun ulkopuolelle.

TAULUKKO 20 Mineraalimaan sammalien yhteenlasketut keskipeittävyydet näytealoittain ja tutkimusjakson 1997–2002 aikana.

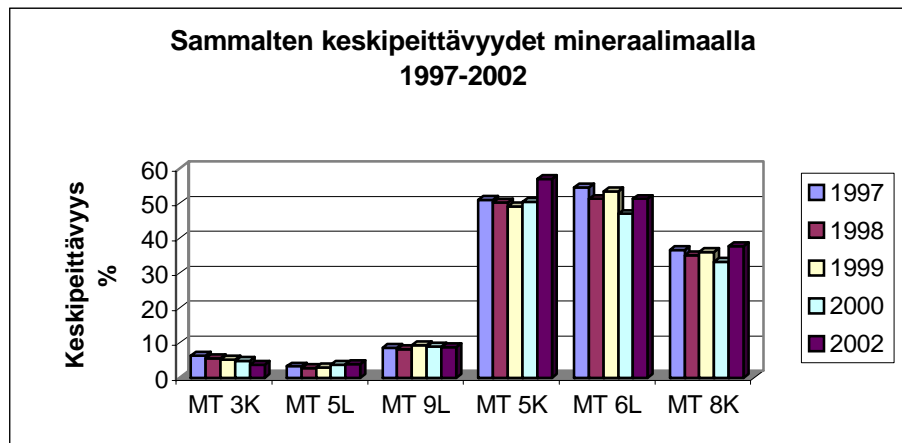
	1997	1998	1999	2000	2002
MT 3 K	6,3	5,5	5,1	4,7	3,7
MT 5 L	3,2	2,8	3,0	3,7	3,9
MT 9 L	8,6	8,2	9,2	8,9	8,7
MT 5 K	50,9	50,2	49,0	50,3	56,9
MT 6 L	54,4	51,2	53,3	46,9	51,2
MT 8 K	36,5	35,0	35,9	33,2	37,7

L = lannoitettu ala ja K = kontrolliala

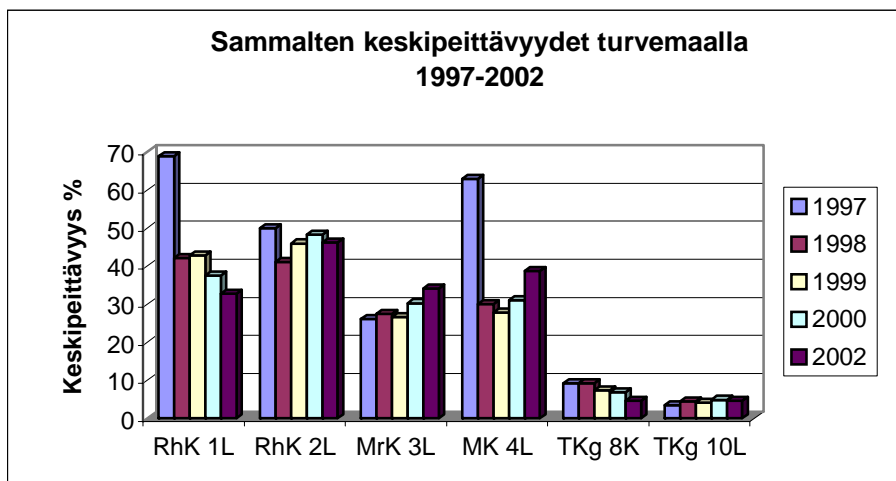
Tulokassammalet, kuten kulosammal (*Ceratodon purpureus*), nuokkuvarstasammal (*Pohlia nutans*) ja nuotiosamma (*Funania hygrometrica*) sekä päärynäsammal (*Leptobryum pyriforme*) käsiteltiin pioneerilajien yhteydessä.

Nimettömän taimikkovaiheen näytealoilla (MT 5 L ja MT 9 L) sammalten keskipeittävyyksissä havaittiin lievää lisäystä tutkimusjakson aikana. Nimettömän avoimella ja osin ruohottuneella kontrollialalla (MT 3 K) havaittiin vähennystä 1,6 %-yksikköä keskipeittävyydessä.

Tavilammin sulkeutuneilla näytealoilla (MT 5 K, MT 6 L ja MT 8 K) peittävyys oli vähenevää seurantajakson aikana lukuun ottamatta viimeistä havainnointivuotta (taulukko 20 ja kuva 35).



**Kuva 35.** Mineraalimaan sammalien yhteenlasketut keskipeittävyydet vuosittain. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala



**Kuva 36.** Turvemaan sammalien yhteenlasketut keskipeittävydet.

Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 1 L) sammalten (rahkasammalten) yhteenlasketuissa keskipeittävyyksissä havaittiin vähennystä 36,1 %-yksikköä tutkimusjakson aikana ja myös mustikkakorven näytealalla (MK 4 L) muutos oli samankaltainen. Ruohovaltaisella alalla (RhK 2 L) peittävyys väheni lähtötilanteesta hieman.

Muurainkorven näytealalla (MrK 3 L) havaittiin 8,0 %-yksikön lisäys sammalten keskipeittävyyksissä. Nimettömän varjoisalla turvekankaan alalla (TKg 8 K) havaittiin vähennystä, mutta näytealalla (TKg 10 L) lisäystä (taulukko 21 ja kuva 36).

TAULUKKO 21 Turvemaan sammalien yhteenlasketut keskipeittävydet näytealoittain tutkimusjakson 1997–2002 aikana.

	1997	1998	1999	2000	2002
<b>RhK 1 L</b>	68,9	42,1	42,9	37,6	32,8
<b>RhK 2 L</b>	50,0	41,1	46,0	48,3	46,3
<b>MrK 3 L</b>	26,1	27,5	26,7	30,3	34,1
<b>MK 4 L</b>	62,9	30,0	27,8	31,1	38,8
<b>TKg 8 K</b>	9,3	9,2	7,4	6,8	4,6
<b>TKg 10 L</b>	3,5	4,5	4,2	4,9	4,7

### Kangaskarhunsammal

Kangaskarhunsammal on kuivahkojen ja kuivien kankaiden laji. Pioneerilajina sitä löytyy ojitettujen soiden paljailta turvealustoilta (Reinikainen ym. 2000).

Nimettömän taimikkovaiheen kaikilla näytealoilla (MT 3 K, MT 5 L ja MT 9 L) havaittiin kangaskarhunsammalen keskipeittävydessä vähenemistä tutkimusjakson aikana (taulukko 22, s. 64).

## **Korpikarhunsammal**

Korpikarhunsammal menestyy monenlaisilla kosteilla ja minerotrofisilla alustoilla, jotka saattavat kuivua välillä (Eurola 1995).

Tavilammin ruohokorven näytealalta (RhK 1 L) korpikarhunsammal hävisi kokonaan tutkimusjakson aikana. Sen keskipeittävyys oli vuonna 1997 ennen tuhkalannoitusta 6,7 % (taulukko 23, s. 64).

## **Korpilehväsammal**

Korpilehväsammal on yleinen märän paikan laji, jota esiintyy korvissa, rannoilla, lähteiköissä ja lettosoilla (Koponen 1996).

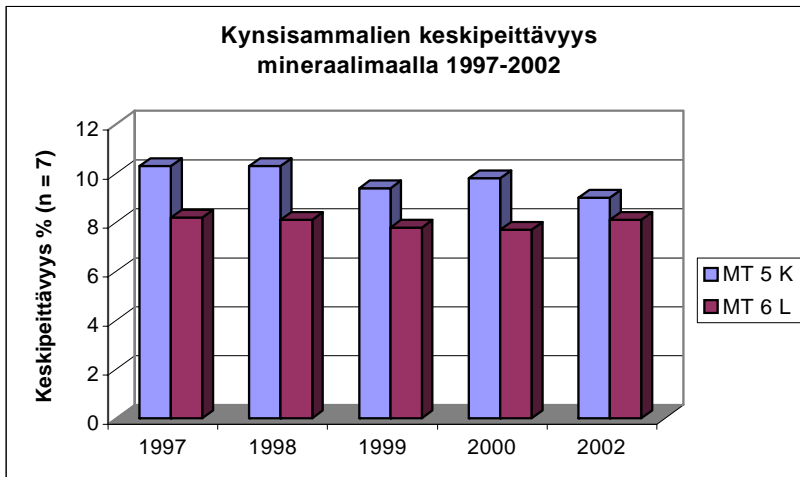
Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 2 L) korpilehväsammalen keskipeittävyys lisääntyi selvästi, 2,3 %-yksikköä, tutkimusjakson aikana (taulukko 23).

## **Kynsisammalet**

Kynsisammalet (*Dicranum*-suku) ovat isokokoisia lajeja, jotka kasvavat metsähumuksella, suoturpeella, lahopuilla tai pystypuilla ja kalliopinnoilla (Koponen ym. 1995). Tässä lannoituskokeessa seurattiin kolmea Etelä-Suomen yleisintä kynsisammalta: kangaskynsisammalta (*Dicranum polysetum*), kivikynsisammalta (*Dicranum scoparium*) ja isokynsisammalta (*Dicranum majus*).

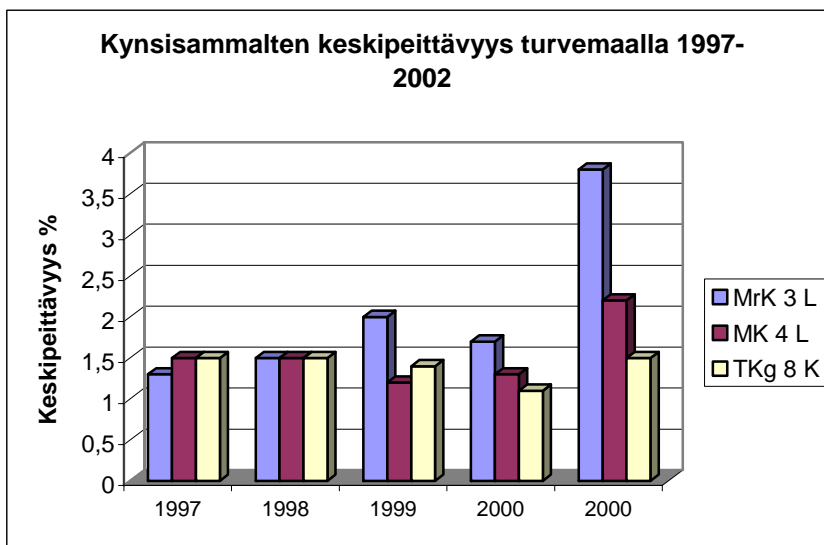
## **Isokynsi-, kangaskynsi- ja kivikynsisammal**

Isokynsisammalolen kasvupaikkaoptimi on selvästi ravinteikkaammilla ja vanhemmilla kasvupaikoilla kuin muilla kynsisammalilla. Kangaskynsisammal esiintyy kuivahkoilla kankailla ja muodostaa seinäsammalolen kanssa yhtenäisiä kasvustoja ollen metsäkasvillisuuden yleisimpiä lajeja (Reinikainen 2000). Kivikynsisammalta löytyy eniten tuoreilta kankailta ja kalliomailta sekä ojituksen jälkeisiltä turvekankailta (Eurola ym. 1995).



**Kuva 37.** Kynsisammalten keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Tavilammin mineraalimaan näytealoilla (MT 5 K ja MT 6 L) havaittiin kynsisammalten keskipeittävyudessa vähennystä tutkimusjakson aikana (taulukko 22, s. 64 ja kuva 37).



**Kuva 38.** Kynsisammalten keskipeittävyys turvemaan näytealoilla.

Tavilammin turvemaan näytealoilla (MrK 3 L ja MK 4 L) havaittiin kynsisammalten keskipeittävyudessa lisäystä 0,7–2,5 %-yksikköä tutkimusjakson aikana, pääosin viimeisenä vuonna. Nimettömän turvekankaan näytealalla (TKg 8 K) sitävastoin havaittiin lievää vähennystä keskipeittävyudessa (taulukko 24, s. 65 ja kuva 38).

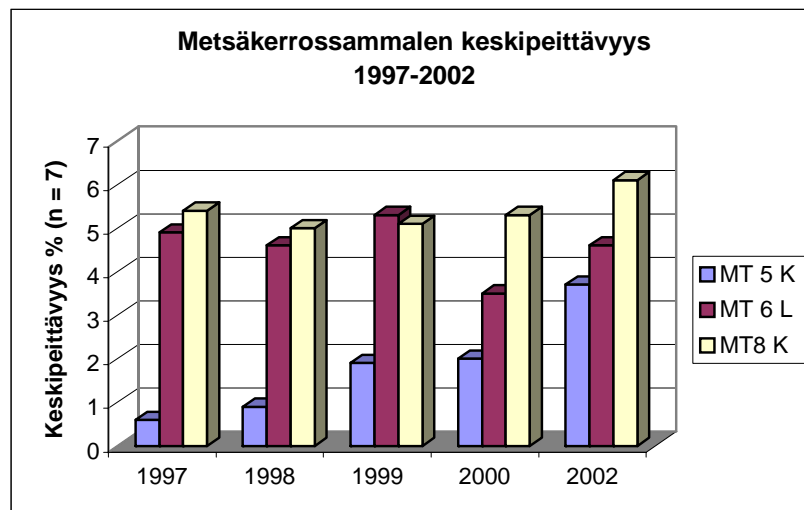
## Maksasammalet

Suomessa on tavattu kaikkiaan 214 maksasammallajia (Koponen ym. 1995). Tässä seurantalutkimuksessa seurattiin kahta lajia: hetealvesammalta (*Chiloscyphos polyanthos*) ja metsäpykäläsammalta (*Barbilophozia barbata*). Kolmantena lajiryhmänä käsiteltiin näytealoilta havaitut pienen peittävyden omaavat maksasammallajit yhdessä. Tähän ryhmään kuului lähinnä *Anastrophyllum*-, *Cephalozia*- ja *Lophozia*-lajeja.

Tutkimusjakson alussa Tavilammin ruohokorven näytealalla (RhK 1 L) havaittiin vähän maksasammalta ja viereisellä ruohokorven alalla (RhK 2 L) hetealvesammalta. Niiden peittävydet kaksinkertaistuivat tutkimusjakson aikana ja olivat lopussa 0,7 ja 2,1 %. Tavilammin muurainkorven näytealalla (MrK 3 L) havaittiin maksasammalten (*Anastrophyllum*, *Cephalozia*- ja *Lophozia* lajeja) peittävydessä merkittävää lisäystä. Mustikkakorven näytealalla (MK 4 L) havaittiin metsäpykäläsammalten peittävydessä vähennystä seurannan aikana (taulukot 22–24).

## Metsäkerrossammal

Metsäkerrossammal on seinäsammalta vaateliaampi ja on yleisimmillään tuoreissa kangasmetsissä. Soilla metsäkerrossammal viihtyy lähinnä oligo- ja mesotrofissa korvissa ja harvemmin rämeiden mätäspinoilla (Eurola ym. 1995).



**Kuva 39.** Metsäkerrossammalten keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

Tavilammin puoliavoimella näytealalla (MT 5 K) metsäkerrossammalten keskipeittävydessä havaittiin selvää lisäystä tutkimusjakson aikana. Varttuneen metsikön koelalla (MT 8 K) havaittiin pieni lisäys viimeisenä tarkasteluvuotena. Sulkeutuneella lannoituskoelalla (MT 6 L) keskipeittävyys vaihteli ja oli tarkastelun lopussa lähes alkuhetken tasolla (taulukko 22, s. 64 ja kuva 39).

## Rahkasammalet

Rahkasammalla on keskeinen rooli soiden kehityksessä ja suoekosysteemin toiminnassa (Laine & Vasander 1990).

## Korpirahkasammal

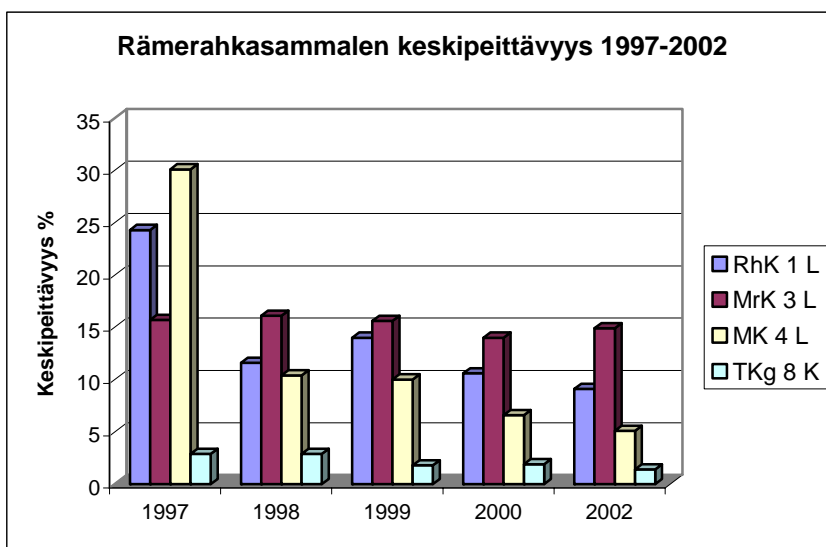
Korpirahkasammal kasvaa erilaisten korprien mätäs- ja välipinnoilla. Määränsäällä sitä esiintyy tuoreiden kankaiden soistumisissa (Eurola ym. 1995).

Tavilammin rahkasammalvaltaisella näytealalla (RhK 1 L) havaittiin korpirahkasammalen keskipeittävyys selvä vähennys, 12,2 %-yksikköä, tutkimusjakson aikana. Viereisellä ruohovaltaisella alalla (RhK 2 L) korpirahkasammalen keskipeittävyys sen sijaan lisääntyi lievästi. Mustikkakorven näytealalla (MK 4 L) korpirahkasammalen peittävyys väheni 21,4:stä 14,6 %:iin seurantajakson aikana (taulukot 23 ja 24).

## Rämerahkasammal

Rämerahkasammalta esiintyy rämeiden, nevojen, korprien ja lettojen mätäs- ja välipinnoilla sekä soistuvilla kankailla (Eurola ym. 1995).

Tavilammin turvemaan näytealoilla (RhK 1L ja MK 4 L) havaittiin rämerahkasammalen keskipeittävyys voimakasta vähennystä, 15,2–25,0 %-yksikköä, tutkimusjakson aikana. Muurainkorven alalla (MrK 3 L) rämerahkasammalen keskipeittävyys tapahtui vain pieni vähennys. Myös Nimettömän turvekankaan alalla (TKg 8 K) rämerahkasammalen peittävyys aleni hiukan seurantajakson aikana (taulukot 23–24 ja kuva 40).



**Kuva 40.** Rämerahkasammalen keskipeittävyys turvemaan näytealoilla. L = lannoitusala ja K = kontrolliala



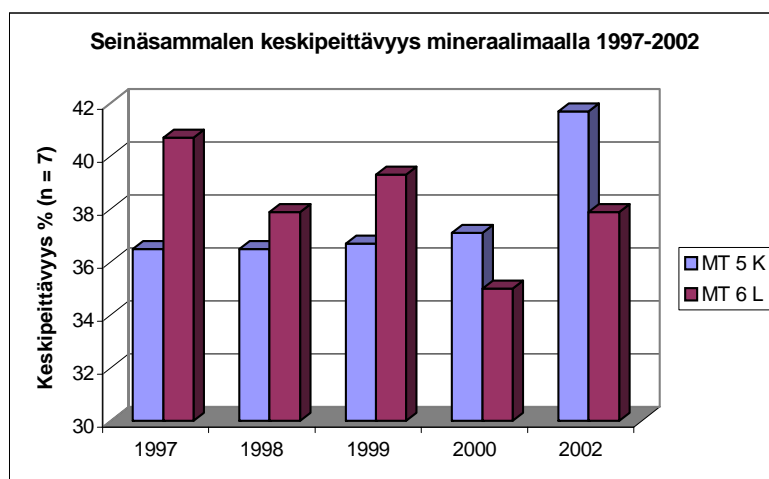
## Vaalearahkasammal

Vaalearahkasammal (*Sphagnum centrale*) on yleisin mesotrofisten korprien mätäs- ja välipinnoilla sekä rantapensaikoissa koko maassa (Eurola ym. 1995).

Tavilammin ruohokorven näytealoilla (RhK 1 L ja RhK 2 L) havaittiin vaalearahkasammalen keskipeittävydessä vähennystä 1,2–5,1 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Kummallakin näytealalla huomattiin seurantajakson lopussa vaalearahkasammalen elpymistä tuhkalannoituksen aiheuttamasta emässhokista. Tavilammin muurainkorven näytealalla (MrK 3 L) havaittiin vähennystä 1,6 %-yksikköä jakson aikana ja suuntaus jatkui koko tutkimuksen ajan (taulukko 23).

## Seinäsammas

Seinäsammas on Etelä-Suomessa yleisin metsäsammaleemme kuivahkoilla ja kuivilla kankailla, joissa sen keskipeittävyys on yli 30 % (Reinikainen ym. 2000).



**Kuva 41.** Seinäsammas keskipeittävyys mineraalimaan näytealoilla. K = kontrolliala ja L = lannoitusala

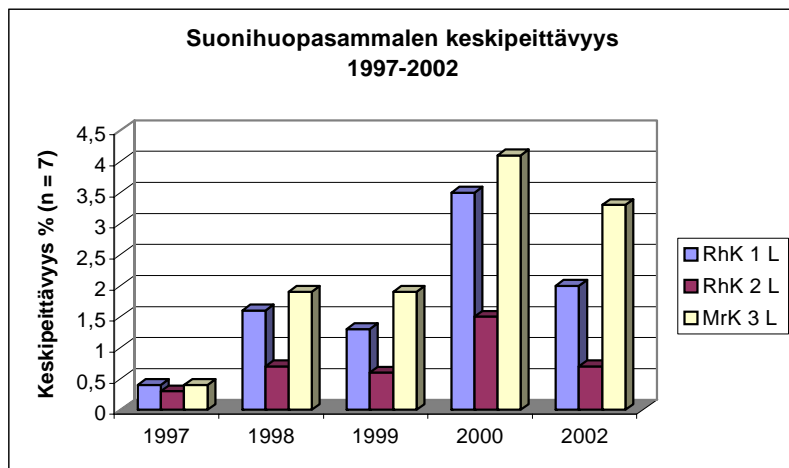
Tavilammin osittain sulkeutuneella kontrollinäytealalla (MT 5 K) havaittiin seinäsammas keskipeittävydessä lisäystä 5,2 %-yksikköä tutkimusjakson lopussa. Sulkeutuneella lannoitusnäytealalla (MT 6 L) havaittiin samanaikaisesti seinäsammas keskipeittävydessä aleneva kehitys (taulukko 22, s. 64 ja kuva 41).

Tavilammin turvemaan näytealoilla (MrK 3 L ja MK 4 L) havaittiin seinäsammas keskipeittävyyksissä lisäystä 0,6–1,5 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Nimettömän varjoisalla turvekankaan näytealalla (TKg 8 K) havaittiin samanaikaisesti vähennystä 0,7 %-yksikköä seinäsammas keskipeittävydessä (taulukko 24).

## Suonihuopasammal

Soiden lisäksi suonihuopasammalta esiintyy kostealla metsämaalla, niityillä, rannoilla ja kallioiden valumavesipaikoilla (Koponen 1996).

Tavilammin ruohokorven näytealoilla (RhK 1 L ja RhK 2 L) havaittiin suonihuopasammalen keskipeittävydessä lisäystä 0,4–1,6 %-yksikköä tutkimusjakson aikana. Kun peittävydet olivat alussa vain 0,3–0,4 %, niin muutokset olivat suuret.



**Kuva 42.** Suonihuopasammalen keskipeittävyys turvemaan näytealoilla. L = lannoitettu näyteala ja K = kontrollinäyteala

Myös lannoitetuilla muurainkorven (MrK 3 L) ja mustikkakorven (MK 4 L) näytealoilla havaittiin selvää keskipeittävyuden lisääntymistä samana ajanjaksona (taulukot 23–24 ja kuva 42).

## Suikerosammalet

Suomessa esiintyvistä 19 suikerosammallajista viittä lajia tavataan yleisenä metsämaalla: metsä-, koukku-, kanto-, puro- ja kiiltosuikerosammal (*B. oedipodium*, *B. reflexum*, *B. starkei*, *B. rivulare* ja *B. salebrosum*) (Koponen 1996). Suooympäristössä parhaita kasvualustoja ovat ruohoiset korvet (Reinikainen ym. 2000).

Tavilammin turvemaan näytealoilla (MrK 3 L ja MK 4 L) havaittiin suikerosammalien keskipeittävydessä lisäystä tutkimusjakson aikana. Nimettömän varjoisalla turvekankaan näytealalla (TKg 8 K) suikerosammalien keskipeittävydessä havaittiin vähennystä viimeisenä vuonna. Vastaaventyypisellä lannoitusallalla (TKg 10 L) havaittiin lisäystä (taulukko 24). Tavilammin ja Nimettömän näytealojen suikerosammalet olivat valtaosin metsä- ja koukkusuikerosammalia.

### 3.3.3 Pioneerisammalet

Pioneerisammalten kolonisaatiota tuhkalannoitetuille turvealoille on todettu useissa pohjoismaisissa lannoituskokeissa (Lukkala 1951, Malmström 1952, Sarasto 1963 ja Silfverbrg 1995). On paljolti kyse samoista lajeista, jotka ilmaantuvat kulotusaloille: kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum*), kulosammal (*Ceratodon purpureus*), nuokkuvarstasammal (*Pohlia nutans*), nuotiosammal (*Funaria hygrometrica*), palokeuhkosammal (*Marchantia polymorpha*) ja päärynäsammal (*Leptobryum pyriforme*). Lajit ovat heikkoja kilpailijoita ja tarvitsevat sukkession alkuvaiheen tilannetta, jossa pohjakerroksesta vielä puuttuvat muut kilpailijat.

Tuhkaläjien päälle ilmaantui yksittäisiä kotelosieniä (Ascomycetes) kuten maksamaljakas (*Peziza badia*) ja tiemaljakas (*Melastiza chateri*). Lannoitetulle mineraalimaalle ilmaantui yksittäisiä pulkkosieniä (*Paxillus involutus*).

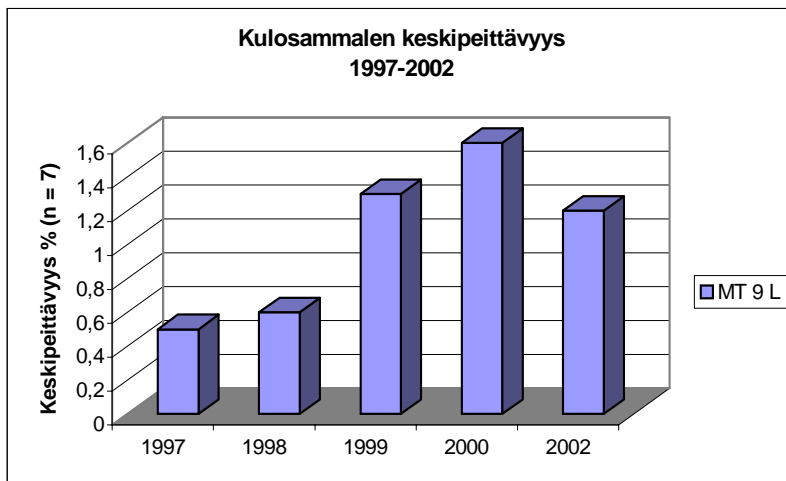
Kulosammal oli pioneerisammalista runsain ja selkein uustulokas Nimettömän näytealoilla (MT 5 L ja MT 9 L) ja niiden lähiympäristössä. Kangaskarhunsammalen kohdalla ei tässä tutkimuksessa havaittu pioneeriluonteista leviämistä (ks. Sammalet, kangaskarhunsammal).

Palokeuhkosammalta tavattiin ainoastaan muutamia yksilöitä Tavilammin muurainkorven näytealan (MrK 3 L) läheisyydestä. Kaikki havainnot koskivat tuhkaläjille ilmaantuneita yksilöitä. Nuokkuvarstasammal, nuotiosammal ja päärynäsammal olivat selkeitä pioneerilajeja Tavilammin turvemaan tuhkakasoilla ja kuolleilla rahkasammallaikuilla. Nuokkuvarstasammalia ja nuotiosammalia löytyi vielä kesällä 2002 lähes jokaiselta (> 10 x 10 cm) tuhkaläjältä. Kuolleiden rahkasammallaikkujen päällä kasvaneet pioneerisammalet olivat selvästi vähentyneet vuonna 2002. Päärynäsammal oli selkeästi harvalukuisin uustulokas, ainoastaan yksittäisiä havaintoja tehtiin tuhkakasojen päältä. Yksikään edellä mainituista kolmesta sammalesta ei saavuttanut peittävyysarvioinnin mahdollistavaa runsautta. Useimmat pioneerisammalkasvustot olivat näytealojen kiinteiden pienruutujen ulkopuolella.

#### **Kulosammal**

Kulosammal (*Ceratodon purpureus*) on kosmopoliittinen rikkakasvi "maailman yleisin sammal". Sitä esiintyy palaneella maalla, tienluiskissa ja poljeituilla paikoilla. Laji on heikko kilpailija ja se esiintyy niukkana alkuperäisessä luonnossa (Koponen 1996).

Nimettömän avoimella mineraalimaan näytealalla (MT 9 L) havaittiin kulosammalen keskipeittävyudessa selvä lisäys tutkimusjakson aikana (taulukko 22, s. 64 ja kuva 43). Kulosammalet ilmaantuivat useimmiten epätaisisesti levinneiden tuhkaläjien päälle ja kivien päältä kuolleiden torvijäkälän (*Cladonia*) tilalle.



**Kuva 43.** Kulosammalen keskipeittävyys mineraalimaan näytealalla.

### Tulosten tarkastelua: jäkälät, sammalet ja pioneerisammalet

Pohjoismaisissa tuhkalannoituskokeissa on havaittu kahden suuntaisia tuloksia. Osa yleisistä metsäsammalista ja jäkälistä kuolee tuhkalannoituksen myötä ja osa hyötyy näin vapautuneista kasvupaikoista ja ravinteista (Malmström 1952, Sarasto 1963).

Harmaaporonjäkäla ja torvijäkälät (*Cladonia*) vähenivät noin 17 kk lannoituksesta, mutta runsastuivat viisivuotisen seurantajakson loppua kohti. Mahdollisesti kivien päältä huuhtoutui ylimääräistä tuhkaa pois ja shokkivaikutus heikkeni. Suomessa aiemmin tehdyissä tuhkalannoituskokeissa, esim. Ruovedellä (Sarasto 1963) ja Oulun Lepinniemiessä (Silfverberg & Huikari 1985), jäkälät ovat taantuneet.

Sammalilla on suuri absorvoiva pinta-ala ravinteiden ja veden ottoon suoraan sadevedestä, joka altistaa ne ravinteiden haitallisen korkeille pitoisuuksille (Brown & Bates 1990).

Kangaskarhunsammalen keskipeittävyys väheni lannoite- ja kontrolloitaimikkoaloilla. Alat oli hakattu ja kulotettu 1980-luvulla (Ruuhijärvi ym. 1985). Kangaskarhunsammal onkin sukkessiokehityksen alkuvaiheen laji, joka väistyy vähitellen seinäsammalen ja kerrossammalen tieltä (Schimmel 1993). Ruotsissa on havaittu puupölytuhkakokeissa (2,8 t/ha) kangaskarhunsammalen peittävydessä pientä lisäystä (Gyllin & Kruuse 1996).

Korpikarhunsammalen peittävydessä tapahtui romahdus pienen alkurunsastumisen jälkeen. Lajin esiintyminen kertoo kaliumin puutteesta (Mannerkoski 1976). Tuhkalannoituksen tuoma kaliumlisäys ilmeisesti romahdutti korpikarhunsammalen populaatiot. Suomessa ja Ruotsissa tehdyissä erityyppisissä tuhkalannoituskokeissa on kuitenkin havaittu lajin runsastumista (Heikkilä 1999, Simppula & Timonen 2002, Gyllin & Kruuse 1996). Hieinan ristiriitaisia tuloksia ei voida selittää pelkästään kaliumtasapainolla, vaan muut kasvuolosuhteet ja lajidynamiikka merkitsevät paljon.

Kynsisammalet runsastuivat hieman lannoitetuilla mineraalimaan taimikkoaloilla. Luontainen sukessiiokehitys kulutusalueella (Ruuhijärvi ym. 1985) näyttäisi vaikuttavan enemmän niiden kasvuun kuin tuhkalannoituksen aiheuttama pH-shokki. Ruotsissa VT-taimikon ja männikön tuhkalannoituskokeissa kangaskynsisammal taantui seurannan aikana (Jacobson 1997 ja Kellner & Weibull 1998). Muhoksen 1990-luvun pölytuhkakokeissa (9 t/ha) ECT-tyypin kasvatusmetsikössä havaittiin kynsisammalten runsastumista (Heikkilä 1999, Simppula & Timonen 2002). Turvemaiden korpinäytealoilla havaittiin myös keskipeittävyuden nousua. Samansuuntaisia tuloksia on saatu Muhoksen turvemaan pölytuhkakokeissa (15 t/ha) (Heikkilä 1999, Simppula & Timonen 2002).

Maksasammalet edustivat tässä tutkimuksessa marginaalista ryhmää pienien peittävyyksien vuoksi. Tuhkakojojen päälle ilmaantui pioneerilajina palokeuhkosammalta. Laji kuuluu kolonisoija lajeihin, joka ilmaantuu nopeasti esim. palopaikoille (Joenje & During 1977). Lannoitetun mustikkakorven näytealalla metsäpykäläsammalten keskipeittävyys aleni. Vähentymisen takana saattaa olla lisääntynyt varjostus mustikkakasvustojen runsastumisen myötä. Ruohokorven lannoitusalueella hetealvesammal runsastui huomattavasti. Laji on suhteellisen laaja-alainen vesisammal, joka hyötyy lisäravinteista (Koponen 1996).

Metsäkerrossammalten keskipeittävyys väheni mineraalimaan lannoitusalueilla ns. polttovaikutuksen vuoksi. Laji sietää kuitenkin kynsi- ja seinäsammalia paremmin kalkituksia ja tuhkalannoituksia (Kellner & Weibull 1998, Silfverberg & Hotanen 1989). Ruotsissa tehdyissä mineraalimaan tuhkalannoituskokeissa (rakeistettu, hiili ja puutuhka sekä pölytuhka 1-6 t/ha) sen keskipeittävyys aleni (Gyllin & Kruuse 1996). Kontrollialueilla havaittiin pienoista keskipeittävyyksien nousua. Vakaisissa olosuhteissa laji runsastuu nopeasti kasvusilmujen ja haaromisen myötä (Økland 1990).

Rahkasammalten keskipeittävyys aleni kaikilla lannoitusaloilla. Rahkasammalten kyky imeä vettä ja ravinteita rahkasoluihin nostaa suolavaikutuksen (pH-shokin) nopeasti myrkytystasolle (Silfverberg & Hotanen 1989). Osa rahkasammallajeista alkoi elpyä seurannan aikana (esim. korpirahkasammal, vaalearahkasammal). Tulosta voidaan selittää tuhkan suolavaikutuksen heikentymisenä seurannan aikana ja osin epätasaisella levityksellä. Korpi- ja vaalearahkasammalella on esimerkiksi mesotrofinen kasvupaikkaoptimi (Eurola ym. 1995).

Seinäsammalten keskipeittävyudet kohosivat sulkeutuneilla mineraalimaan kontrollialoilla ja alenivat vastaavatyypisillä lannoitusaloilla. VMI-tulosten perusteella seinäsammalten osuus on kasvanut 1950-luvulta lähtien (Reinikainen ym. 2000). Osan muutoksesta selittää lajin vuosittainen kasvudynamiikka ja suotuisat kasvuolosuhteet. Ruotsin mineraalimaan tuhkalannoituskokeissa seinäsammalten keskipeittävyys on alentunut (Gyllin & Kruuse 1996, Jacobson 1997). Muhoksen Lepinniemen turvemaan 1940-luvun koivutuhkaa saaneilla aloilla (8-16 t/ha) seinäsammalten keskipeittävyys aleni (Silfverberg & Hotanen 1989). Sen sijaan 1980-luvun pölytuhkakokeissa (15 t/ha) laji runsastui (Heikkilä 1999, Simppula & Timonen

2002). Seinäsammal sietää parhaiten metsäsammalista erilaisia kalkitus- ja tuhkakäsittelyjä (Kellner & Weibull 1998, Mälkönen ym. 1980). Se leviää tehokkaasti kasvustoon syntyneisiin aukkoihin (pH-shokki) (Reinikainen ym. 2000).

Suikerosammalten keskipeittävydessä ei havaittu selkeitä muutoksia mineraalimaalla. Oulun Sadinselän VMT-metsikön pölytuhka (9 t/ha) kokeissa on havaittu runsastumista (Heikkilä 1999, Simppula & Timonen 2002). Suikerosammalten keskipeittävyys kohosi kaikilla turvemaan lannoitusaloilla painottuen lannoitusaloille. Metsälannoitteiden tiedetään lisäävän karuilla soilla suikerosammalten peittävyysä (Finer & Braecke 1991). Turvemaan tuhkakokeissa tulokset ovat olleet samansuuntaisia kuten Vilppulan Kaakosuolla (Silfverberg & Huikari 1985). Lajiryhmän on havaittu hyötyvän pohjakarikkeen lisäyksestä. Lannoitukset lisäävät yleensä kasvua ja sammalvaurioita luoden suikerosammalille näin uusia kasvualustoja (Reinikainen ym. 2000).

Suonihuopasammalet runsastuivat kaikilla turvemaan näytealoilla. Laji sietää hyvin lisäravinteita ja ilmaantuu nopeasti kuolleiden rahkasammalkasvustojen päälle (Finer & Braecke 1991). Se omaa tehokkaan levinnän itiöiden, itusilmujen ja versopalasten avulla. Turvemaan tuhkalannoituskokeissa se runsastuu yleensä (Lukkala 1951, Malmström 1952 ja Silfverberg & Huikari 1985).

Pioneerisammalia ilmaantui tuhkakasojen ja kuolleiden jäkälä- ja sammalkasvustojen päälle. Monet pioneerilajeista (kulo, nuokkuvarsta, nuotio, palokeuhko, ja päärynäsammal) valtaavat nopeasti kasvuhäiriön paljastuneen kasvupaikan. Ne ovat samalla tyypillisiä paloalojen kulosammalia, jotka sievät kohonneita kalium- ja magnesiumpitoisuuksia (Hallinbäck & Holmåsén 1991). Ryhmän sammalet kuuluvat elinstrategialuokituksessa kolonisoi- ja uudisraivaajasammaliin. Lajeilla on lyhyt elinikä, tehokas suvullinen ja suvuton lisääntyminen sekä usein pitkäikäiset itiöt (During 1979).

### **Yhteenvetoa pohjakerroksesta**

Mineraalimaalla pohjakerroksen keskipeittävyysmuutokset olivat suhteellisen vähäisiä. Ainoastaan yhdellä sulkeutuneen metsikön lannoitusosalalla keskipeittävyys aleni tutkimuksen aikana. Muutos aiheutui kynsisammalajien ja seinäsammalien paikallisista kuolemista tuhkalannoituksen jälkeen. Kontrollialoilla peittävyys vaihtelivat vuosittain vaikeuttaen tulosten tulkintaa.

Turvemaalla pohjakerroksen keskipeittävyysmuutokset olivat huomattavasti suurempia. Tuhkan aikaansaama emässhokki vaurioitti rahkasammalkasvustoja erityisesti kosteilla ja luonnostaan ravinteikkailla alustoilla. Karummalta muurainkorven alalla havaittiin keskipeittävyysien kohoavan lannoituksesta huolimatta. Erittäin varjoisilla turvekankaan kontrolli- ja lannoitusaloilla muutokset olivat erittäin vähäisiä. Kuolleille rahkasammalkasvustoille, tuhkakasoille ja karikkeelle ilmaantui ns. kulolajeja ja paikalliset suikerosammallajit sekä suonihuopasammalet runsastuivat tuhkan vaikutuksesta.

Turvemaalla rahkasammalten peittävyys vähenivät silmännähtävästi tuhkalannoituksen aiheuttamien palamisvaurioiden vuoksi. Syynä on suolatasa-painon nopea muutos, ns. pH-shokki seurannaisvaikutuksineen. Tutkimusjakson loppupuolella rahkasammalet alkoivat saavuttaa takaisin menettämiään kasvupaikkoja. Kuolleiden rahkasammalten ja karikkeen päälle ilmaantui suikerosammalia (*Brachythecium* spp.) ja suonihuopasammalta. Kuolleet jäkälä-, rahkasammallaikut ja tuhkakasat toimivat pioneeriluontoisten ns. kulosammalien ja puuntaimien kasvualustana. Uustulokkaita olivat mm: kulosammal, nuokkuvarstasammal, nuotiosammal, palokehkosammal ja päärynäsammal. Mineraalimaalla muutokset olivat vähäisempiä. Metsäsammalista kynsisammalet kärsivät palamisvaurioista eniten verrattuna kerros-sammaliin ja seinäsammaliin.

TAULUKKO 22 Sammalten keskipeittävyudet ja keskihajonnat mineraalimaan näytealoilla.  
(X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala MT 3 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kangaskarhunsammal - <i>Polytrichum juniperum</i>	1,2	1,1	0,7	0,7	0,6	0,9	0,3
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,1
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	3,9	3,4	3,3	3,0	2,2	3,2	0,6
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0
Näyteala MT 5 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kangaskarhunsammal - <i>Polytrichum juniperum</i>	1,9	1,1	1,4	0,7	1,1	1,2	0,4
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	0,6	1,0	1,0	1,0	0,8	0,9	0,2
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	0,3	0,3	0,2	0,3	0,6	0,3	0,2
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0
Näyteala MT 5 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kerrossammal - <i>Hylocomium splendens</i>	0,6	0,9	1,9	2,0	3,7	1,8	1,2
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	10,3	10,3	9,4	9,8	9,0	9,8	0,6
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	36,5	36,5	36,7	37,1	41,7	37,7	2,2
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0
Näyteala MT 6 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kerrossammal - <i>Hylocomium splendens</i>	4,9	4,6	5,3	3,5	4,6	4,6	0,7
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	8,2	8,1	7,8	7,7	8,1	8,0	0,2
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	40,7	37,9	39,3	35,0	37,9	38,2	2,1
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0
Näyteala MT 9 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Kangaskarhunsammal - <i>Polytrichum juniperum</i>	7,7	7,1	6,9	6,9	6,1	6,9	0,6
Kulosammal - <i>Ceratodon purpureus</i>	0,5	0,6	1,3	1,6	1,2	1,0	0,5
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	0,4	0,4	0,9	0,4	0,6	0,5	0,2

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala

TAULUKKO 23 Sammalten keskipeittävyudet ja keskihajonnat ruohokorven näytealoilla.  
(X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala RhK 1 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Rämerahkasammal - <i>Sphagnum angustifolium</i>	24,3	11,6	14,0	10,6	9,1	13,9	6,1
Korpikarhunsammal - <i>Polytrichum commune</i>	6,7	6,7	6,7	3,4	0,0	4,7	3,0
Korporahkasammal - <i>Sphagnum girgensohnii</i>	17,6	5,7	9,3	5,7	5,4	8,7	5,2
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	1,1	1,3	0,7	1,4	1,4	1,2	0,3
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,3	0,3	0,1	0,6	0,7	0,4	0,2
Rahkasammalet - <i>Sphagnum</i> spp.	55,1	27,0	29,9	23,3	21,9	31,4	13,6
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	4,4	4,0	3,7	3,7	4,6	4,1	0,4
Suonihuopasammal - <i>Aulacomnium palustre</i>	0,4	1,6	1,3	3,5	2,0	1,8	1,1
Vaalearahkasammal - <i>Sphagnum centrale</i>	12,2	9,4	6,3	6,6	7,1	8,3	2,5
Näyteala RhK 2 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Hetealvesammal - <i>Chiloscyphus polyanthos</i>	1,7	1,6	2,0	2,1	2,1	1,9	0,2
Rämerahkasammal - <i>Sphagnum angustifolium</i>	24,3	20,0	21,4	21,4	24,0	22,2	1,9
Korpilehvasammal - <i>Plagiomnium ellipticum</i>	0,7	1,3	1,6	2,1	3,0	1,7	0,9
Korporahkasammal - <i>Sphagnum girgensohnii</i>	2,4	2,9	2,9	2,4	3,1	2,7	0,3
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	4,1	0,8	0,6	0,7	0,7	1,4	1,5
Rahkasammalet - <i>Sphagnum</i> spp.	38,9	32,3	37,4	34,7	39,1	36,5	2,9
Suonihuopasammal - <i>Aulacomnium palustre</i>	0,3	0,7	0,6	1,5	0,7	0,8	0,4
Vaalearahkasammal - <i>Sphagnum centrale</i>	9,6	6,0	7,6	7,5	8,4	7,8	1,3

K = kontrolliala ja L = lannoitettu ala



TAULUKKO 24 Sammalten keskipeittävyudet ja keskihajonnat turvemaan näytealoilla.  
(X = keskiarvo, SD = keskihajonta)

Näyteala Mr K 3 L	1997	1998	1999	2000	2002		
Rämerahkasammal - <i>Sphagnum angustifolium</i>	15,7	16,1	15,6	14,0	14,9	15,3	0,8
Korpikarhunsammal - <i>Polytrichum commune</i>	0,1	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	1,3	1,5	2,0	1,7	3,8	2,1	1,0
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,1	0,1	0,1	0,5	0,7	0,3	0,3
Rahkasammalet - <i>Sphagnum</i> spp.	20,4	19,5	18,8	17,3	18,6	18,9	1,1
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	1,9	1,3	0,6	1,4	3,4	1,7	1,0
Suonihuopasammal - <i>Aulacomnium palustre</i>	0,4	1,9	1,9	4,1	3,3	2,3	1,4
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	1,5	2,4	2,4	2,4	2,6	2,3	0,4
Vaalearahkasammal - <i>Sphagnum centrale</i>	2,3	1,3	1,3	1,0	0,7	1,3	0,6

Näyteala MK 4 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Rämerahkasammal - <i>Sphagnum angustifolium</i>	30,1	10,4	10,0	6,6	5,1	12,4	10,1
Korporahkasammal - <i>Sphagnum girgensohnii</i>	21,4	8,6	6,4	10,6	14,6	12,3	5,9
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	1,5	1,5	1,2	1,3	2,2	1,5	0,4
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,9	0,7	0,7	0,7	0,3	0,7	0,2
Rahkasammalet - <i>Sphagnum</i> spp.	51,6	19,1	16,4	17,8	20,0	25,0	14,9
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	6,9	6,3	6,9	7,1	10,1	7,5	1,5
Suonihuopasammal - <i>Aulacomnium palustre</i>	0,1	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,1
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	1,2	1,3	1,6	2,8	3,0	2,0	0,9

Näyteala TKg 8 K	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Rämerahkasammal - <i>Sphagnum angustifolium</i>	2,9	2,9	1,8	1,9	1,4	2,2	0,7
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	1,5	1,5	1,4	1,1	1,5	1,4	0,2
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	2,6	2,6	2,6	2,3	1,9	2,4	0,3
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,2	0,1

Näyteala TKg 10 L	1997	1998	1999	2000	2002	X	SD
Rämerahkasammal - <i>Sphagnum angustifolium</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
Kynsisammalet - <i>Dicranum</i> spp.	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0
Maksasammalet - <i>Hepatica</i> spp.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Seinäsammal - <i>Pleurozium schreberi</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,0
Suikerosammalet - <i>Brachythecium</i> spp.	2,3	3,3	3,0	3,1	3,3	3,0	0,4

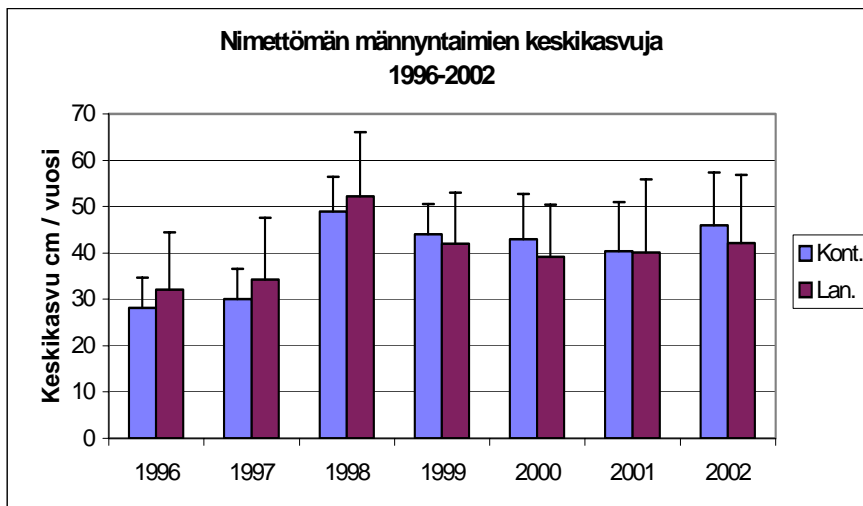
L = lannoitettu ala K = kontrolliala

### 3.4 Taimikon pituuskasvumittaukset 1997–2002

Tutkimusalueen mineraali- ja turvemaalta mitattiin tutkimusjakson 1997–2002 aikana vuosittain satunnaisotannalla noin 480 taimikkovaiheen puuta (Mäkinen ym.1999).

Nimettömän mäntytaimikko on istutettu vuosien 1981–1982 päätehakkuun ja vuoden 1983 kuloutuksen jälkeen. Puusto on kehitysluokaltaan lähinnä varttunutta taimikkoa (T 2) (Kuusipalo 1996). Mitatut taimet sijaitsevat Nimettömän näytealojen (MT 5 ja MT 9) lähiympäristössä, kivisessä rinteessä. Taimikon puuston korkeus vaihteli 1,5–4,0 metrin välillä. Kasvupaikkaa luonnehtii huomattavan korkea kivisyysluokka (III = hyvin kivinen) (Viro 1952). Matalat taimet (< 2,5 m) olivat poikkeuksetta kärsineet hirvituhoista.

Sateisen kesän 1998 aikaansaama kasvunlisäys näkyy kuitenkin tuloksissa voimakkaana (kuva 44).



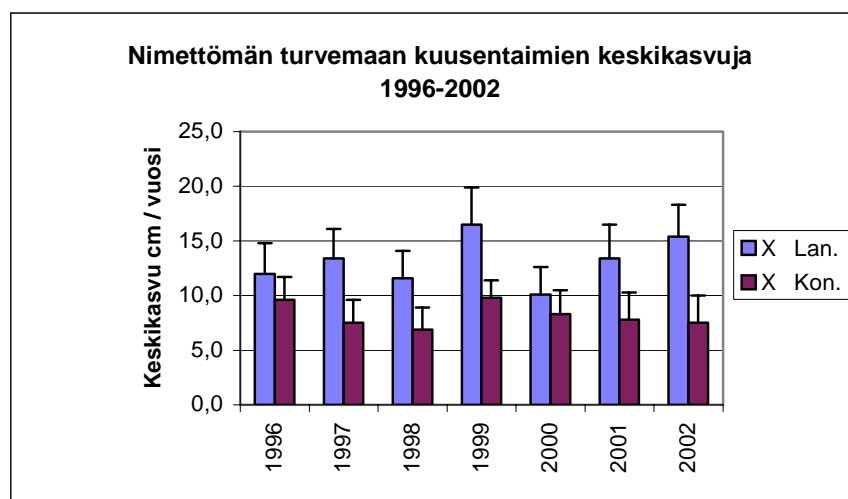
**Kuva 44.** Nimettömän mäntyntaimien (n = 60 + 60) keskipituudet ja keskihajonnat vuosittain. Tutkimusalue lannoitettiin talvella 1998.

#### Nimettömän turvekankaan kuuset

Turvemaat on ojitettu 1960-luvulla ja kunnostusojitettu kerran sen jälkeen. Vuonna 1972 tutkimusalue keinolannoitettiin (Ruuhijärvi ym. 1985). Kehitysluokittelussa molemmat näytealat kuuluisivat lähinnä ylipuustoiseen taimikkoon (Y 1) (Kuusipalo 1996). Lannoitusosalalla (TKg 10) on suoritettu 1980 lehtipuuvesakon harvennusta, sen sijaan kontrolliala (TKg 8) on jäänyt ilman metsänhoidollisia toimenpiteitä ja alikasvoskuusikko on erittäin tiheää ja varjostunutta. Lannoitusala (TKg 10) on ollut alkuperäiseltä suotyypiltään ruohokorpea ja voitaisiin luokitella kasvupaikkaluokituksessa ruohokuusiturvekankaaksi (RhKiTKg). Kontrolliala (TKg 8) on ollut alun perin

mustikkakorpea (MK) ja tällä hetkellä lähinnä mustikka-kuusiturvekangasta I (MkiTKg I) (Toivonen & Leivo 1993).

Lannoitetun ja kontrollialueen turvemaan kuusentaimien kasvussa havaittiin lisäystä vuodesta 1999 alkaen. Kontrollialueella suuntaus jatkui koko tutkimusjakson ajan. Lannoitusalueella kasvun lisäys jatkui tasaisena lukuun ottamatta kasvukautta 2000. Tuhkalannoitusta edeltävinä kasvukausina (1996 ja 1997) pituuskasvu oli selkeästi parempaa kuin talven 1998 lannoitusta seuraavana kasvukautena (kuva 45).

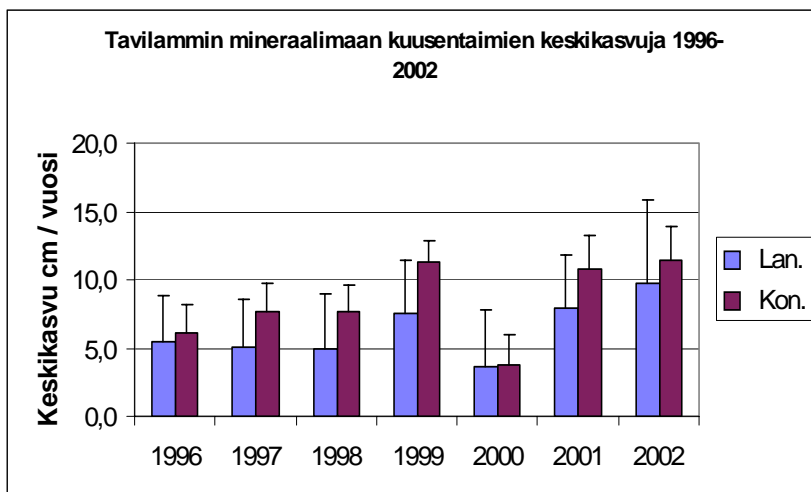


**Kuva 45.** Nimettömän turvekankaan kuusentaimien (n = 60 + 60) keskipituudet ja keskihajonnat vuosittain. Tutkimusalue lannoitettiin alkutalvesta 1998.

### Tavilammin mineraalimaan kuuset

Kasvupaikkatyypiltään lannoitusalue on sulkeutunutta tuoreen kankaan metsikköä (näyteala MT 6) ja kontrollialueen mitatut taimet sijaitsivat osittain kuivahkon kankaan (VT) muodostamassa rinteessä (Toivonen & Leivo 1993). Mitatun alikasvostaimikon puiden korkeus vaihteli 0,5–2,5 m:n välillä ja puut olivat paikoin kitukasvuisia. Kasvupaikka on keskimäärin kivistä (kivisyysluokka II), joka muuttuu rinteisyyden kasvaessa hyvin kiviseksi (luokka III) (Viro 1952).

Tutkimusjakson viimeisinä havaintovuosina (2001 ja 2002) kasvu oli selkeästi lisääntynyt lannoitus- ja kontrollialoilla vertailuvuoteen (1997) nähden (kuva 46).

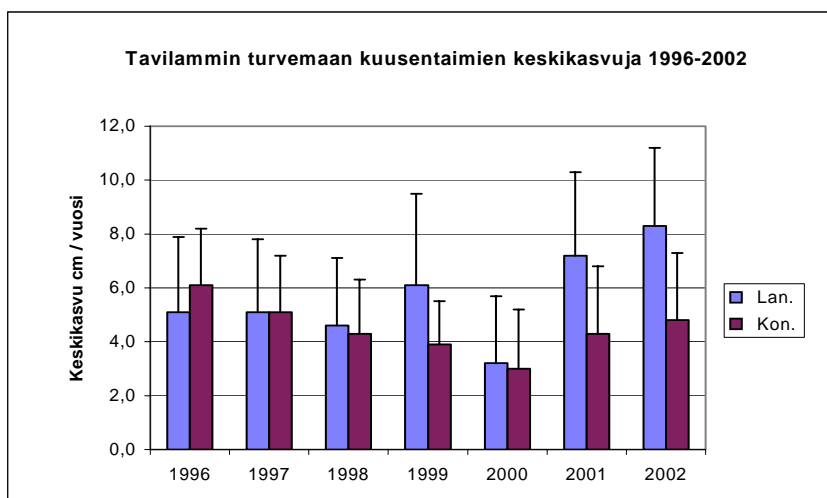


**Kuva 46.** Tavilammin mineraalimaan kuusentaimien (n = 60 + 60) keskipituudet ja keskihajonnat tutkimusjakson aikana.

### Tavilammin turvemaan kuuset

Kasvupaikkatyypiltään lannoitusalue on paksuturpeista muurainkorpea (MrK 3) ja kontrollialue paksuturpeista metsäkortekorpea (Mkk) (kuva 47) (Toivonen & Leivo 1993). Mitatun alikasvostaimikon korkeus vaihteli 0,5–2,5 m välillä ja taimikko oli paikoin kitukasvuista. Tavilammin turvemaiden kuusikot ovat sulkeutuneita ja varttuneita kasvatusmetsiköitä (03) (Kuusipalo 1996).

Lannoitetun turvemaan kuusien kasvutulokset erottuivat selkeästi vuosina 1999, 2001 ja 2002 vastaavista kontrollialueiden tuloksista. Kontrollialojen keskipituuskasvut heikkenivät vuodesta 1996 vuoteen 2000 saakka parantuen seurannan loppua kohti (kuva 47).



**Kuva 47.** Tavilammin turvemaan kuusentaimien (n = 60 + 60) keskipituudet ja keskihajonnat vuosittain.

## Tulosten tarkastelua: taimikon pituuskasvu

Tutkimusalueen mineraali- ja turvemaalta mitattiin tutkimusjakson 1997–2002 aikana vuosittain satunnaisotannalla noin 480 taimikkovaiheen puuta (0,5–3,0 m). Mineraalimaalla taimien pituuskasvuissa havaittiin tilastollisesti merkittävää ( $p < 0,05$ ) lisäystä ainoastaan yksittäisten vuosien kohdalla, mikä saattaa selittyä luontaisella kasvudynamiikan vaihtelulla. Sateisen kesän 1998 aikaansaama kasvunlisäys näkyy kuitenkin tuloksissa. Tavilammin turvemaan kuusentaimien kasvutuloksissa oli havaittavissa selkeästi nouseva trendi, mikä tukeekin aiemmin tehtyjä turvemaiden tuhkalannoituskokeita (Moilanen & Issakainen 2000, Silfverberg 1996). Mitä ilmeisimmin lisääntynyt pituuskasvun muutos koskee koko metsikköä.

Vanhoilla suokokeilla tehtyt puustomittaukset osoittavat tuhkan vaikutuksen riippuvan kasvualustan viljavuudesta ja aiemmista lannoituksista. Runstyyppisillä kasvupaikkatyypeillä männyn runkokuu kasvu on havaittu jo 2–3 vuoden kuluessa ja niukkatyyppisillä paikoilla 7–8 vuoden kuluttua (Moilanen & Issakainen 2000, Silfverberg 1996).

Tuhkalannoituksen vaikutus puuston kasvuun on yleensä ollut pitkäaikaisempi kuin keinolannoitteiden. Lannoitusvaikutus on kestänyt 30–40 vuotta kasvualustasta riippuen. Tuhka parantaa turvemaita yleensä vaivaavan fosforin ja kaliumin puutteen sekä hivenravinne boorin vajauksen (Silfverberg & Huikari 1985).

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä raportissa pyrittiin selvittämään vuosina 1997–2002 puuperäisen tuhkan lannoitusvaikutusta kasvilajistoon ja taimikon kasvuun sekä mahdollisen emässhokin vaikutuksia aluskasvillisuuteen. Itsekovettava tuhka aiheutti odotetusti erilaisen kasvillisuusvaikutuksen turve- ja mineraalipohjaisella kasvualustalla. Lannoituksen vaikutus kokonaislajiston runsauksiin oli mineraali- ja turvemaan näytealoilla silminkäytävää verrattuna kontrollialoihin. Ravinteikkailla ja kosteilla ruohokorven näytealoilla rehevöityminen oli selkeimmin nähtävissä.

**Pensaiden ja varpujen** keskipeittävyudet suurensivat lannoitusaloilla enemmän kuin kontrollialoilla. Erityisesti turvemaiden mustikat ja puolukat hyötyivät ravinnelisäyksestä.

**Heinien ja sarojen** keskipeittävyudet lisääntyivät odotetusti tuhkalannoituksen jälkeen. Avoimilla taimikkoaloilla metsäkastikat runsastuivat merkittävästi ja korpialoilla sarat.

**Ruohojen** keskipeittävyudet kohosivat mineraali- ja turvemaan aloilla ja jäivät kontrollivuotta 1997 korkeammalle tasolle. Raate, sananjalka ja maitikat runsastuivat huomattavasti tuhkalannoituksen jälkeen. Pohjakerroksessa havaittiin sammalien ja jäkäliden “palamista” ja korvautumista osin uusilla

ns. kulolajeilla. Epätasaisesta tuhkallevityksestä johtuen alueelle jäi tuhka-  
kasoja, jotka toimivat uustulokkaiden kasvualustana.

**Sammalien** keskipeittävydet alenivat erityisesti turvemaan aloilla. Rah-  
kasammalet olivat suurimpia häviäjiä turvemaalla ja kynsisammalet mine-  
raalimaalla. Jakson loppupuolella havaittiin sammalkasvustojen toipumista.  
Yleisimpiä uustulokkaita olivat kulosammal, nuokkuvarstasammal ja nuo-  
tiosammal.

**Jäkälien** keskipeittävydet alenivat avoimilla mineraalimaan lannoitusaloil-  
la. Harmaaporonjäkälä väheni huomattavasti lannoituksen myötä jääden  
osin lisääntyneen karikkeen alle. Torvijäkälät alkoivat toipua selkeästi tut-  
kimusjakson loppua kohti.

**Taimikon pituuskasvussa** havaittiin merkittävää lisäystä ainoastaan yksit-  
täisten vuosien kohdalla. Turvemailla pysyvämpi kasvunlisäys näytti ajoit-  
tuvan tutkimusjakson viimeisiin havaintovuosiin. Puuston pituuskasvumit-  
tauksiin mineraalimailla viisivuotinen seuranta on aivan liian lyhyt.

Osa lajien keskipeittävyksien muutoksista selittyy kasvupopulaatioiden  
luontaisella kasvudynamiikalla ja reagoinnilla muuttuneisiin kasvuolosuh-  
teisiin (Paalamo 1995). Yleisesti ottaen kaikki lannoitetut näytealat muut-  
tuivat aiempien kokeiden mukaisesti heinä- ja ruohovaltaiseen suuntaan  
(Reinikainen 1980). Lajiston muutokset havaittiin ensisijaisesti runsaussuh-  
teiden muuttumisena ja toissijaisesti pioneerisammalien ilmaantumisena.

Lajimuutosten luotettava tulkinta vaatisi pitemmän aikavälin seurantaa, sillä  
merkittävä osa lajistosta ei reagoinut lannoitukseen tilastollisesti mitenkään.  
Mahdollisuuksien mukaan kannattaisi siirtyä rakeistetun tuhkan käyttöön  
kasvillisuusvaurioiden minimoimiseksi (Hakkila & Kalaja 1983).

## LÄHDELUETTELO

- Brown, D. H. & Bates, J. W.** 1990. Bryophytes and nutrient cycling. – Bot. J. Linn. Soc. 104: 129–147.
- Danielsson, B. O.** 1998. Askåterföreling I Sverige. – Tuhkahankkeen välise-minaari 1998. (Anttila, P. & Korpilahti, A. toim.). Metsätehon raportti 52. 51 s.
- During, H. J.** 1979. Life strategies of bryophytes: a preliminary review. – Lindbergia 5: 2–18.
- Eriksson, O.** 1988. Variation in growth rate in shoot populations of the clonal dwarf shrub *Linnaea borealis*. – Holarct. Ecol. 11: 259–266.
- Eurola, S., Huttunen, A. & Kukko-oja, K.** 1995. Suokasvillisuusopas. – Oulanka Rep. 14. 85 s.
- Finer, L. & Braekke, F.H.** 1991. Understorey vegetation on three ombrotrophic pine bogs and the effects of NPK and PK fertilization. – Scand. J. For. Res 6: 113–128.
- Foy, C. D., Chaney, R. I. & White, M. C.** 1978. The physiology of metal toxicity in plants. – Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 511–566.
- Gyllin, M. & Kruuse, A.** 1996. Effekter på floran efter tillförel av ved- och blandaska. Ramprogram askåterföreling. NUTEK, R 1996. 36, 23 pp.
- Hakkila, P. & Kalaja, H.** 1983. Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka. – Folia Forestalia 552. 37 p.
- Hallingbäck, T. & Holmåsen, I.** 1991. Mossor – En fälthandbok. – Interpublishing AB. Stockholm. 288 s.
- Hiirsalmi, H.** 1969. *Trientalis europaea* (L). A study of the reproductive biology, ecology and variation in Finland. – Ann. Bot. Fenn. 6: 119–173.
- Huttunen, S.** 1975. Studies on forest vegetation in air pollution damage area. – Acta Univ. Oulensis, Ser. A. Biology 2: 1–37.
- Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T., Uotila, P. & Vuokko, S. (toim.)** 1998. Retkeilykasvio. – 656 s. 4. painos. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki.
- Jacobson, S.** 1997. Återföreling av aska till skogsmark – kortsiktiga effekter på floran efter spridning av en krossaska. – Skogforsk – Arbetsrapport Nr 377.

- Jalas, J.** 1974. *Epilobium angustifolium* (L.). – Maitohorsma. Julkaisussa: Jalas, J. (toim.). kasvikirja III. Suomen luonto. Otava, Helsinki. s. 181–183.
- Jalas, J.** 1980. *Solidago virgaurea* (L.) – Kultapiisku. Julkaisussa: Jalas, J. (toim.). Suuri kasvikirja III. Suomen luonto. Otava, Helsinki. s. 685–688.
- Joenje, W. & During, H. J.** 1977. Colonisation of a desalinating Wadden-polder by bryophytes. – *Vegetatio* 35: 177–185.
- Kalliola, R.** 1973. Suomen kasvimaantiede. – WSOY. Porvoo. 308 s.
- Kellner, O. & Weibull, H.** 1998. Effects of Wood Ash on Bryophytes and Lichens in Swedish Pine Forest. – *Scand. J. For. Res. Suppl.* 2: 76–85.
- Koponen, T.** 1996. Lehtisammalten määrittäminen. Kolmas korjattu painos. – Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 139: 1–119. Yliopistopaino.
- Kramer, P. J. & Kozlowski, T. T.** 1960. *Physiology of trees*. New York.
- Kujala, V.** 1980. *Maianthemum bifolium* L. – Oravanmarja. Julkaisussa: Jalas, J. (toim.). Suuri Kasvikirja I. Suomen luonto. – Otava, Helsinki. s. 278–280.
- Kuusinen, M., Ahti, T. & Lommi, S.** 1995. Pieni jäkäläopas. – Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 140: 1–53. Yliopistopaino.
- Kuusipalo, J.** 1996. Suomen metsätyypit. – Kirjayhtymä, Helsinki. 144 s.
- Laine, J. & Vasander, H.** 1990. Suotyypit. Kirjayhtymä. 80 s.
- Lukkala, O.** 1951. Kokemuksia Jaakkoin-suon koeojitusalueelta. – *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(6): 1–53.
- Lundborg, A. & Nohrstedt, H.** 1995. Effekter av askspridning i skogen. NUTEK, R 1996: 13, 38 pp.
- Malmström, C.** 1935. Om näringsförhållanden betydelse för torvmarkers skogsproduktiva förmåga. – *Meddelanden från Statens skogsför-söksanstalt* 28: 571–650.
- Malmström, C.** 1952. Svenska gödslingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. – *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(17): 1–27.
- Moilanen, M. & Issakainen, J.** 1984. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. – *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 133. 17 s.



- Moilanen, M. & Issakainen, J.** 2000. Tuhkalannoituksen metsävaikutukset. Metsätehon raportti 93. – Metsäteho Oy, Helsinki, 38 pp.
- Moilanen, M., Silfverberg, K. & Hokkanen, T. J.** 2000. Effects of wood-ash on the tree growth, vegetation and substrate quality of a drained mire: a case study. – *Forest Ecology and Management*. Vol 171 (3): 321–338.
- Mäkinen, A., Pihlström, M. & Rummukainen, P.** 1999. Tuhkalannoitusprojektin kasvillisuus- ja maaperätutkimukset 1997-1999. Ekologian ja systematiikan laitos. Helsingin yliopisto. 43 s.
- Mäkipää, R.** 1994. Effects of nitrogen fertilization on the humus layer and ground vegetation under closed canopy in boreal coniferous stands. – *Silva Fenn.* 28: 81–94.
- Mälkönen, E.** 1965. Lannoituksen vaikutuksesta puolukkatyyppin kankaiden pintakasvillisuuteen. Metsähoitotieteen tutkielma kandidaatin tutkintoa varten – Helsingin yliopisto.
- Mälkönen, E., Kellomäki, S. & Holm, J.** 1980. Typpi-, fosfori-, ja kalilannoituksen vaikutus kuusikon pintakasvillisuuteen. – *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 98(3): 1–35.
- Mälkönen, E.** 1998. Tuhkan merkitys kivennäismailla. – Tuhkalannoituksen väliseminaari 1998. (toim. Anttila & Korpilahti). Metsätehon raportti 52. 51 s.
- Nohrstedt, H-Ö.** 1994. Effect on field- and bottom-layer species in an experiment with repeated PK- and NPK- fertilization. – The Forestry Research Institute of Sweden. Report No: 1, 1994.
- Paalamo, P.** 1995. Pintakasvillisuuden lajimäärät. Teoksessa: Raivio, S. (toim.), *Talousmetsien luonnonsuojelu - yhteistutkimushankeen toinen väliraportti*. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A No 87: 26–30.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J.** 1995. Peatland forestry. Ecology and principles. – *Ecological studies* 111. Springer Verlag. Berlin. Heidelberg. 248 s.
- Pankakoski, A.** 1939. Ekologis-kasvistollisia tutkimuksia Hiisjärven luonnonsuojelussa. – *Ann. Bot. Soc. Zool.* – *Bot. Fenn.* “Vanamo” 10 (3): 154 s.
- Pihlström, M., Tulonen, T., Arvola, L., Mäkinen, A. & Rummukainen, P.** 2004. Tuhkalannoituksen vaikutus kasvillisuuden ja maaperän raskasmetalleihin ja ravinteisiin. – Metsätehon raportti **XXX**.
- Piippo, S.** 1996. Maksasammalten määritysopas. Kolmas uusittu painos. – Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita. 148: 1–76. Yliopistopaino.

- Päivänen, J. & Seppälä, K.** 1968. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuteen. – *Suo* 19(4-5): 51–56.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J.** 1994. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille.* – Yliopistopaino. 5. painos. Helsinki. 569 s.
- Reinikainen, A.** 1964. Kasvillisuustutkimuksia Kivisuon rahkaturvealustaisilla lannoitusaloilla. – *Folia For.* 6. 17 s.
- Reinikainen, A.** 1980. Tuhkalannoituksen ekologiaa. – Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20: 24–27.
- Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J-P.** 2000. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. – Tammi. Helsinki. 384 s.
- Rosen, K., Eriksson, H., Clarholm, M., Lundkvist, H. & Rudebeck, A.** 1993. Granulerad vedaska till skog på fastmark – ekologiska effekter. – NUTEK Rapport 1993: 26, 60 pp.
- Ruuhijärvi, R., Lindholm, T. & Vasander, H.** 1985. Mustikkatyypin metsän ravinnetalouden ja kasvillisuuden rakenteen kehitys kulotuksen jälkeen. Loppuraportti – Helsingin yliopisto Kasvitieteen laitos 1985.
- Saarela, I.** 1987. Alustus tuhkasta maataloustieteen päivillä. – Maataloust. Seuran tiedote nro 9: 179-185.
- Sarasto, J.** 1963. Ruskosammalia lyhytkortisella nevalle. *Suo* 14(3): 44–45.
- Schimmel, J.** 1993. On Fire – Fire Behavior, Fuel Succession and Vegetation Response to Fire in the Swedish Boreal Forest. – Dissertations in Forest Vegetation Ecology 5, Umeå.
- Scurfield, G.** 1954. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. J. – *Ecol.* 42: 225–233.
- Silfverberg, K. & Huikari, O.** 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemilla. – *Folia Forestalia* 633: 1–25.
- Silfverberg, K. & Hotanen, J.-P.** 1989. Long-term effects of wood-ash on a drained mesotrophic *Sphagnum papillosum* fen in Oulu district, Finland. – *Folia Forestalia* 742: 1–23.
- Silfverberg, K. & Issakainen, J.** 1991. Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin. – *Folia Forestalia* 769: 1–23.
- Silfverberg, K.** 1996. Nutrient status and development of tree stands and vegetation on ash-fertilized drained peatlands in Finland. – Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 588.
- Sjörs, H.** 1989. Blåbär, *Vaccinium myrtillus* – ett växtportätt. – *Sven. Bot. Tidskr.* 83: 411–428.

- Skult, H.** 1958. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. J. – Ahdelauha. Julkaisussa: Jalas, J. (toim.). Suuri kasvikirja I. Suomen luonto. Otava. S. 770–772.
- Tamm, C.O.** 1965. Some experiences from forest fertilization trials in Sweden. – *Silva Fennica* 117(3): 1–24.
- Toivonen, H. & Leivo, A.** 1993. Kasvillisuuskartoituksessa käytettävä kasvillisuus- ja kasvupaikkaluokitus. Kokeiluersio. 3. Painos 1997. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A: No: 14. 96 s.
- Tulonen, T., Ollila, S. & Arvola, L.** 1999. Tuhkalannoituksen vesistövaikutukset. Loppuraportti. – Lammin biologisen aseman julkaisuja. 25s. Helsingin yliopisto
- Tulonen, T., Arvola, L., Pihlström, M., Mäkinen, A., Rummukainen, P. & Rask, M.** 2003. Tuhkalannoituksen vaikutus metsäjärvisssä. – Metsätehon raportti 146.
- Tuomikoski, R.** 1958. *Dryopteris spinulosa* (Mull.) Ktze – Metsäalvejuuri. Julkaisussa: Jalas, J. (toim.). Suuri kasvikirja I. Suomen luonto. Otava, Helsinki. s. 101–103.
- Vaarama, A.** 1965. *Rubus saxatilis* L. – Lillukka. Julkaisussa: Jalas, J. (toim.). Suuri Kasvikirja I. Suomen luonto. – Otava, Helsinki. s. 755–758.
- Vanha-Majamaa, I. & Lähde, E.** 1991. Vegetation changes in burned area planted by *Pinus sylvestris* in Northern Finland. – *Ann. Bot. Fenn.* 28: 161–170.
- Vasander, H., Kuusipalo, J. & Lindholm, T.** 1993. Vegetation changes after drainage and fertilization in pine mires. – *Suo* 44: 1–9.
- Vestin, T.** 1999. Effekter på fältskikts- och bottenvegetation efter återföring av härdad vedaska. – Examensarbete på agronomprogrammet, 20 p. Institutionen för ekologi och miljövärd, SLU 1999.
- Viro, P. J.** 1952. Kivisyyden määrittämisestä. – *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40
- Vuokko, S.** 1994. Kasvit 3: bakteereja, sieniä, itiökasveja. Suomen luonto. Weilin & Göös, Espoo. 256 s.
- Økland, R. H.** 1990. Population biology of clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. I. Demography. – *J. Ecol.* 83: 697–712.
- Muut lähteet:**
- Hakala, I.** 2000. Lammin biologisen aseman kasvukaudensäätiötaietoja vuosilta 1997-2002.

**Heikkilä, R.** 1999. Tuhkalannoituksen vaikutus kasvillisuuspeitteeseen tuhkakoealoilla. – Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Luonnonvara-ala, Opinnäytetyö.

**Simpula, J. & Timonen, M-L.** 2002. Kasvillisuuskuvaukset Muhoksen tuhkakoealoilla kesällä 2002.

Peruskartta 1984. No 2134 09 Iso-Tarus 1: 20 000. – Maanmittaushallitus. Helsinki.

Äänekosken & Muhoksen retkeily 20.9 1999. (järj. Metsäteho)

**Käytetyt kasvillisuustyyppien lyhenteet Metsähallituksen kasvillisuus- ja kasvupaikkaluokituksen mukaan (Toivonen & Leivo 1993).**

Tavilammin valuma-alueen kuviot:

1. LuN	Luhtaneva
2. IR	Isovarpuräme
3. NK	Nevakorpi
5. MrK	Muurainkorpi
6. RhK (ve)	Ruoho- ja heinäkorpi
7-8. MkK	Metsäkortekorpi
9. MT (vt)	Mustikkatyyppin kuusikangas
10. MT	Mustikkatyyppin kuusikangas
11. MT (rh)	Mustikkatyyppin kuusikangas
12. CT (kl)	Kanervatyyppin mäntykangas
13. MK	Mustikkakorpi
14-15. MTKg	Mustikkaturvekangas
16. VT	Puolukkatyyppin mäntykangas
17. Tiv	Tienvarsi

Nimettömän valuma-alueen kasvillisuuskuviot:

1. LuN	Luhtaneva
2. TR	Tupasvillaräme
3. IR	Isovarpuräme
4. MKgK (mu)	Mustikka-kangaskorpi
5-6. KiTKg	Kuusiturvekangas
7. VT (su)	Puolukkatyyppin mäntykangas
8. MT (su)	Mustikkatyyppin kuusiturvekangas
9. OMT (su)	Käenkaali-mustikkatyyppin kuusikangas
10. MT (rh)	Mustikkatyyppin kuusiturvekangas
11. MT (su)	Mustikkatyyppin kuusiturvekangas

Lisämääreet:

kl	Kallioinen
mu	Muuttuma
rh	Ruohoinen
su	Sukessio
ve	Vetinen
vt	Varttunut

**Kooste tuhkaerien alkuainepitoisuuksista (Metsäteho Oy 10.2.2000)**

Näyte	Tuhka- tyyppi	P mg/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	B mg/kg	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Al g/kg	Fe g/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
M-B Kaskinen	Pöly-98	15700	56,0	194	22,7	9080	21100	301	13,9	97	17,3	20,3	41	41	58	4360
M-B Äänekoski	Pöly-97	10026	27,2	329	15,5	8662	13014	175	10,0	66	12,9	9,2	53	48	56	2134
M-B Äänekoski	Pöly-98	9457	22,3	347	15,4	7818	13267	175	10,2	72	16,5	7,4	47	46	15	1863
M-B Äänekoski	Itsekov. -97	8887	28,5	292	16,4	7142	13019	183	7,9	54	16,4	7,8	43	45	25	2077
M-B Äänekoski	Itsekov. -98	8106	17,0	330	13,9	6441	11216	183	9,2	147	15,2	7,3	46	40	14	1599
UPM Voikkaa	Pöly1 -97	7220	25,0	144	13,2	7690	1908	210	6,2	131	61,5	11,3	24	99	44	1490
UPM Voikkaa	Pöly2 -97	5048	18,3	89	7,5	4266	1908	159	2,4	258	63,6	8,1	26	340	<13	1140
UPM Voikkaa	Rae -97	5951	18,5	121	8,5	4822	6402	137	3,4	102	56,7	10,3	24	79	47	1226
UPM Kymi	Rae -97	7908	20,3	171	10,6	5690	10013	133	4,0	79	53,6	11,3	29	65	39	1286
UPM Kymi	Itsekov. -97	8235	12,9	182	11,1	7059	10882	136	4,0	68	50,8	9,9	29	45	25	1404
UPM Pietarsaari	Pöly1 -98	16700	30,8	200	25,4	8810	22700	136	19,0	235	33,5	28,0	111	136	215	2770
Enocell	Pöly -98	16200	32,2	257	22,0	18000	20700	312	20,0	114	15,8	11,3	55	48	30	4200
Enocell	Pöly -98	14700	59,2	182	20,2	16400	27900	312	24,3	121	17,4	12,6	40	71	46	4460
Enocell	Pöly -98	20200	36,1	240	27,1	24700	39100	305	28,5	162	14,8	11,7	59	15	49	6590
Enocell -98	Rae 98	13561	26,9	158	21,2	15528	16253	351	19,7	107	17,6	14,0	55	54	37	4161
Enocell -98	Rae 98	17451	50,9	207	22,4	21470	25144	351	22,7	124	13,2	9,9	49	38	31	5545
Fortum Joensuu	-97	7476	3,3	75	9,7	1059	5024	30	<1,0	121	28,8	59,0	76	72	<13	207
Fortum Joensuu	-98	9676	3,9	93	14,2	1630	5280	<1	3,7	145	48,7	120,0	90	179	42	218
Fortum Haapavesi	-98	18900	1,7	103	15,4	2670	2320	6	3,7	216	81,3	160,0	166	140	24	268
Fortum Rauhalahdi	-98	8170	3,2	55	8,3	1320	997	2	<1,0	105	34,3	51,0	40	31	34	166

Analyseissä käytetty typpihappouttoa ja mikroaaltounihajotusta, tulokset 0-kosteudessa. Alleviivattua tuhkaa käytetty Evolla.