

# Huonosti kantavien maiden ja teiden vahvistamisratkaisut

Kati Kontinen



# HUONOSTI KANTAVIEN MAIDEN JA TEIDEN VAHVISTAMISRATKAISUT

Kati Kontinen

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

MIKKELI 2014

A: TUTKIMUKSIA JA RAPORTTEJA – RESEARCH REPORTS 92

© Tekijä ja Mikkelin ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Kati Kontinen

Kannen ulkoasu: Mainostoimisto Nitro ID

Taitto- ja paino: Tammerprint Oy

ISBN: 978-951-588-439-8 (nid.)

ISBN: 978-951-588-440-4 (pdf)

ISSN: 1795-9438 (nid.)

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# TIIVISTELMÄ

Suomen metsätalousmaasta on turvemaita 34 prosenttia. 1960- ja 1970-luvuilla ojitettiin runsaasti soita, joihin on kehittynyt merkittävä puusto. Turvemaiden puuston kasvu ja kokonaistilavuus ovat 20 prosenttia Suomen metsien kokonaispuustosta. Turvemailla on runsaasti harvennusrästejä ja on arvioitu, että turvemaiden puunkorjuuta voisi lisätä 15–20 miljoonaa kuutiometriin vuodessa. Turvemaiden hakkuut on totuttu tekemään talvella maanpinnan ollessa roudassa ja lumipeitteen suojatessa maaperää.

Ilmastonmuutos, tasainen puun tarjonta ja metsäkoneiden ympärivuotinen käyttö ohjaavat puunkorjuuta ympärivuotiseksi myös turvemailla. Turvemaiden puunkorjuussa heikko kantavuus on ongelma sulan maan aikana. Kantavuutta voisi lisätä erilaisilla maaperän vahvistamisratkaisuilla. Tällä tutkimuksella selvitettiin maaperän vahvistusratkaisujen, joita olivat ajosillat, kumimatot ja pitkospuumatot, käyttökelpoisuutta, kustannuksia ja käytön organisointia huonosti kantavilla mailla ja teillä. Suomessa maaperän vahvistamisratkaisuja ei ole juurikaan tutkittu; aiheesta löytyy ainoastaan Metsähallituksen kehittämisjaoston tutkimustuloksia 2000-luvun alusta. Kumimattoja tutkittiin ajouran vahvistamisessa sekä talvitie pohjan vahvistamisessa. Ajosilloja ja pitkospuumattoja tutkittiin maaperän vahvistamisessa ajouralla. Tutkimusaineiston muodostivat vuosina 2008–2010 tehtyjen vahvistamisratkaisujen testaukset.

Käyttökelpoisimmaksi ja kustannustehokkaimmaksi ajouran vahvistamisratkaisuksi osoittautui ajosilta. Ajosiltojen käyttökohteet ovat ojien ylitykset, ajouran vahvistaminen ja varastopaikan vahvistaminen. Ajosilloja voidaan käyttää myös pelastautumiseen koneen uppoamistilanteissa. Ajouran vahvistamisessa testatut pitkospuumatot ja kumimatot eivät toimineet rakenteensa puolesta. Teräsvaijerit, joilla pitkospuumatot ja kumimatot on

sidottu yhteen, juuttuivat kuormatraktorin telakenkiin ja aiheuttivat ongelmia. Talvitiepohjan vahvistamisessa käytetty kumimatto toimi moitteettomasti puutavara-auton alla. Kumimattoja voidaan käyttää talvitiepohjien vahvistamisessa, varastopaikkojen vahvistamisessa ja turvemaaylitysten vahvistamisessa.

Turvemaiden puunkorjuussa ajosilloilla voidaan lyhentää metsäkuljetusmatkaa ja vähentää raiteenmuodostusta. Kumimattojen käytöllä vähennetään raiteen muodostumista sekä sorastustarvetta metsäteillä, millä arvioidaan olevan jopa kymmenien tuhansien eurojen kustannussäästömahdollisuus. Maisemallisesti aroilla alueilla, suojelualueiden läheisyydessä tai taajamissa puunkorjuun- ja kuljetuksen onnistuminen on tärkeää mm. maisema-arvojen tai virkistyskäytön kannalta. Maaperän vahvistamisratkaisujen käyttö tällaisilla kohteilla on erityisen suositeltavaa. Vahvistamisratkaisujen laajempi käyttö edellyttää käyttökokemuksia, työohjeita ja urakoitsijoiden koulutusta. Vahvistamisratkaisujen käytön toimintamallit hakevat vielä lopullista muotoaan.

**Avainsanat:** turvemaat, puunkorjuu, ajosillat, pitkospuumatot, kumimatot.

# ABSTRACT

34 percent of productive forests in Finland are on peatlands. A lot of draining took place on peatlands in 1960's and 1970's. Due to the draining there are currently a lot of drained forest stands in Finland. The growth of peatland stands is 20 percent of total growth in Finnish forests and the volume is 20 percent of the total volume. There is a need to increase thinnings on peatland forests. It has been estimated that loggings on peatlands can be increased up to 15–20 million cubic meters annually. Loggings on peatland has been traditionally carried out during the winter time, when the soil is frozen and snow covers the ground.

Global warming, steady wood supply, and all-year use of machinery are encouraging year-round loggings also on peatlands. However, the low bearing capacity of soil is restricting logging during the time period when soil is unfrozen. The aim of this study was to find out usability of ground strengthening solutions. There are quite few studies about the issue, only Metsähallitus has been conducting some testing. This experimental study was designed to explore and test different types of ground strengthening alternatives. Also the operational cost of ground strengthening and the organization models was find out. Rubber mats were examined as tramline strengthening, as well as in strengthening the winter road. Driving bridges and driving bridgemats were studied at soil strengthening. The data consisted of three years testing. Testing was conducted in the same peatland area with the same forwarder and operator. Tests were videotaped and time clocked from the video. The timber truck driver was experienced. During testing, we also found out ground strengthening usefulness.

In this study, the most useful ground strengthening alternative was driving bridge. Driving bridgemats and rubber mats did not work properly. Steel

cables, with which rubber mats are tied together, were stucked at forward tracks and caused problems. The rubber mat worked properly under the timber truck. Using ground strengthening solutions, reduces surface pressure on the soil, and thus minimize damage. Ramps may also be used for saving situation of sinking. Rubber mats can be used in strengthening of winter roads.

Using soil strengthening solutions, damaged caused by the transportation can be diminished. The main benefit of using ground strengthening solutions are the shortened distance to the forest and the decrease in rutting. Rubber mats can reduce the formation of the track, as well as decreasing the amount of gravel forest roads. When working at landscape sensitive areas, protected areas, or in the vicinity of urban areas, ground strengthening solutions are highly recommended. The growth of using requires experiences, work instructions and training for contractors. The form of using model is also applying its final form yet.

**Keywords:** peatlands, harvesting, ground strengthening, driving bridges, rubber mats.

# ESIPUHE

Maaperän vahvistamiskäytännöt ei ole Suomessa paljoa tutkittu ja jo vuonna 2008 Mikkelin ammattikorkeakoululla julkaistiin ensimmäiset ajosiltoja koskeneet tulokset. Tämä lisensiaattityö sai alkunsa tarpeesta yhdistää maaperän vahvistamiskäytännöistä tehdyt tutkimukset. Julkaisussa esitellään case-tyyppisesti eri testaukset ja niiden tulokset.

Kati Kontinen, tutkimuspäällikkö, MML

Mikkeli 30.5.2014



# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ESIPUHE

<b>I</b>	<b>JOHDANTO</b>	9
	1.1 Tutkimuksen tausta	9
	1.2 Kulkukelpoisuus ja siihen vaikuttavat tekijät	10
	1.3 Maaperän vahvistaminen	11
<b>2</b>	<b>AINEISTO JA MENETELMÄT</b>	14
	2.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimushypoteesit	14
	2.2 Vahvistamisratkaisujen tutkimusmenetelmät	15
	2.3 Ajosiltojen tutkimusmenetelmä	17
	2.4 Kumimattojen ja pitkospuiden tutkimusmenetelmät	19
<b>3</b>	<b>TULOKSET</b>	21
	3.1 Ajankäyttö ajouran vahvistamisratkaisuissa	21
	3.2 Ajankäyttö vahvistamisratkaisun käytöstä talvitie pohjalla	24
	3.3 Valmistuskustannusten vertailu	25
	3.4 Ajourapainumamittaukset	27
<b>4</b>	<b>TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT</b>	28
	4.1 Tulosten luotettavuus	28
	4.2 Ajosillat	29
	4.3 Pitkospuumatto I	31
	4.4 Pitkospuumatto II	32
	4.5 Kumimatot	34
	4.6 Kumimatot talvitie pohjalla	35
	<b>LÄHTEET</b>	38

# I JOHDANTO

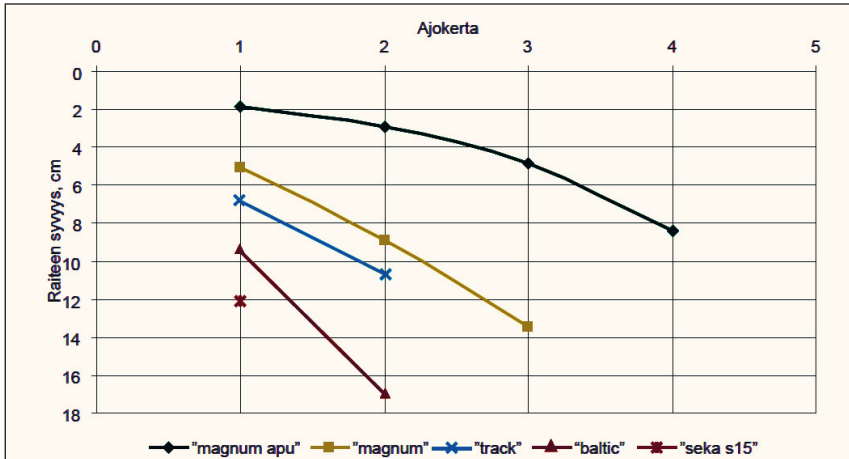
## I.1 Tutkimuksen tausta

Mikäli Suomen metsäteollisuuden puuntarve pysyy edes jossakin määrin samoissa mitoissa kuin nykyään, on suometsissä kasvavalla puustolla iso merkitys tulevaisuudessa. Nuutinen ym. (2000) arvioivat, että vuoteen 2025 mennessä suometsien osuus kestävästä hakkuumäärästä nousee yli 20 %:n. Vaikka teollisuuden tarve ainespuulle olisikin tulevaisuudessa pienempi, on suopuustolle käyttöä esimerkiksi energiapuuna. Suometsissä on nyt eniten tarvetta harvennushakkuille, mutta myös uudistushakkuu- ja taimikonhoitokohteita löytyy runsaasti. Hakkuut ovat suometsien hoidossa ensisijaisessa asemassa, sillä pelkästään hoitotöiden vuoksi ei useimpiin suometsiin ole kannattavaa mennä. Hakkuiden myötä ojien kunto heikkenee, harvennetaessa puustopääoma vähenee, puuston haihdunta pienenee ja pintavalunta kasvaa, jolloin ojien kunnan merkitys kasvaa. Hakkuut on syytä tehdä ennen kunnostusojitusta, jotta ojien kunto säilyy mahdollisimman pitkään mahdollisimman hyvänä. Kun ojat on kaivettu, niiden olisi tarkoitus pitää kohteen vesitalous puuston kasvuille suotuisalla tasolla ainakin kaksikymmentä vuotta. Ylimartimo ym. (2001) ovat korostaneet, että valtakunnan metsien inventoinnin tulokset turvemaiden puuston tilavuuden osalta on saatu tarkastelemalla metsänhoidollista tarvetta (Peltola 2008).

Valtakunnan metsien 10. inventointi osoittaa, että turvemaiden metsätaloudellinen merkitys tulee kasvamaan lähitulevaisuudessa merkittävästi (Metsätaloustilastollinen vuosikirja 2008). Ensimmäisten erityisesti turvemaille tehtyjen metsänhoitosuosituksen mukaan turvemaiden hakkuumäärät voitaisiin kaksinkertaistaa 12–14 miljoonaan kuutiometriin vuodessa. Syntyneitä harvennusrästejä purkamalla voidaan turvemaiden ensiharvennuksilta taloudellisesti korjata vuosittain noin neljä miljoonaa kuutiometriä puuta

seuraavan viiden vuoden aikana. Käytännössä harvennusrästien purkamisen kannattaa suorittaa pidemmällä aikavälillä kasvattamalla vuosittaisia hakkuumääriä pysyvästi (Bergroth ym. 2008).

Pehmeillä mailla, kuten pellolla ja turvemaalla, ajourapainuman on todettu syvenevän ajokertojen lukumäärän mukaan, kunnes metsäkoneen kulku käy mahdottomaksi. Oheinen kuva 1 (Airavaara ym. 2008) kuvastaa edellä mainittua tilannetta.



KUVA 1. Raiteen muodostuminen ajokertojen mukaan (Airavaara ym. 2008).

## 1.2 Kulkukelpoisuus ja siihen vaikuttavat tekijät

Puunkorjuuseen liittyy aina metsäympäristön, jäävän puuston ja maaston vaurioitumisriski. Maaperävaurioita ovat metsäkoneiden aiheuttamat maaperän tiivistyminen sekä ravinteiden huuhtoutuminen. Maaperävauriot syntyvät metsäkoneiden kulkemisen seurauksena, suurimmaksi osaksi metsäkuljetuksen aikana. Juuristovauriot ovat kiinteässä yhteydessä maaperävaurioihin, sillä sekä maan tiivistyminen että ravinteiden huuhtoutuminen heikentävät puun juuriston elinoloja. Lisäksi metsäkoneet vahingoittavat ja katkovat maanpinnan läheisyydessä olevia puiden juuria (Anttila 1998).

Metlan tutkimuksen (Lindeman ym. 2013) ”Turvemaan kantavuuden ennustaminen laserkeilausaineistolla” mukaan puuston pohjapinta-ala on parempi raiteen ennustaja kuin puuston tilavuus, silloin kun käytetään laserkeilausta. Turvemaiden puunkorjuuseen on kehitetty eri tutkimusten (Högnäs ym. 2009, Högnäs ym. 2011) perusteella kantavuusluokitus, jonka avulla voidaan suunnitella korjuukohteen kesäaikaista hakkuumahdollisuutta ja kalustoa. Kuvassa 2 korjuukelpoisuusluokitus.

Korjattavan kuvion kokonaispuusto, m <sup>3</sup> /ha	Korjuukohteen varastojärjestelyjen, muodon ja koon perusteella arvioitu kuormitus ajouraverkostolle <sup>*)</sup>		
	Pieni	Kohtalainen	Suuri
	Kantavuusluokka <sup>**)</sup>		
> 170	1	2	3
170–120	2	3	TALVI
< 120	3	TALVI	TALVI

Korjaukset korjuukelpoisuusluokkiin:

Pohjaveden syvyys:

- Kohteissa, joissa pohjavesi on alle 25 cm:n syvyydellä suon pinnasta, Käytetään yhtä luokkaa heikompaa kantavuutta.
- Jos korjuuta on edeltänyt yli 4 viikkoa kestänyt kuiva kausi, suunnittelutietojen kantavuus paranee toteutuksessa yhdellä luokalla.

Turpeen paksuus:

- Kohteella, jossa turvekerroksen paksuus on alle 75 cm, kantavuus paranee yhdellä luokalla.

Kantavuusluokat:

- 1 = kuormatraktorin max. pintapaine ≤ 50 kPa
- 2 = kuormatraktorin max. pintapaine ≤ 40 kPa
- 3 = kuormatraktorin max. pintapaine ≤ 30 kPa

<sup>\*)</sup> Suuntaa-antava keskimääräinen maastokuljetusmatka turvemaalla: pieni < 100 m, kohtalainen 100–200 m ja suuri > 200 m.

<sup>\*\*)</sup> Edellytetään, että hakkuutähteet hakataan ajouralle ja pienialaiset ja ajoverkoston kriittiset kohdat vahvistetaan hakkuutähteillä tai muulla tavalla.

KUVA 2. Turvemaiden kantavuusluokitus. (Högnäs ym. 2011).

### 1.3 Maaperän vahvistaminen

Maaperän mekaanisella vahvistamisella tarkoitetaan jonkin maaperän kantavuutta lisäävän elementin tai materiaalin käyttämistä ajouralla metsäkoneen renkaiden alla, jolloin ajoneuvon liikkumiskyky paranee ja maaperän vaurioituminen vähenee. Näiden menetelmien teho maaperävaurioiden vähentämisessä perustuu renkaan synnyttämien maan pintaa kuormittavien voimien jakautumisesta suuremmalle alalle eli koneen kosketusalan kasvamiseen ja vastaavasti kosketuspaineen eli pintapaineen pienenemiseen (Lassila 2002). Käytännön puunkorjuussa on tavallista, että hakkuukone käsittelee rungot ajouran päällä, jolloin karsiutuneet oksat ja katkaistu puun latva kasaantuvat ajouralle. Hannelius ja Lilland (1970) totesivat hakkuutähteen antavan kantavilla mailla varsin hyvän suojan ensimmäisten ajokertojen aikana, mutta totesivat samalla suojavaikutuksen vähenneen huomattavasti jo neljännellä kerralla. Heikosti kantavilla mailla ei paksukaan havukerros antanut heidän mukaansa suojaavaa vaikutusta. Perinteinen ajou-

ran mekaaninen vahvistamisen keino on ollut hakkuutähteen ja puutavaran käyttäminen maaperän vahvikkeena. Friesin (1974) mukaan ajourapainumien syvyys pienenee havutuksella puoleen havuttamattomaan verrattuna. Dale ja Aamodt (1994) havaitsivat kokeissaan, että kantavalla maalla hakkuutähteen vaikutus ajourapainumaan ja maaperän tiivistymiseen oli suhteellisen vähäistä, kun taas heikosti kantavalla maalla ajourapainuma pieneni 75 %:lla ja maaperän tiivistyminen väheni 54 %:lla havuttamattomaan kohtaan verrattuna. Lindemanin (2010) tutkimusten mukaan lähikuljetuksen keruu-uran raiteen muodostumista selittävät parhaiten hakkuutähteen määrä, turpeen paksuus, kuormatraktorin pintapaine, kuormatraktorin massa, pohjaveden pinnan syvyys, hakkuukertymä sataa metriä kohden sekä keruu-uran määrä kohteella. Kokoajauran raiteen muodostumista selittävät parhaiten hakkuutähteen määrä, hakkuukertymä sataa metriä kohden, pohjaveden pinnan keskiyvyys, kokonaispuusto ja hakkuuta edeltäneen neljän viikon sadekertymä. Varastouran raiteen muodostumista selittävät parhaiten hakkuutähteen määrä, hakkuukoneen kokonaisuudessa ja uran määrä leimikolla (Lindeman 2010).

Suollakin vakavia kantavuusongelmia esiintyy usein vain pienellä osalla ajouria esimerkiksi vetisyyden tai ajouran kovan kuormituksen takia. Suometsissä näillä kohteilla on usein vähäinen puusto ja sen myötä pieni kertymä. Joskus kriittinen alue voi olla hyvinkin lyhyt (notko, ojan tai puron ylityspaikka, varastolle johtava ura tms.). Jos kantavuus on erityisen heikko tai uran kuormitus hyvin suuri etukäteen paikallistettavissa olevissa ajouraverkon kohdissa, voidaan ajoalustaa erityisesti vahvistaa. Käytännön ajoalustan vahvistustoimenpiteitä ovat havutus, kuitupuutelan rakentaminen, siirrettävien ajosiltojen tai kevytsillan käyttö.

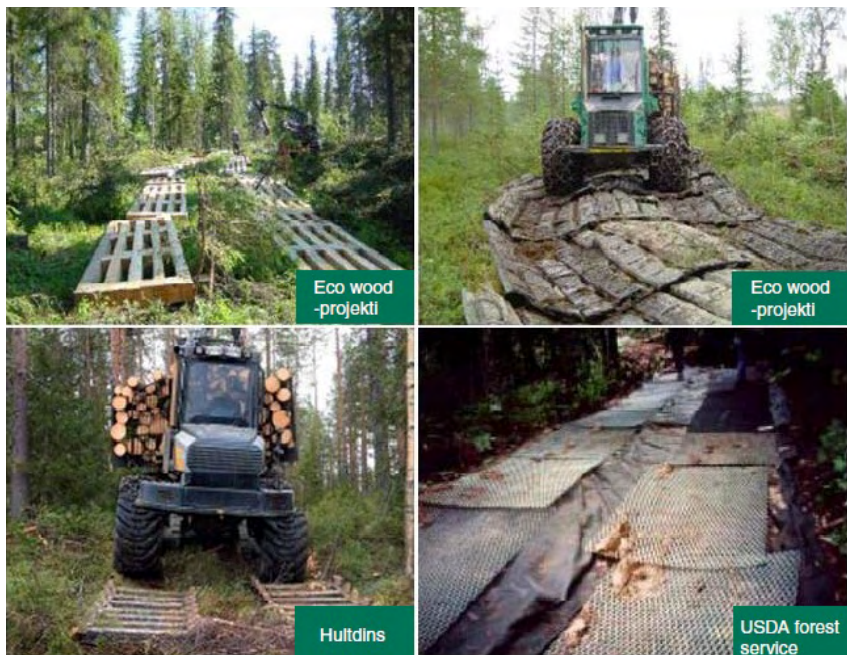
Pohjoisamerikkalaisissa tutkimuksissa on havaittu, että raiteistuminen oli vähäisempää käytettäessä mekaanisia vahvistusmenetelmiä, kuten puulevyjä, metalliverkkoja, PVC-putkia tai rengasmattoja. Thorin (2000) kokemukset pitkospuiden toimivuudesta maaperävaurioiden vähentämisessä olivat positiivisia: Heikosti kantavalla suolla pitkospuita käytettäessä ajourapainumat jäivät pienemmiksi, kun taas ilman pitkospuita ajourapainuman syvyydeksi tuli noin 70 cm. Useilla kohteilla ei maassa havaittu merkittäviä kasvillisuusvaurioita pitkospuiden käytön jälkeen (Lassila 2002).

Ruotsissa on tarjolla useita maastovaurioiden vähentämiseksi tarkoitettuja lavamalleja (Thor 2000). Koneyrittäjä Alf Anderssonin kehittämässä ”Markskonaren Alf” mallissa käytetään 4,7 metriä pitkiä ja 0,75 metriä leveitä puulavoja. Koneketjulle riittää yleensä 4–6 lavaparia. Hultdin System AB on tuonut markkinoille teräksestä valmistetun vastaavanlaisen ratkaisun (Hultdins Terrängbro, 2007). USDA Forest Servicen ”Temporary stream and wetland crossing options for forest management” -julkaisussa (Blinn ym. 1998) on kuvattu joukko puoli- tai kokonaan siirrettäviä puu-

kumi-, muovi- ja metallialustoja (Airavaara ym. 2008). Kuvassa 5 ajouran vahvistamista Latviassa, rumpuputket on suojattu havutuksella. Kuvassa 6 erityyppisiä siirrettäviä vahvistamisratkaisuja, joita on testattu Ruotsissa ja Yhdysvalloissa.



KUVA 3. Ajouran vahvistamista Latviassa (Balodis 2012).



KUVA 4. Siirrettäviä ajouran vahvistamisratkaisuja (Airavaara ym. 2008).

Lisäksi Metsäteho Oy:n toimeksiannosta VTT on rakentanut Metsäkoneen pohjapaineen ja uranmuodostuksen laskentamallin. Mallilla voidaan laskea erityyppisten pyörälustaisten hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden pintapaineita ja lisäksi se toimii analyttisenä apuvälineenä metsäkoneen aiheuttaman uranmuodostuksen ennustamiseen (Törnqvist ym.2010.).

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimushypoteesit

Tällä tutkimuksella selvitettiin maaperän vahvistusratkaisujen, joita olivat ajosillat, kumimatot ja pitkospuumatot, käyttökelpoisuutta, kustannuksia ja käytön organisointia huonosti kantavilla mailla ja teillä. Kumimattoja tutkittiin ajouran vahvistamisessa sekä talvitie pohjan vahvistamisessa. Ajosilloja ja pitkospuumattoja tutkittiin maaperän vahvistamisessa ajouralla. Tutkimusaineiston muodostivat vuosina 2008–2010 tehtyjen vahvistusratkaisujen testaukset. Tutkimuksella selvitettiin neljän erityyppisen vahvistusratkaisun käyttökelpoisuus, -kustannukset sekä toimintamallit kesäaikaisessa puunkorjuussa ja -kuljetuksessa. Aikatutkimuksen avulla selvitettiin vahvistusratkaisuiden käytön kustannukset. Tutkimuksen kaikki osiot on videokuvattu ja aikatutkimus tehtiin videolta.

#### **H<sub>1</sub>**

Ajosillat mahdollistavat kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantavat korjuujälkeä.

#### **H<sub>2</sub>**

Pitkospuumatto I mahdollistaa kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantaa korjuujälkeä.

#### **H<sub>3</sub>**

Pitkospuumatto II mahdollistaa kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantaa korjuujälkeä.

#### **H<sub>4</sub>**

Kumimatot mahdollistavat kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantavat korjuujälkeä.

#### **H<sub>5</sub>**

Kumimatot mahdollistavat puutavaran kaukokuljetuksen talvitie pohjilla sekä heikosti kantavilla metsäteillä kesäaikaisessa puunkuljetuksessa.



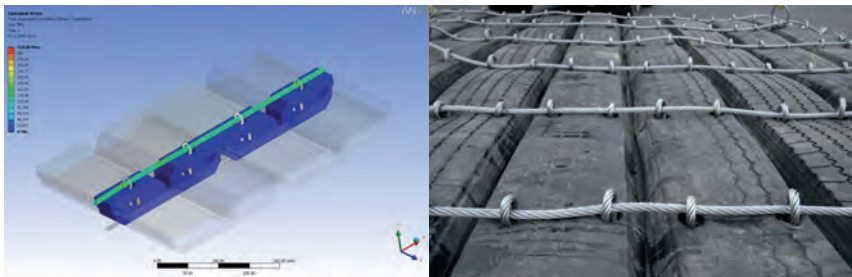
## 2.2 Vahvistamiskaisujen tutkimusmenetelmät

Tutkitut ajosillat olivat kooltaan 4 metriä pitkiä, 1 metrin leveitä ja 12,5 cm paksuja (eli 5 tuumaa paksua lankkua). Ne oli pultattu yhteen kolmesta kohtaa läpiporatulla terästangolla. Testattavat ajosillat oli valmistettu kontortamännystä. Niiden taivutuslujuus testattiin ja ajosilta kesti noin 140 kN paineen ennen katkeamista (Mikpolis 2009). Kuvassa 9 testattu puinen ajosilta.

Fortecta-suojamatto oli valmistettu kierrätetyistä kuorma-autonrenkaista. Testissä käytettiin standardisuojaamattoa, jonka koko oli noin 3 x 5 m ja paino oli noin 1000 kg/kpl.. Suojamatossa sidontatekniikka perustuu kahden vaijerin käyttöön yhdessä sidoksessa: Ensimmäinen vaijeri sitoo renkaan kulutuspinna tiiviisti yhteen. Toinen, suora vaijeri pujotetaan läpi ensimmäisen muodostamasta silmukkarakenteesta, kuten kuvasta 10 voidaan todeta (Fortecta 2009).



KUVA 5. Testatut ajosillat.(Kuva: Pekka-Jussi Jääskeläinen)



KUVA 6. Testattu Fortecta-kumimatto. (Kuva: Kati Kontinen)

Testattu pitkospuumatto I oli valmistettu sahatusta ja höylätystä männystä (kuva 11). Pitkospuiden mitat olivat: pituus 11 m, leveys 110 cm, paksuus 10 cm, pitkospuulapun leveys 15 cm ja paino 500 kg/kpl. Laput oli kiinnitetty toisiinsa teräsvaijerilla.





KUVA 7. Testattu pikospuumatto 1. (Kuva: Kati Kontinen)

Toinen tutkittu pikospuumatto oli valmistettu vierekkäin oleviin pyöreään puutavaraan, jotka ovat kiinnitetty toisiinsa teräsvaijerilla (kuva 12). Testeihin valmistettiin kolmella tavalla sidottua mattoparia. Ensimmäinen pari oli sidottu päältä ja sivuilta toisiinsa, toinen pari sivuilta sidottuina ja puutavarasta läpiporattuna ja kolmannet parit sivuilta sidottuina. Kuvassa 12 sidontatapana oli päältä ja sivuilta sidottuina. Matot ovat valmistettu kuusesta ja mitat olivat: leveys 120 cm, pituus 800 cm, paksuus n. 23 cm ja paino n. 1000 kg/kpl.



KUVA 8. Testattu pikospuumatto 2. (Kuva: Olli Suorsa)

Testikoneena toimi 8-pyöräinen Valmet 838 –kuormatraktori, jonka tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1.

## TAULUKKO 1. Vahvistamisratkaisujen testeissä käytetyn kuormatraktorin tekniset tiedot.

Tyhjäpaino	11400 kg
Akselipaino edessä	6900 kg
Akselipaino takana	4500 kg
Kuormatilan kantavuus	10000 kg
Renkaat edessä ja takana	600x26,5/16
Voimansiirto	Hydrodynaamismekaaninen.Clark-momentinmuunnin ja Powershift-vaihteisto. Jakovaihteisto, jossa 2 nopeus-alueita.
Moottorin teho	86 kW
Vääntömomentti	42 kpm (410 Nm)

Varusteina edessä oli Marttiiniharvennustelat, jotka on suunniteltu erityisesti turvema- ja harvennusolosuhteisiin, telakenkäleveys 90 mm (Marttiini Metal Technics Oy). Takana puolestaan oli ECO- Magnum telat, telakenkäleveys 150 mm, jotka ovat erittäin pehmeiden ja helposti vaurioituvien maiden sekä harvennusten telamalli (Metsätyö Oy). Koneen kokonaispaino kuormattuna oli 22 000 kg ja tyhjänä teloinen 16 000 kg. Kuormakoko oli 6 tonnia. Kuljettajana kaikissa testeissä oli sama henkilö, jolla on 30-vuoden kokemus kuormatraktorilla työskentelystä. Kokeelliset aineistot on kerätty Mikkelin ammattikorkeakoulun metsätalouden laitoksen opetusmetsässä Pieksämäen Nikkarilassa vuosina 2008–2010.

### 2.3 Ajosiltojen tutkimusmenetelmä

Ajosiltojen käsittelystä kuvattiin kolme työvaihetta: siltojen kuormaus varastolla kuormatraktorin kyytiin, siltojen asettelu ojalle ja siltojen purkuvaihe ojalta. Vertailumenetelmästä, jona käytettiin kuitupuulla täytettyä ojaa, kuvattiin ojalla tapahtuvat puiden asettelu- ja purkamisvaiheet. Itse kuormantekovaihetta ei kuvattu, koska koneen kuormatilassa oli tarvittavat puut jo koneen tullessa ojalle. Testiajoja varten rajattiin maaston kolme koalaa oheisen kartan mukaisesti (kuva 13).

Ensimmäinen koala sijoitettiin kangasmaalle, koska tiedossa ei ollut, kuinka ajosillat käytännössä toimivat. Koala sijoitettiin maastoon niin, että koalan läpi kulki suurikokoinen laskuoja. Ajosillat aseteltiin laskuojan päälle ja ensimmäiseksi ajettiin ajosilloista yli tyhjällä koneella. Seuraavaksi ylitettiin ajosillat kuorman kanssa. Kuormaksi lastattiin 12,9 kiintokuutiometriä kuivaa kontortamäntyä; kuorma painoi 6 tonnia Tällä kuormalla ajosilloista ajettiin yli viisi kertaa edestakaisin.

Toinen koala rajattiin ojittamattoman rämeen reunalle niskaojan molemmin puolin. Koala sijaitsi varputurvekankaalla. Turpeen paksuus koalalla

oli keskimäärin 125 senttimetriä, puustoa oli noin 50 m<sup>3</sup>/ha, näin ollen turvemaan kantavuusluokituksen mukaisesti kantavuusluokka on 3 (Kantavuusluokka 3 = kuormatraktorin max. pinta-paine ≤ 30 kPa) (Högnäs ym. 2009).



KUVA 9. Kartta testialueesta.

Kokeet aloitettiin pehmeikön ylityksellä. Ajosiltojen asettelu aloitettiin suorassa linjassa ja ajosilloista muodostettiin 18 metriä pitkä kokonaisuus, jota ajettiin edestakaisin 10 kertaa samalla testikuormalla kuin aikaisemmissa kokeissa. Tällä koealalla ajosilloja kokeiltiin myös ojan ylityksessä. Vertailukohteenä oli ns. perinteinen toimintamalli eli kuitupuulla täytetty oja. Ajokertojen määrä jouduttiin rajoittamaan ojan ylityksissä 24 yhteen edestakaiseen ajokertaan maaperän kantavuuden voimakkaan heikentymisen takia. Kantavuus ei muodostunut ongelmaksi ajosillan kohdalla, vaan useita metrejä ennen ja jälkeen ajosillan.

Kolmas koeala perustettiin puolukkaturvekankaalle. Koealueena oli vartunut kasvatusmännikkö (kehitysluokka 03), jossa lähtöpuuston määrä oli noin 250–270 m<sup>3</sup>/ha, ojituksen aikaan noin 20 vuotta. Ojat toimivat ja turpeen paksuus oli noin metri. Kantavuusluokitukseksi määritettiin 1 (Högnäs ym. 2011). Koealalle merkittiin kaksi verrokkiajouraa

vierekkäin noin 20 metrin päähän toisistaan. Ajourat avattiin tarkoituksella vasten sarkaojien suuntaa, näin kummallakin uralla jouduttiin ajamaan neljän ojan yli. Toisella näistä urista käytettiin ojien ylityksissä ajosiltoja, toisen uran ojat täytettiin kuitupuulla. Ajosillat ja kuitupuut aseteltiin ojiin koneella etuperin ajamalla ja konetta linkuttamalla. Purku tapahtui ajosiltojen kohdalla koneen kuormatilan yli ja kuitupuiden kohdalla koneen keskinivelen välistä.

## 2.4 Kumimattojen ja pitkospuiden tutkimusmenetelmät

Ajouran vahvistamisessa testattiin sekä kumimattoja että pitkospuita. Testauskohteeksi valittiin turvemaakohde, jonka kasvupaikka oli tyypiltään varputurvekangas. Kuvassa 14 kartta testialueesta. Alueella oli varttunut kasvatusmetsikkö (kehitysluokka 03), jonka ikä oli 60 vuotta ja puuston tilavuus 112 m<sup>3</sup>/ha. Puusto on männikköä. Alue oli ojitettu noin 40 vuotta sitten ja ojien kunto oli huono. Turpeen syvyys operoidulla alueella oli yli 1 m eli kyseessä on paksuturpeinen alue. Turvemaiden kantavuusluokituksen (Högnäs ym. 2011) mukaan kantavuusluokka on 3 kohteella (Kantavuusluokka 3 = kuormatraktorin max. pinta-paine ≤ 30 kPa.) Testejä edeltävänä aikana oli kuitenkin erittäin kuiva kausi, jolloin luokitus voitiin nostaa yhdellä tasolla luokkaan 2. Ajouria hakattiin kaksi. Kumimattoja testattiin eri urilla kuin pitkospuita ja verrokkiurana toimi vahvistamaton osa ajourasta. Kuormatraktoriin kuormattiin puutavaraa 12,9 m<sup>3</sup>, jonka paino oli 10 280 kg. Hakkuutähde oli hakattu ajouralle.



KUVA 10. Kartta testialueesta.



Kumimatoilla vahvistettiin uraa yhteensä 78 m, verrokkiura eli vahvistamaton ura oli 35 m. Pitkospuita I-versiota oli käytössä yhdet kappaleet, eli vahvistetun uran pituus oli 11 m. Vas-taavasti tässä testissä vahvistamattoman uran pituus oli 20 metriä. Toisen pitkospuumatto testeissä vahvistettavalla ajouralla oli kolmet pitkospuumattoparit peräkkäin, joten niiden yhteispituudeksi tuli yhteensä 24 metriä. Verrokkiura oli tässä tapauksessa 35 m.

Ajourien painumamittaukset tehtiin yksinkertaisella menetelmällä mittanauhalla ja riman avulla. Verrokkiurille suoritettiin mittaukset kahdesta kohtaa. Ensimmäinen kohta oli metri vahvistamisratkaisun päästä ja toinen kohta 10 metrin päässä. Vahvistetun uran mittaukset suoritettiin jokaisen ajokerran jälkeen vahvistamisratkaisun keskikohdalta.

Kumimattojen käyttö talvitiepohjan vahvistamisessa selvitettiin kumimattojen käytön kustannukset. Testauskohteena oli juuri valmistunut suora talvitiepohja, joka oli rakennettu turve-maalle ja jolla ei oltu liikennöity ollenkaan. Testaukset videoitiin ja jonka perusteella mattojen aikatu- kimus suoritettiin.

Mattoja levitettiin 8 pitkittäin ja 2 poikittain, yhteensä 46 m. Vahvistamaton ura oli 50 m. Koeajoneuvona oli puutavara-auto Sisu 380E (kuva 15). Kumimatoilla ajettaessa ajonopeus täytyi pitää hyvin alhaisena, 5-10 km/h. Vetoauto lastattuna tuoreella puutavaralla painoi 27 tonnia.

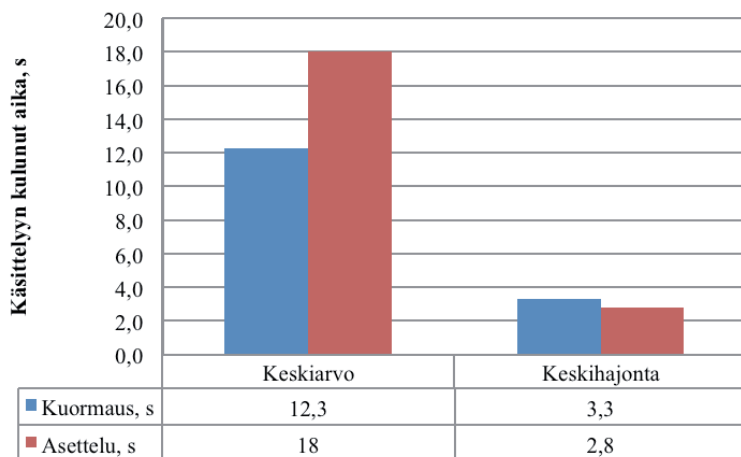


KUVA 11. Puutavara-auto kumimattojen päällä. (Kuva: Kati Kontinen)

## 3 TULOKSET

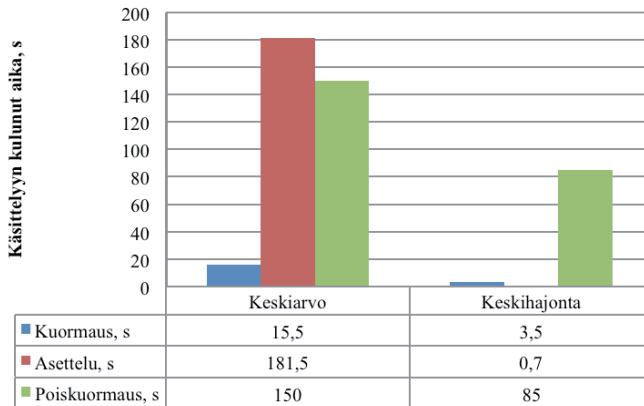
### 3.1 Ajankäyttö ajouran vahvistamiskäytöksissä

Kuvassa 16 on esitetty ajosiltojen käsittelyyn mennyt aika. Keskiarvo ajosiltojen kuormauksesta kuormatraktorin kyytiin oli 12 sekuntia ja keskiarvo siltojen asettelusta ojan päälle oli 18 sekuntia. Kuormauksen keskihajonta on 3,3 ja asettelun 2,8. Luottamusväli ajosiltojen käsittelyyn keskiarvolle on 9,8 s-18,5 s, keskivirheen ollessa 1,68.



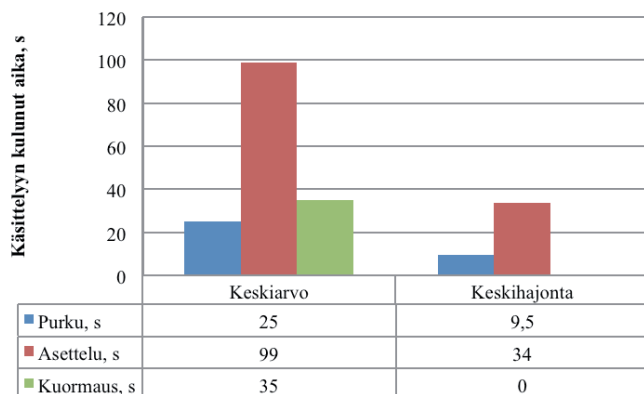
KUVA 12. Ajosiltojen käsittelyyn kulunut aika kappaletta kohden. n=6

Kuvassa 17 on esitetty pitkospuumatto I käsittelyyn mennyt aika. Keskiarvo pitkospuumattojen kuormauksesta kuormatraktorin kyytiin on 15,5 sekuntia. Keskiarvo pitkospuumaton asettelussa ajouralle oli 181,5 sekuntia ja keskiarvo ajouralta takaisin kuormatraktorin kyytiin kuormattuna oli 150 sekuntia. Kuormauksen keskihajonta oli 3,5, asettelun 0,7 ja poiskuormauksen 85. Luottamusväli on 23,8 s- 207,5 s, keskivirheen ollessa 35,7.



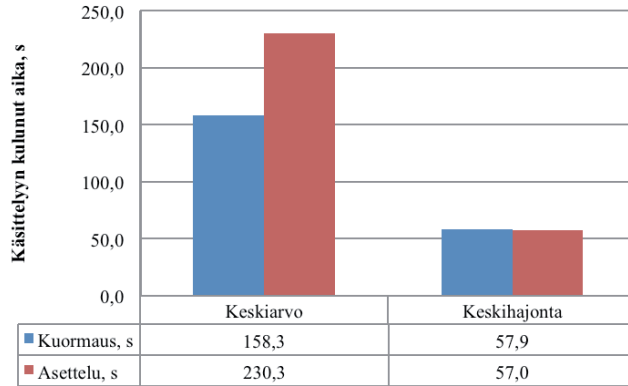
KUVA 13. Pitkospuumattojen (I) käsittelyyn kulunut aika kappaletta kohden. n=6

Kuvassa 18 on esitetty kumimaton käsittelyyn mennyt aika. Keskiarvo kumimattojen kuormauksesta kuormatraktorin kyytiin oli 25 sekuntia, keskiarvo kumimaton asetteluun ajouralle oli 99 sekuntia ja keskiarvo ajouralta takaisin kuormatraktorin kyytiin kuormattuna oli 35 sekuntia. Purun keskihajonta oli 9,5, asettelun 34 ja kuormauksen 0. Luottamusväli kumimattojen käsittelyn keskiarvosta on 20,9 s- 89,5 s, keskivirheen ollessa 14,5.



KUVA 14. Kumimattojen käsittelyyn kulunut aika. n=8

Kuvassa 19 on esitetty pitkospuumatto II:n käsittelyyn mennyt aika. Keskiarvo-aika pitkospuumattojen kuormauksesta kuormatraktorin kyytiin oli 158 sekuntia ja ajouralle asettelun keskiarvo oli 230 sekuntia. Kuormauksen keskihajonta oli 57,9 ja asettelun 57. Luottamusväli pitkospuumattojen II käsittelyn keskiarvosta on 135-229,6 s, keskivirheen ollessa 20,5.



KUVA 15. Pitkospuumattojen (II) käsittelyyn kulunut aika per kappale. n=9

Taulukossa 2 esitetään ajanmenekki vahvistamisratkaisun käsittelystä kappaleittain. Ajanmenekki koostuu vahvistamisratkaisun kuormauksesta koneeseen, asettelusta ajouralle ja ajouralta koneen kyytiin kuormaamiseen sekä koneesta varastopaikalle purkuun.

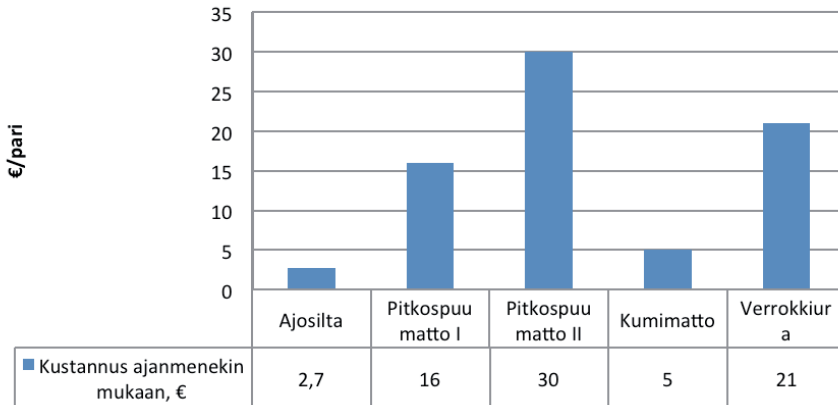
## TAULUKKO 2. Yhteenveto vahvistamisratkaisujen ajankäytöstä/kappale.

Vahvistamisratkaisu	Kuormaus koneeseen/kpl varastopaikalla	Asettelu paikalleen/kpl metsässä	Kuormaus koneeseen/kpl metsässä	Purku varastopaikalle/kpl	Yhteensä
Ajosilta	12 s	18 s	12 s	12 s	54 s
Pitkospuumatto I	15 s	3 min 1 s	2 min 30 s	15 s	6 min 1 s
Pitkospuumatto II	2 min 38 s	3 min 47 s	2 min 38 s	2 min 38 s	11 min 41 s
Kumimatto	35 s	2 min 10 s	53 s	35 s	4 min 13 s

Kuvassa 20 esitetään vahvistamisratkaisun käsittelystä aiheutuva kustannus vahvistamispareittain eli ajosillalla ja pitkospuumatoilla siltapari ja kumimatoilla yksi kappale. Ajanmenekki koostuu vahvistamisratkaisun kuormauksesta koneeseen, asettelusta ajouralle ja ajouralta koneen kyytiin kuormaamiseen ja koneesta varastopaikalle purkuun.



## Kustannus ajanmenekin mukaan, €



KUVA 16. Kustannus vahvistamisratkaisujen käytöstä/vahvistamispari. Tuntihintana käytettiin 80 €/h (ALV 0%) (Jaakkola 2013).

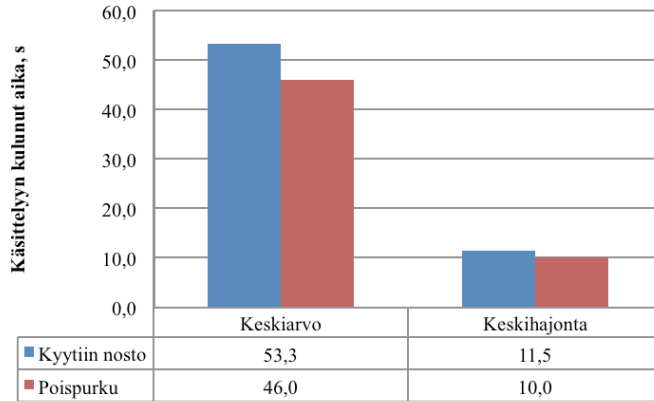
### TAULUKKO 3. Keskiarvot käsittelyyn kuluneesta ajasta yhden kappaleen osalta.

Vahvistamisratkaisu	Keskiarvo, s	Otoksen lukumäärä, kpl	Keskihajonta, s
Ajosilta	14,2	6	4,1
Kumimatto ajouralla	55,3	8	41,0
Kumimatto metsätiellä	49,6	8	10,7
Pitkospuumatto 1	135,2	5	81,9
Pitkospuumatto 2	182,3	9	61,5
Kuitupuulla täyttö verrokkiura	123 s	6	5,2

## 3.2 Ajankäyttö vahvistamisratkaisun käytöstä talvitie pohjalla

Kuvassa 21 on esitetty kumimaton käsittelyyn talvitie pohjan vahvistamisessa mennyt aika. Keskiarvo kumimattojen asetteluun talvitie pohjalle oli 53 sekuntia ja keskiarvo takaisinkuormauksesta puutavara-auton kyytiin

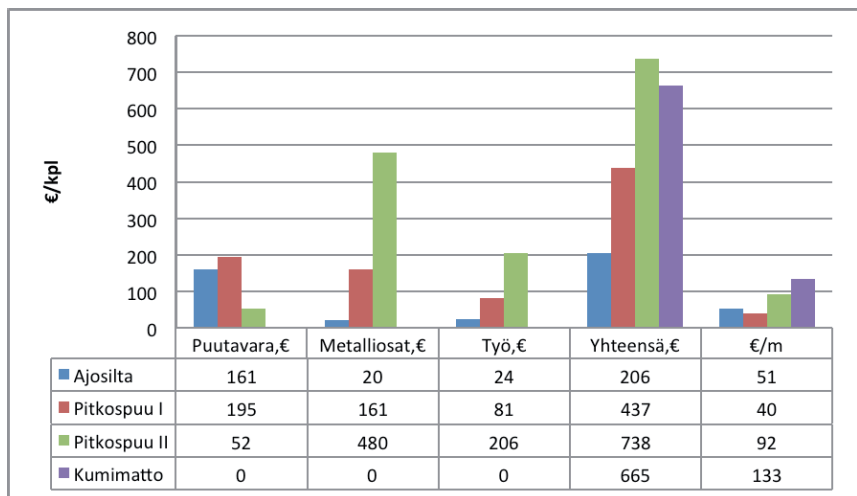
on 46 sekuntia. Keskihajonta kyytiin nostossa on 11,5 ja poispurussa 10. Luottamusväli kumimattojen käsittelyyn menneestä ajasta on 40,7- 58,6 s, keskvirheen ollessa 3,78.



KUVA 17. Kumimattojen käsittelyyn kulunut aika yhden maton osalta. n=8

### 3.3 Valmistuskustannusten vertailu

Eri vahvistamisratkaisujen valmistuskustannukset on luetteloituna alla olevaan kuvaan 22. Hinta on laskettu puutavaran menekin, metalliosien menekin ja työajan menekin avulla yhdelle kappaleelle.



KUVA 18. Materiaali- ja valmistuskustannukset yhden kappaleen osalta. (Hinnat sis. alv 0 %)

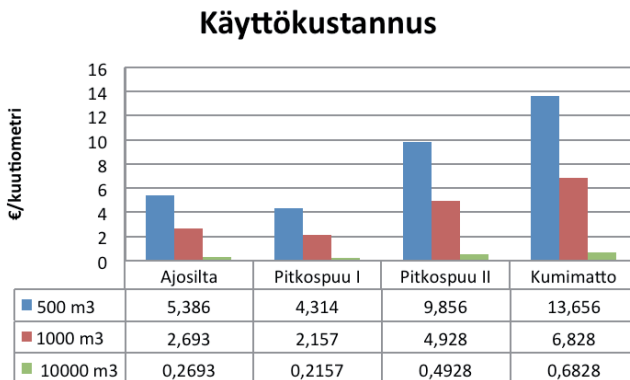
Taulukossa 4 on laskettu ajanmenekin mukaan kustannukset eri vahvistamisratkaisujen käytöstä, kun vahvistetaan maaperää 50 m:n matkalta. Kustannuksissa käytetään tuntihintana 80 €/h (ALV 0%) (Jaakkola 2013).

**TAULUKKO 4. Kustannukset vahvistettaessa käytetyn ajan mukaan 50 metrin matka.**

	Ajosilta (12 kpl pareja) metsään	Pitkospuumat- topari I metsään (5 kpl pareja)	Kumimatto- pari metsään (10 kpl pareja)	Pitkospuumat- pari II metsään (6 kpl pareja)	Kumimattopari tielle (10 kpl)
Tuonti työmaalle	80 €	80 €	80 €	80 €	80 €
Purku lavetista	6,48 €	3,45 €	11,10 €	42,24 €	11,10 €
Lastaus kuorma- traktoriin ja kuorma- traktorista käytön jälkeen pois	13,08 €	36,80 €	31,10 €	84,42 €	
Kuljetus metsään ja pois (200 m ajomatka)	6,00 €	6,00 €	6,00 €	6,00 €	
Asennus paikalleen	9,60 €	40,35 €	44,00 €	61,44 €	
Purku varasto- paikalle tai lavettiin/ puutavara- autoon	6,48 €	3,45 €	11,10 €	42,24 €	44,00 €
<b>Yhteensä</b>	<b>122 €</b>	<b>170 €</b>	<b>183 €</b>	<b>316 €</b>	<b>135 €</b>

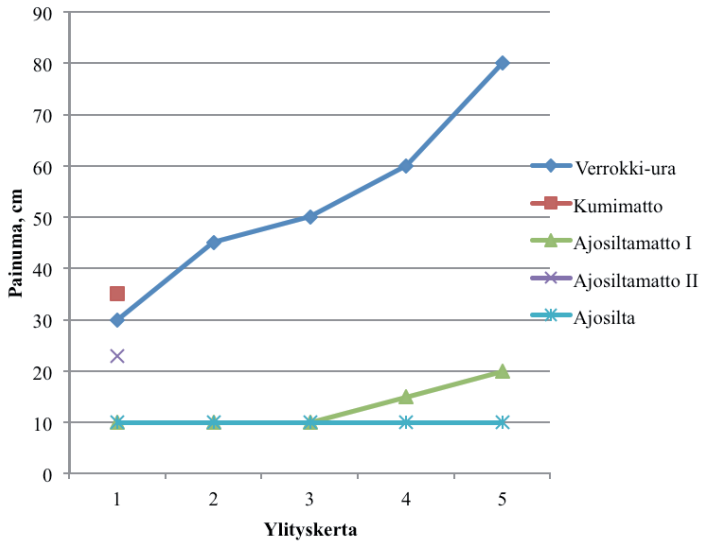
Taulukossa 5 esitetään eri vahvistamisratkaisujen käyttö- ja hankintakustannukset vahvistettaessa 50 metrin matka.

**TAULUKKO 5. Vahvistamisratkaisujen käyttökustannukset kuutiometriä kohti.**



### 3.4 Ajourapainumamittaukset

Kuvassa 23 on esitetty mitatut ajourapainumat eri vahvistamisratkaisuilla. Verrokki-uralla tarkoitetaan uraa, jota ei ole vahvistettu lainkaan. Viidennellä ajokerralla kuormatraktori on juuttunut kiinni verrokkiuralla (n=5). Kumimatolla (n=1) ja ajosiltamatolla II (n=1) ajoryitys päättyy ensimmäiseen kertaan ongelmien vuoksi. Ajosilloilla (n=5) ja ajosiltamatolla I (n=5) ylityskertoja on viisi.



KUVA 19. Ajourapainumat eri vahvistamisratkaisuilla ylityskertojen mukaan.

## 4 TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

### 4.1 Tulosten luotettavuus

Tehtyjen tutkimusten pohjalta pystytään kertomaan käyttökokemukset, soveltuvuus ja kustannukset. Menetelmän valinnassa huomioitiin se, että vahvistamisratkaisujen käytön toimivuudesta ei ole aikaisempia tutkimustuloksia.

Tässä tutkimuksessa on kiinnitettävä huomiota erityisesti tulosten luotettavuuteen ja yleistettävyyteen. Tutkimuksen validiteetti on puutteellinen, koska tutkimuksessa tehdyt mittaukset ja havaintojen määrät ovat vähäisiä. Tutkimuksen reliabiliteettiin vaikuttaa sääolot ja niiden muuttuminen testausajankohdan mukaan. Keskivirheen avulla todennettua otantavirhettä tarkasteltuna tuloksia voidaan kuitenkin ajosiltojen sekä pitkospuumatto I osalta pitää luotettavina. Tuloksien luotettavuutta ja yleistettävyyttä tarkastellaan myös luottamusvälien avulla. Tulosten yleistettävyydessä täytyy kiinnittää huomiota havaintojen määrään. Tässä tutkimuksessa pääpaino oli selvittää vahvistamisratkaisujen toimivuus maaperän vahvistamisessa. Tästä seuraa se, että joillakin vahvistamisratkaisuilla (esim. kumimatto ajouralla) ei ole saatu kerättyä ajouran painumisesta suurta aineistoa, koska ratkaisu ei ole ollut toimiva. Toisaalta tämäkin on tutkimustulos ja tärkeä sellainen. Aineiston vähäisyyden takia tutkimuksessa ei ole voitu tehdä tarkempaa tilastollista tarkastelua, koska se ei olisi ollut luotettavaa.

Tulosten yleistettävyyden kannalta kannattaisi tehdä samanlaisia testauksia erilaisilla kohteilla, joilla turpeen paksuus ja puuston määrä olisivat erilaisia kuin näissä testeissä. Myös erilaisella konekalustolla tehtävät testaukset lisäisivät vahvistamisratkaisujen tutkimustulosten yleistettävyyttä.

Ajouran vahvistamisratkaisut testattiin samalla turvemaakuviolla. Kohteella on voinut olla satunnaisvaihtelua turpeen paksuudessa ja puustossa. Testausajankohdat ovat jakautuneet kolmelle vuodelle, joten sääolosuhteet, joista erityisesti sateisuus ja haihdunta ovat voineet vaikuttaa testituloksiin. Testeissä on ollut sama kuormatraktori varusteinen ja koneenkuljettajana on toiminut sama henkilö.

## 4.2 Ajosillat

Ajosiltojen käsittelyyn kuluneen ajan suhteen tulokset ovat hyvät. Ajosillat olivat nopeimpia käsitellä tässä tutkimuksessa testatuista vahvistamisratkaisuisista, kustannus ajosiltaparin käsittelystä jäi alle 3€:n. Kesquivirheen ollessa 1,68 käsittelyyn kuluneesta ajasta, voidaan todeta tulos luotettavaksi. Myös ajourapainuman suhteen ajosillat olivat tämän tutkimuksen kärkeä. Ajourapainumamittauksissa painumaa ei käytännöllisesti katsottuna muodostunut ollenkaan silloin, kun vahvistamisratkaisuna käytettiin ajosiltoja. Materiaali- ja valmistuskustannuksiltaan ajosillat ovat toiseksi halvimmat (51 €/m) ja vahvistettaessa 50 metrin matka, ajosiltojen käsittelyyn kuluneen ajankäytön kustannukset pienimmät (122 €).

Ajosiltojen käytössä korostuu lohkottainen korjuutekniikka. Puut ajetaan lohko kerrallaan tienvarteen, ja kun lohko on saatu ajettua tyhjäksi, siirretään sillat seuraavalle lohkolle. Ajosiltoja käyttämällä on mahdollista suunnitella ajourat täysin päinvastoin kuin normaalitilanteessa ojitusalueella toimittaisiin, eli ajourat voidaan sijoitella sarkaojien suunnan vastaisesti.

Ajosiltojen kuormaus ja kuljettaminen eivät vaadi kuormatraktorilta erikoisvarusteita, vaan ajosiltojen käsittely onnistuu helposti peruskoneella. Testeissä käytetyn koneen kuormatilaan mahtui helposti viisi paria ajosiltoja eli 10 kpl. Ajosiltojen asettelu ojien ylitäksi onnistuu kahdella tapaa. Kuormatraktorilla voidaan ajaa ajouralla etuperin, jolloin ojalle saavuttaessa konetta linkutetaan hieman. Tällöin kuormaimella työskennellään etuviistoon koneen kulkusuuntaan nähden. Toinen vaihtoehto on liikkua takaperin ja asettaa sillat ojalle kuormatilan ylitse. Tämä jälkimmäinen tekniikka ei vaadi uralta suurempaa leveyttä, kun kone voidaan pitää suorassa linjassa. Tosin takaperin edessä näkyvyys häviää olemattomiin suuremman siltakuorman kanssa. Käytännössä juuri tämän takia on useampia siltoja aseteltaessa edettävä etuperin ajourilla. Ajosillat kuljetetaan määränpään puutavara-autolla. Tämä tarkoittaa monen yrittäjän kohdalla, että kyseinen palvelu joudutaan ostamaan paikalliselta kuljetusyrittäjältä. Positiivista ajosiltojen kuljetuksessa on niiden helppo ja nopea kuormaus.

Ajosiltojen pinta vaurioituu teräväkulmaisten telakenkien alla. Haitat ovat ainakin aluksi lähinnä esteettisiä, mutta kulutus melko varmasti lyhen-

tää ajosiltojen käyttöikä. Kulutusta vähensi ajosilloille sulanmaan aikaan kulkeutuva muta, talvisaikaan sama vaikutus oli ajosilloille polkeutuvalla lumella. Toinen testeissä ilmennyt ongelma oli sivuttaispito ajosilloilla liikuttaessa. Tämä ilmiö korostui varsinkin tyhjällä koneella ajettaessa. Sivuttaispitoon liittyneet ongelmat ilmenivät pehmeikön ylityskokeissa, joissa kuormatraktori liikkui useampien pitkittäin asetettujen ajosiltojen päällä. Kuorman kanssa ajaminen rauhoitti osaltaan tilannetta. Nämä ongelmat ratkaistiin päällystämällä yksi pari ajosiltoa 10 millimetrin vahvaisilla kumimatoilla ja valmistamalla niihin harjateräksistä liukuesteet, jotka pultattiin siltaan kiinteästi. Kumimatto estää siltojen kulumisen ja liukuesteet parantavat pitoa sekä pitkittäin että poikittain. Lisävarusteet eivät vaikuta ajosiltojen käsittelyyn, mutta materiaalit lisäävät ajosiltojen tuotantokustannuksia. Kuvassa 25 kumimatolla ja harjateräksellä vahvistettu ajosilta.



KUVA 20. Päällystetty ajosisilta (Kuva Kati Kontinen).

Haasteellista ajosiltojen käytön laajenemisessa on niiden saaminen osaksi normaalia korjuutoimintaa. Ajosiltojen käyttö pohjautuu korjuujäljen parantamiseen ajoalustan vahvistamisen kautta. Pääasialliset käyttökohteet tulevat löytymään turvamailta, joilla maaperän kantavuus muodostuu helposti ongelmaksi. Käyttömahdollisuuksia ovat ojien ylitys, purojen ylitys, pehmeikköjen ylitys, kaarteiden vahvistus ajourilla, kokoojauran vahvistus ja varastopaikan vahvistaminen.

Ajosiltojen positiivinen vaikutus korjuujälkeen perustuu pintapaineen vähenemiseen lähes olemattomiin, kun kuormatraktori liikkuu ajosiltojen

päällä. Laskennallinen pintapaine kuormatraktorin ollessa neljän ajosillan päällä on 12 kPa koneen kokonaismassan ollessa 22 000 kg. Turvemailla puuta korjattaessa ojien ylityksiä pyritään välttämään mahdollisimman paljon, sillä ojien ylitykset ovat kriittisimpiä paikkoja urapainumille ja etenkin ojanpenkat joutuvat kovalle rasitukselle. Ajosiltojen käytöllä sarkaojista päästään kulkemaan ylitse ilman vaurioita, eikä pelkoa ojanpenkkojen liestymisestä ole. Ajosilloilla pystytään ehkäisemään puiden kallistumista kuormatraktoria kohti ja näin ajosiltojen käytöllä vähennetään ajouran varteen syntyviä puusto- ja juuristovaurioita. Tutkimushypoteesi  $H_1$  (Ajosillat mahdollistavat kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla, parantavat korjuujälkeä sekä puunkorjuun kannattavuutta) on näin ollen toteutunut. Ajankäytön tulosten luotettavuus on hyvällä tasolla, joten tuloksia voidaan pitää luotettavina. Ajosillat ovat nopeimmat käyttää ja kustannukset niiden käytöstä jäävät pieniksi. Ajosillat myös ehkäisevät ajouran muodostusta, yliajettu puumäärä ei vaikuta ajourapainuman muodostukseen silloin, kun käytetään ajosilloja. Tällöin voidaan todeta ajosiltojen toimivan maaperän vahvistamisratkaisuna.

### 4.3 Pitkospuumatto I

Pitkospuumaton I käsittelyyn kului huomattavan paljon aikaa. Myöskään pitkospuumaton I käsittelyyn kuluneen ajan suhteen tulokset eivät ole täysin luotettavia. Keskivirhe käsittelyssä on 35,7, keskihajontaluvut kuormauksessa ja asettelussa ovat pienet, mutta poiskuormauksessa hyvin suuri. Tässä tapauksessa tarvitaan lisähavaintoja, että tulokset saadaan luotettavalle tasolle. Lasketut kustannukset käsittelyyn kuluneesta ajasta olivat noin 16 € per pari, erityisesti niiden kerääminen takaisin kuormatraktorin kyytiin aiheutti hankaluuksia ja tätä kautta ajanmenekkiä. Ajourapainumaa ne kuitenkin vähensivät ja tällä perusteella soveltuvat vahvistamisratkaisuiksi. Materiaali- ja valmistuskustannuksiltaan ne ovat halvimmat (40 €/m) ja kustannus vahvistettaessa 50 metrin matka (170 €) on toiseksi pienin testatuista ratkaisuista.

Pitkospuumattojen I versio painoi 500 kg/kpl. Kuormatraktorin nosturin voima riitti hyvin käsittelyyn, tosin levittäminen ajouralle vaati koneen siirtämistä kerran, sillä puomin pituus ei riittänyt oikaisemaan 11 metrin mittaista mattoa. Pitkospuumaton asentoa ajouralla on ajon aikana helppo muuttella ottamalla päässä sijaitsevasta vaijerista kiinni ja vetämällä mattoa haluttuun kohtaan. Pitkospuumattojen käyttökelpoisuutta metsäkoneiden uppoamistilanteista pelastautumisessa testattiin samalla kertaa. Kuormatraktorin ollessa upoksissa, pitkospuumatot vedettiin uraan, kuorma purettiin ja tämän jälkeen nouseminen matoille onnistui. Tutkimushypoteesi  $H_2$  (Pitkospuumatot mahdollistavat kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantavat korjuujälkeä) pitää pitkospuumaton osalta paikkaansa.



Tarvitaan kuitenkin lisätestejä ajankäytön tutkimiseen, jotta tulokset olisivat luotettavat. Pitkospuumatto I materiaali- ja valmistuskustannukset olivat pienimmät.



KUVA 21. Pitkospuumatto I testeissä. (Kuva Kati Kontinen).

#### 4.4 Pitkospuumatto II

Pitkospuumattojen II käsittelyyn kuluneen ajan suhteen olivat tulokset ylivoimaisesti huonoimmat. Käsittelyyn kului eniten aikaa ja siitä aiheutuneet kustannukset olivat suurimmat (30 €/ mattopari). Keskivirhe käsittelyssä on 20,51 ja keskihajontaluvut kuormauksessa 57,9 ja asettelussa 57, joten aineistossa on ollut paljon vaihtelua. Keskivirheen ollessa noinkin suuri voidaan tuloksen olevan vain osittain luotettava. Tarvitaan siis lisää havaintoja, että tulokset saadaan luotettaviksi. Lisäksi vahvistettaessa 50 metrin matka, kustannukset olivat esimerkiksi ajosiltoihin verrattuna jopa kolminkertaiset (316 €). Materiaali- ja valmistuskustannuksiltaan ne olivat tuplasti ajosiltojen kustannuksia kalliimmat (92 €/m).

Pitkospuumattojen II-versiot ovat 8 metriä pitkiä. Pitkospuumatot asetettiin ajouralle siten, että kone ajettiin hieman sivuttain ajouralle ja matot levitettiin kuormaimella hieman etuviistoon koneeseen nähden. Työskentelytekniikka vaatii ajouralta sen, että siinä on riittävästi tilaa, jotta kone saadaan hieman sivuttain ajouralle. Tällaista työskentelytaktiikkaa jouduttiin käyttämään, koska kuormaimen ulottuvuus on rajallinen. Käsittelyssä mattoja joudutaan nostamaan korkealle ja niitä joutuu hieman ”pakkaamaan”,

jotta ne saataisiin hyvin aseteltua kuormatraktorin kyytiin kuljetusta varten. Myös levitystekniikka on hankala mattojen pituudesta ja rakenteesta johtuen. Pitkospuumattojen käsittely vaatii kuljettajalta paljon kokemusta kuormaimen käytöstä eikä niiden käsittely onnistu ensikertalaiselta ongelmitta.

Pitkospuumatot olivat aseteltu testeissä siten, että jotkut matoista olivat ajouralla päällimmäiset teräsvaijerit maata vasten ja joissakin ne olivat yläpuolella. Kun teräsvaijerit olivat yläpuolella, telat tarttuivat vaijeriin ja matot lähtivät rullautumaan kuormatraktorin mukana. Pitkospuumatot saattavat myös rikkoutua jos vaijeri kiinni tartuttuaan repäisee täkkipultin irti pölkystä. Ongelmana oli myös mattojen päähän jätetyt nostolenkit. Nostolenkkivaijerit tarttuivat ajettaessa teloihin ja tämän seurauksena matot lähtivät rullautumaan koneen mukana.

Ongelmana testeissä oli myös kuormatraktorin sivuttaispito mattojen päällä. Puiset matot osoittautuivat erittäin liukkaiksi koneessa olleelle telavarustukselle. Kuormatraktorin telat eivät saaneet juurikaan pitoa puisesta matosta, vaan kuormatraktori pyrki liukumaan sivulle päin. Liukumisen seurauksena kuormatraktori tippui pois mattojen päältä ja renkaiden väliin jäänyt ajosiltamatto lähti pyörimään koneen mukana. Pitkospuumatot kallistelivat myös voimakkaasti ja se edisti myös koneen liukumista sivuttain mattojen päällä.



KUVA 22. Pitkospuumatto II testeissä (Kuva Kati Kontinen).

Suurin ongelma pitkospuumatoissa on niiden huono sivuttaispito; tämän takia matoista saattaa olla enemmän haittaa kuin hyötyä puunkorjuussa. Yksi ratkaisu olisi mattojen päällystäminen kumilla, jolloin niiden pinnasta saataisiin pitävämmät. Esimerkiksi päällimmäiset teräsvaijerit voitaisiin mahdollisesti jättää kokonaan pois ja ne voisi korvata kestäväällä kumimatolla. Mahdollisesti myös pitkospuumattojen päässä olevat lenkit pitäisi jättää pois, koska ongelmana niissä oli niiden tarttuminen kuormatraktorin teloihin. Pitkospuumatot ovat myös erittäin painavia, massa putoaisi huomattavasti, jos ne valmistettaisiin halkaistuista pölkkyistä. Pitkospuumatot ovat pituutensa (8 m) vuoksi hankalimmat käsitellä kuin neljän metrin ajosillat.

Tutkimushypoteesi  $H_3$  (Pitkospuumatot mahdollistavat kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantavat korjuujälkeä) ei pidä pitkospuunmaton osalta paikkaansa. Ajankäytön osalta pitkospuumatto II versiot olivat hyvin hitaita käsitellä ja tämän takia kustannus niiden käsittelystä nousi korkeaksi. Korrelaatiota ajourapainuman ja pitkospuumatolla II vahvistetun ajouran välille ei voitu testata, kone luisui mattojen päältä ja telat sotkeutuivat kiinnitysvaijerihin aiheuttaen isoja ongelmia.

## 4.5 Kumimatot

Kumimattojen käsittelyyn kuluneen ajan suhteen tulokset ovat varsin luotettavia, keskivirhe oli 14,5. Kumimattojen käsittelyyn mennyt aika ja siitä aiheutuva kustannus oli noin 5 €/matto. Vahvistettaessa 50 metrin matka, aiheutuva kustannus nousee suureksi (183 €) sen takia, että niitä tarvittiin eniten. Hankintakustannus oli myös suurin (133 €/m). Ajourapainumamitauksia ei kuitenkaan pystytty tekemään testeissä tapahtuneiden ongelmien takia.

Kumimattojen asettelu ja niillä liikkuminen onnistui aluksi hyvin. Ajokone ajoi hieman poikittain ajouralle ja oikaisi maton etuviistoon eteensä. Ajouraa vahvistettiin noin 35 m ensimmäisellä kuormauksella ja toisessa kuormassa tuotiin paikalle 9 mattoa, eli kuorman painoksi tuli 9 000 kg. Tällöin matot luonnollisestikin muotoutuivat ajouralle painuen renkaiden kohdalta ja nousten keskiosastaan. Ensimmäiset ongelmat ilmenivät, kun mattojen kiinnitysvaijerit tarttuivat telojen hokkeihin ja lähtivät pyörimään telan mukana. Kun ajokoneeseen lastattiin puutavarakuorma ja lähdettiin kulkemaan vahvistettua uraa, korostuivat ongelmat maton painuessa uralla ja noustessa keskiosasta. Kiinnitysvaijerit tarttuivat jatkuvasti telakenkien päihin sekä hokkeihin (kuva 28). Testaukset jouduttiin keskeyttämään näiden ongelmien takia. Tutkimushypoteesi  $H_4$  (Kumimatot mahdollistavat kesäaikaisen puunkorjuun pehmeillä mailla ja parantavat korjuujälkeä) ei näin ollen kumimattojen osalta pidä paikkaansa. Kumimattojen käsittelyyn kuluneen ajan luotettavuuden osalta tulokset ovat kuitenkin kohtalaisia.

Ajourapainumaa kumimatolla vahvistetulla ajouralla ei voitu testata kumimattojen käyttökelvottomuuden takia.



KUVA 23. Kumimatto testauksissa (Kuva Kati Kontinen).

## 4.6 Kumimatot talvitie pohjalla

Kumimattojen käsittely oli suhteellisen nopeaa. Kustannuksia käsittelystä tuli noin 1 €/matto. Kumimattojen käsittelyyn kuluneen ajan suhteen tulokset ovat luotettavia, keskiarvo 3,78. Ajankäytöstä johtuva kustannus vahvistettaessa 50 metrin matka talvitie pohjaa on 22 €. Hankintakustannus kumimatoilla on korkea, 133 €/m, käyttöikä voi olla korkeinkin 10-15 vuotta. Kumimatot paransivat liikennöitävyyttä ja kantavuutta huonosti kantavalla talvitiellä. Ajourapainumaa ei muodostunut.

Kuormatilaan mahtui kerrallaan kymmenen mattoa, joista asettelemalla pitkittäin sai 50 metrin pituisen ja poikittain asetettuna 30 metrin mittaisen uran. Testitilanteessa kolmen ylityskerran jälkeen vahvistamattomaan talvitiemäntään alkoi muodostua uraa 25 cm ja neljännen ylityskerran jälkeen uran syvyys oli 30 cm. Normaaliolosuhteissa uran ollessa tämän syvyinen ollaan uppoamistilanteessa. Yhteensä ylityskertoja tehtiin kuusi. Kohtia, joihin urapainumia tuli, jouduttiin havuttamaan. Vahvistettujen kohtien eli mattojen alle ei ollut muodostunut minkäänlaista urapainumaa (kuva 29?).

Metsäteillä ja varastopistoilla vahvistaminen tapahtuu normaalisti sora- tai kiviä käyttäen. Luonnonsoravarat alkavat olla paikoin käytetty, yhä ene-



nevässä määrin käytetään murskeita. Soran ja murskeiden kuljetusmatkat voivat olla hyvinkin pitkiä käyttökohteelle, jolloin ne ovat myös hintavia. Varastopistojen vahvistamisessa kumimatot ovat vaihtoehtona sorastukselle. Varastopistojen käyttöä määrittelevät paikalliset hakkuut, pisto saattaa olla 10–15 vuottakin käyttämättä, myös metsäteiden heikosti kantavissa kohdissa kumimattojen käyttö on järkevää. Kaukokuljetuksen aikana matot asetellaan paikalleen ja näin vältetään painumien muodostumiselta.



KUVA 24. Uranmuodostus mattojen alla (Kuva Kati Kontinen).

Talviteillä liikennöinti tapahtuu vain maan ollessa jäätyneenä. Kumimattojen käytöllä voidaan laajentaa talvitiepohjien käyttöä ympärivuotiseksi, testimme osoittivat kumimattojen toimivan erityisen hyvin tällaisella kohteella. Pitkittäin asetettuna matot toimivat hyvin silloin, kun niille ajetaan etuperin. Tällaisessa tapauksessa matot soveltuisivat hyvin esimerkiksi metsätielle, jossa vahvistetaan huonosti kantavaa kohtaa (esim. turvemaan ylitys). Poikittain asetetut matot toimivat kohteilla, joilla joudutaan peruuttamaan. Tällaisia kohteita ovat mm. varastopistot. Tutkimushypoteesi  $H_5$  (Kumimatot mahdollistavat puutavaran kaukokuljetuksen talvitiepohjilla sekä heikosti kantavilla metsäteillä kesäaikaisessa puunkuljetuksessa) pitää näin ollen paikkansa. Kumimattojen ajankäytön mukaan tulokset ovat luotettavia ja ajankäyttö oli suhteellisen vähäistä aiheuttaen lisäkustannuksena 1€/matto. Ajourapainumaa ei muodostunut.

Vahvistamisratkaisujen hankintaa ja käyttöä pohdittaessa tulee miettiä turvemaiden puunkorjuun volyyminä. Mitä suuremmaksi korjattavat puumää-

rät nousevat, sitä kannattavampi hankinta on, hankintarajana voitaisiin suositella 5000-10 000 m<sup>3</sup>.

Pohdittaessa toimintamalleja maaperän vahvistamiskäytösten osalta, voisivat ne olla seuraavanlaisia:

- Vaihtoehto 1. Puutavarayhtiöt hankkivat mattoja tietyn määrän itselleen, jolloin ne ovat heidän urakoitsijoillaan vapaasti käytettävissä. Käytöstä ei veloiteta mitään.
- Vaihtoehto 2. Puutavara-autoilija tai alueurakoitsija ostaa itselleen tietyn määrän mattoja, jotka ovat sitten heiltä vuokrattavissa.
- Vaihtoehto 3. Aivan sivullinen urakoitsija hankkii matot, vuokraa niitä tarjoten kokonaispalvelua alueurakoitsijoille ja autoyrittäjille. Palvelu sisältää mattojen levityksen sovittuna aikana ja sovittuun paikkaan sekä poiston.

Vahvistamiskäytösten käytön yleistymisen vaatii asennemuutosta kentällä. Asennemuutokseen voidaan vaikuttaa koulutuksella, jossa vahvistamiskäytösten käyttöä voitaisiin demonstroida. Turvemaiden puunkorjuu vaatii enemmän suunnittelua verrattuna kivennäismaiden puunkorjuuseen. Olisi-kin paikallaan miettiä turvemaiden puunkorjuun koulutuksen lisäämistä koko valtakunnan tasolla.

## LÄHTEET

Airavaara, H., Ala-Ilomäki, J., Högnäs, T. & Sirén, M. 2008. Nykykalustolla turvemaiden puunkorjuuseen. Metlan työraportti 80.

Anttila, T. 1998. Metsämaan raiteistumisen ennustaminen WES-menetelmää käyttäen. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 17.

Balodis, A. 2012. Forest sector and JSC "Latvijas valsts meži" (LVM) Latvia's State forests. <https://sites.google.com/site/oscarconference2012/presentations>

Bergroth, J., Ihalainen, A. & Heikkilä, J. 2008. Ojitettujen turvemaiden taloudellinen ensiharvennuspotentiaali. Metsätehon katsaus 32.

Blinn, C.R., Dahlman, R., Hislop, L. & Thompson, M.A. 1998. Temporary stream and wetland crossing options for forest management. USDA Forest Service. North Central Research Station. General Technical Report NC-202.

Dale, O. & Aamodt, H. 1994. Tiltak för hindre terrengskador, barlegging av kjoreveier. Summary: The effect of depositing limbs in strip roads to reduce damages on the forest ground. Norsk Istitutt for Skogforskning. Rapport 16.

Fries, J. 1974. Thinning- why and how? Thinning in the forestry of the future. Reprint of papers from the international conference at Elmia 1973. Skogshögskolan, Institutionen för skogsteknik. Rapporter och uppsatser 40.

Fortecta Finland Oy. 14.8.2009 luettu. Esite.

Hannelius, S. & Lillandt, M. 1970. Puuston vaurioituminen harvennusleimikoiden koneellisessa korjuussa. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, Tiedonantoja 4.

Högnäs, T., Kärhä, K., Lindeman, H. & Palander, T. 2009. Turvemaaharvennusten kantavuusluokitus. [Verkkodokumentti]. Metsäteho, Tulosalvosarja 2009/17.

Högnäs, T., Kumpare, T. & Kärhä, K. 2011. Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus. Metsätehon tulosalvosarja 3/2011.

Jaakkola, S. 2013. Koneyrittäminen Suomessa. Luentomoniste. Koneyrittäjien liitto ry.

Lassila, K. 2002. Ajouran mekaaninen vahvistaminen puunkorjuussa maaperävaurioiden vähentämiseksi. Helsingin yliopisto, Pro gradu -työ.

Lindeman, H. 2010. Raiteistuminen turvemaiden puunkorjuussa. Itä-Suomen yliopisto. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Pro gradu -työ.

Lindeman, H., Ala-Ilomäki, J., Sirén, M., Vastaranta, M., Holopainen, M. & Uusitalo, J. 2013. Turvemaan kantavuuden ennustaminen laserkeilausaineistolla. Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 263.

Mikpolis Oy. Ajosillan 3p-taivutus. Raportti 2010.

Nuutinen, T., Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finish wood production - an analysis based on large scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.

Peltola, A. (toim.). 2008. Metsätilastollinen vuosikirja 2008 - Skogsstatistisk årsbok - Finnish Statistical Yearbook of Forestry. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2008. Metsäntutkimuslaitos.

Thor, M. 2000. Marksiskonaren ”Alf”. Rapport av studien. SkogForsk-Nytt. 3/2010;3.

Törnqvist ym. 2010. Metsätehon tuloskalvosarja 3/2010.

Ylimartimo, M., Harstela, P., Korhonen, K.T. & Sirén, M. 2001. Ensiharvennuskohteiden korjuukelpoisuus turvemailla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2001: 253-263.



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU  
MIKKELI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES. MIKKELI. FIN-  
LAND

PL 181, SF-50101 Mikkeli, Finland. Puh.vaihde (tel.vx.) 0153 5561

Julkaisujen myynti: Tähtijulkaisut verkkokirjakauppa, [www.tahtijulkaisut.net](http://www.tahtijulkaisut.net).  
Julkaisutoiminta: Kirjasto- ja oppimisteknologiapalvelut, Kampuskirjasto,  
Patteristonkatu 2, 50100 Mikkeli, puh. 040 868 6450 tai email: [julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

#### MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA

A: Tutkimuksia ja raportteja ISSN 1795-9438  
Mikkeli University of Applied Sciences, Publication series

A: Tutkimuksia ja raportteja – Research reports

- A:1 Kyllikki Klemm: Maalla on somaa. Sosiaalinen hyvinvointi maaseudulla. 2005. 41 s.
- A:2 Anneli Jaroma – Tuija Vänttinen – Inkeri Nousiainen (toim.) Ammattikorkeakoulujen hyvinvointiala alueellisen kehittämisen lähtökohtia Etelä-Savossa. 2005. 17 s. + liitt. 12 s.
- A:3 Pirjo Käyhkö: Oppimisen kokemuksia hoitotyön kädentaitojen harjoittelusta sairaanhoitaja- ja terveydenhoitajaopiskelijoiden kuvaamina. 2005. 103 s. + liitt. 6 s.
- A:4 Jaana Lähteenmaa: "AVARTTI" as Experienced by Youth. A Qualitative Case Study. 2006. 34 s.
- A:5 Heikki Malinen (toim.) Ammattikorkeakoulujen valtakunnalliset tutkimus- ja kehitystoiminnan päivät Mikkelissä 8. – 9.2.2006. 2006. 72 s.
- A:6 Hanne Orava – Pirjo Kivijärvi – Riitta Lahtinen – Anne Matilainen – Anne Tillanen – Hannu Kuopanportti: Hajoavan katteen kehittäminen riviviljelykasveille. 2006. 52 s. + liitt. 2 s.
- A:7 Sari Järn – Susanna Kokkinen – Osmo Palonen (toim.): ElkaD – Puheenvuoroja sähköiseen arkistointiin. 2006. 77 s.
- A:8 Katja Komonen (toim.): Työpajatoimintaa kehittämässä - Työpajojen kehittäminen Etelä-Savossa -hankkeen kokemukset. 2006. 183 s. (nid.) 180 s. (pdf)

- A:9 Reetaleena Rissanen – Mikko Selenius – Hannu Kuopanportti – Reijo Lappalainen: Puutislepinnoitusmenetelmän kehittäminen. 2006. 57 s. + liitt. 2 s.
- A:10 Paula Kärmeniemi – Kristiina Lehtola – Pirjo Vuoskoski: Arvioinnin kehittäminen PBL-opetussuunnitelmassa – kaksi tapausesimerkkiä fysioterapeuttikoulutuksesta. 2006. 146 s.
- A:11 Eero Jäppinen – Jussi Heinimö – Hanne Orava – Leena Mäkelä: Metsäpolttoaineen saatavuus, tuotanto ja laivakuljetusmahdollisuudet Saimaan alueella. 2006. 128 s. + liitt. 8 s.
- A:12 Pasi Pakkala – Jukka Mäntylä: ”Kiva tulla aamulla...” - johtaminen ja työhyvinvointi metsänhoitoyhdistyksissä. 2006. 40 s. + liitt. 7 s.
- A:13 Marja Lehtonen – Pia Ahoranta – Sirkka Erämaa – Elise Kosonen – Jaakko Pitkänen (toim.): Hyvinvointia ja kuntoa kulttuurista. HAK-KU-projektin loppuraportti. 2006. 101 s. + liitt. 5 s.
- A:14 Mervi Naakka – Pia Ahoranta: Palveluketjusta turvaverkoksi -projekti: Osaaminen ja joustavuus edellytyksenä toimivalle vanhus-palveluverkostolle. 2007. 34 s. + liitt. 6 s.
- A:15 Paula Anttila – Tuomo Linnanto – Iiro Kiukas – Hannu Kuopanportti: Lujitemuovijätteen poltto, esikäsittely ja uusiotuotteiden valmistaminen. 2007. 87 s.
- A:16 Mervi Louhivaara (toim.): Elintarvikeyrittäjän opas Venäjän markkinoille. 2007. 23 s. + liitt. 7 s.
- A:17 Päivi Tikkanen: Fysioterapian kehittämishanke Mikkelin seudulla. 2007. 18 s. + liitt. 70 s.
- A:18 Aila Puttonen: International activities in Mikkeli University of Applied Sciences. Developing by benchmarking. 2007. 95 s. + liitt. 42 s.
- A:19 Iiro Kiukas – Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Martti Pouru: Puun lämpökäsittelyssä muodostuvien hajukaasujen puhdistaminen biosuotimella. 2007. 80 s. + liitt. 3 s.
- A:20 Johanna Heikkilä, Susanna Hytönen – Tero Janatuinen – Ulla Keto – Outi Kinttula – Jari Lahti – Heikki Malinen – Hanna Myllys – Marjo Eerikäinen: Itsearviointityökalun kehittäminen korkeakouluille. 2007. 48 s. + liitt. (94 s. CD-ROM)

- A:21 Katja Komonen: Puhuttu paikka. Nuorten työpajatoiminnan rakentuminen työpajakerronnassa. 2007. 207 s. + liitt. 3 s. (nid.) 207 s. + liitt. 3 s. (pdf)
- A:22 Teija Taskinen: Ammattikeittiöiden ruokatuotantoprosessit. 2007. 54 s.
- A:23 Teija Taskinen: Ammattikeittiöt Suomessa 2015 – vaihtoehtoisia tulevaisuudennäkymiä. 2007. 77 s. + liitt. 5 s. (nid.) 77 s. + liitt. 5 s. (pdf)
- A:24 Hanne Soininen, Iiro Kiukas, Leena Mäkelä: Biokaasusta bioenergiaa eteläsavolaisille maaseutuyrityksille. 2007. 78 s. + liitt. 2 s. (nid.)
- A:25 Marjaana Julkunen – Panu Väänänen (toim.): RAJALLA – aikuiskasvatusta suuntaa verkkoon. 2007. 198 s.
- A:26 Samuli Heikkonen – Katri Luostarinen – Kimmo Piispa: Kiln drying of Siberian Larch (*Larix sibirica*) timber. 2007. 78 p. + app. 4 p.
- A:27 Rauni Väättämöinen – Arja Tiippana – Sonja Pyykkönen – Riitta Pylvänäinen – Voitto Helander: Hyvän elämän keskus. ”Ikä-keskus”, hyvinvointia, terveyttä ja toimintakykyä ikääntyville –hankkeen loppuraportti. 2007. 162 s
- A:28 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Saana Oksa: Etelä-Savon maaseutuyritysten ympäristö- ja elintarviketurvallisuuden kehittäminen. 2007. 224 s. + liitt. 55 s.
- A:29 Katja Komonen (toim.): UUDISTUVAT OPPIMISYMPÄRISTÖT – puheenvuoroja ja esimerkkejä. 2007. 231 s. (nid.) 221 s. (pdf)
- A:30 Johanna Logrén: Venäjän elintarviketurvallisuus, elintarvikelainsäädäntö ja -valvonta. 2007. 163 s.
- A:31 Hanne Soininen – Iiro Kiukas – Leena Mäkelä – Timo Nordman – Hannu Kuopanportti: Jätepoltoaineiden lentotuhkat. 2007. 102 s.
- A:32 Hannele Luostarinen – Erja Ruotsalainen: Opiskelijoiden oppimisen ja osaamisen arviointikriteerit Mikkelin ammattikorkeakoulun opiskelijarviointiin. 2007. 29 s. + liitt. 25 s.
- A:33 Leena Mäkelä – Hanne Soininen – Saana Oksa: Ympäristöriskien hallinta. 2008. 142 s.

- A:34 Rauni Väätämäinen – Merja Tolvanen – Pekka Valkola: Laatu arvioiden. Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Savonia-ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön benchmarking. 2008. 46 s. + liitt. 22 s. (nid.) 46 s. +liitt. 22 s. (pdf)
- A:35 Jari Kortelainen – Yrjö Tolonen: Vuosiluston kierresyisyys sahatavaran pinnoilla. 2008. 23 s. (pdf)
- A:36 Anneli Jaroma (toim.): Virtaa verkostosta. Tutkimus- ja kehitystyö osana ammattikorkeakoulujen tehtävää, AMKtutka, kehittämisverkosto yhteisellä asialla. 2008. 180 s. (nid.) 189 s. (pdf)
- A:37 Johanna Logrén: Food safety legislation and control in the Russian federation. Practical experiences. 2008. 52 p. (pdf)
- A:38 Teija Taskinen: Sähköisten järjestelmien hyödyntäminen ammattikeittiöiden omavalvonnassa. 2008. 28 s. + liitt. 2 s. (nid.) 38 s. +liitt. 2 s. (pdf)
- A:39 Kimmo Kainulainen – Pia Puntanen – Heli Metsäpelto: Etelä-Savon luovien alojen tutkimus- ja kehittämissuunnitelma. 2008. 68 s. + liitt. 17 s. (nid.) 76 s. +liitt. 17 s. (pdf)
- A:40 Nicolai van der Woert – Salla Seppänen – Paul van Keeken (eds.): Neuroblend - Competence based blended learning framework for life-long vocational learning of neuroscience nurses. 2008. 166 p. + app. 5 p. (nid.)
- A:41 Nina Rinkinen – Virpi Leskinen – Päivikki Liukkonen: Selvitys matkailuyritysten kehittämistarpeista 2007–2013 Savonlinnan ja Mikkelin seuduilla sekä Heinävedellä. 2008. 41 s. (pdf)
- A:42 Virpi Leskinen – Nina Rinkinen: Katsaus matkailutoimialaan Etelä-Savossa. 2008. 28 s. (pdf)
- A:43 Kati Kontinen: Maaperän vahvistusratkaisut huonosti kantavien maiden puunkorjuussa. 2009. 34 s. + liitt. 2 s.
- A:44 Ulla Keto – Marjo Nykänen – Rauni Väätämäinen: Laadun vuoksi. Mikkelin ammattikorkeakoulu laadunvarmistuksen kehittäjänä. 2009. 76 s. + liitt. 11 s.
- A:45 Laura Hokkanen (toim.): Vaikuttavaa! Nuoret kansalaisvaikuttamisen kentillä. 2009. 159 s. (nid.) 152 s. (pdf)

- A:46 Eliisa Kotro (ed.): Future challenges in professional kitchens II. 2009. 65 s. (pdf)
- A:47 Anneli Jaroma (toim.): Virtaa verkostosta II. AMKtutka, kehitysim- pulsseja ammattikorkeakoulujen T&K&I -toimintaan. 2009. 207 s. (nid.) 204 s. (pdf)
- A:48 Tuula Okkonen (toim.): Oppimisvaikeuksien ja erilaisten opiskelijoi- den tukeminen MAMKissa 2008–2009. 2009. 30 s. + liitt. 26 s. (nid.) 30 s. + liitt. 26 s. (pdf)
- A:49 Soile Laitinen (toim.): Uudistuva aikuiskoulutus. Eurooppalaisia koke- muksia ja suomalaisia mahdollisuuksia. 2010. 154 s. (nid.) 145 s. (pdf)
- A:50 Kati Kontinen: Kumimatot maaperän vahvistusratkaisuna puunkor- juussa. 2010. 37 s. + liitt. 2 s. (nid.)
- A:51 Laura Hokkanen – Veli Liikanen: Vaikutusvaltaa! Kohti kansalaisvai- kuttamisen uusia areenoja. 2010. 159 s. + liitt. 17 s. (nid.) 159 s. + liitt. 17 s. (pdf)
- A:52 Salla Seppänen – Niina Kaukonen – Sirpa Luukkainen: Potilashotelli Etelä-Savoon. Selvityshankkeen 1.4.–31.8.2009 loppuraportti. 2010. 16 s. + liitt. 65 s. (pdf)
- A:53 Minna-Mari Mentula: Huomisen opetusravintola. Ravintola Tallin ke- hittäminen. 2010. 103 s. (nid.) 103 s. (pdf)
- A:54 Kirsi Pohjola. Nuorisotyö koulussa. Nuorisotyö osana monialaista op- pilashuoltoa. 2010. 40 s (pdf).
- A:55 Sinikka Pöllänen – Leena Uosukainen. Oppimisverkosto voimaannut- tajana ja hyvinvoinnin edistäjänä. Savonlinnan osaverkoston toiminnan esittely Tykes -hankkeessa vuosina 2006–2009. 2010. 60 s. + liitt. 2 s. (nid.) 61 s. liitt. 2 s. (pdf)
- A: 56 Anna Kapanen (toim.). Uusia avauksia tekemällä oppimiseen. Työ- pajojen ja ammattiopistojen välisen yhteistyön kehittyminen Etelä- ja Pohjois-Savossa. 2010. 144 s. (nid.) 136 s. (pdf)
- A:57 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Veikko Äikäs – Anni Laitinen. Ym- päristöasiat osana hevostallien kannattavuutta. 2010. 108 s. + liitt. 11 s. (nid.) 105 s. + liitt. 11 s. (pdf)

- A:58 Anu Haapala – Kalevi Niemi (toim.) Tulevaisuustietoinen kehittäminen. Hyvinvoinnin ja kulttuurin ammattikorkeakoulutuksen suunta-  
viivoja etsimässä. 2010. 155 s + liitt. 26 s. (nid.) 143 s. + liitt. 26 s. (pdf)
- A:59 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Anni Kyyhkynen – Elina Muuk-  
konen. Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien  
hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa. 2010. 111 s. (nid.) 111  
s. (pdf)
- A:60 Soile Eronen. Yhdessä paremmin. Aivohalvauskuntoutuksen tehosta-  
minen moniammatillisuudella. 2011. 111 s + liitt. 10 s. (nid.)
- A:61 Pirjo Hartikainen (toim.). Hyviä käytänteitä sosiaali- ja terveysalan hy-  
vintointipalveluissa. Tuloksia HYVOPA-hankkeesta. 2011. 64 s. (pdf)
- A:62 Sirpa Luukkainen – Simo Ojala – Antti Kaipainen. Mobiilihoiva tur-  
vallisen kotihoidon tukena -hanke 1.5.2008–30.6.2010. EAKR toi-  
mintalinja 4, kokeiluosio. Loppuraportti. 2011. 78 s. + liitt. 19 s. (pdf)
- A:63 Sari Toijonen-Kunnari (toim.). Toiminnallinen kehittäjäkumppanuus.  
MAMKin liiketalouden koulutus Etelä-Savon innovaatioympäristössä.  
2011. 164 s. (nid.) 150 s. (pdf)
- A:64 Tuula Siljanen – Ulla Keto. Mikkeli muutoksessa. Muutosohjelman ar-  
viointi. 2011. 42 s. (pdf)
- A:65 Päivi Lifflander – Pirjo Hartikainen. Savonlinnan seudun palveluseteli-  
selvitys. 2011. 59 s. + liitt. 6 s. (pdf)
- A:66 Mari Pennanen – Eva-Maria Hakola. Selvitys matkailun luontoaktivi-  
teettien, Kulttuurin ja luovien alojen Yhteistyön kehittämismahdolli-  
suuksista ja -tarpeista Etelä-Savossa. Hankeraportti. 2011. 29 s. + liitt.  
18 s. (pdf)
- A:67 Osmo Palonen (toim.). Muistilla on kolme ulottuvuutta. Kulttuuripe-  
rinnön digitaalinen tuottaminen ja tallentaminen. 2011. 136 s. (nid.)  
128 s. (pdf)
- A:68 Tuija Vanttinen – Marjo Nykänen (toim.). Osaamisen palapeli. Mik-  
kelin ammattikorkeakoulun opetussuunnitelmien kehittäminen. 2011.  
137 s.+ liitt. 8 s. (nid.) 131 s. + liitt. 8 s. (pdf)
- A:69 Petri Pajunen – Pasi Pakkala. Prosessiorganisaatio metsänhoitoyhdis-  
tyksen organisaatiomallina. 2012. 48 s. + liitt. 6 s. (nid.)

- A:70 Tero Karttunen – Kari Dufva – Antti Ylhäinen – Martti Kempainen. Väsyttävästi kuormitettujen liimaliitosten testimenetelmän kehitys. 2012. 45 s. (nid.)
- A:71 Minna Malankin. Venäläiset matkailun asiakkaina. 2012. 114 s. + liitt. 7 s. (nid.) 114 s. + liitt. 7 s. (pdf)
- A:72 María del Mar Márquez – Jukka Mäntylä. Metsätalouden laitoksen opetussuunnitelman uudistamisprosessi. 2012. 107 s. + liitt. 17 s. (nid.)
- A:73 Marjaana Kivelä (toim.). Yksin hyvä – yhdessä parempi. 2012. 115 s. (nid.) 111 s. (pdf)
- A:74 Pekka Hartikainen – Kati Kontinen – Timo Antero Leinonen. Metsätiensuunnitteluopas – metsä- ja piennartiet. 2012. 44 s. + liitt. 20 s. (nid.) 44 s. + liitt. 20 s. (pdf)
- A:75 Sami Luste – Hanne Soininen – Tuija Ranta-Korhonen – Sari Seppäläinen – Anni Laitinen – Mari Tervo. Biokaasulaitos osana energiaomavaraista maatilaa. 2012. 68 s. (nid.) 68 s. (pdf)
- A:76 Marja-Liisa Kakkonen (toim.). Näkökulmia yrittäjyyteen ja yritysyhteistyötoimintaan. 2012. 113 s. (nid.) 106 s. (pdf)
- A:77 Matti Meriläinen – Anu Haapala – Tuija Vääntinen. Opiskelijoiden hyvinvointi ja siihen yhteydessä olevia tekijöitä. Lähtökohtia ja tutkittua tietoa ohjauksen ja pedagogiikan kehittämiseen. 2013. 92 s. (nid.) 92 s. (pdf)
- A:78 Jussi Ronkainen – Marika Punamäki (toim.). Nuoret ja syrjäytyminen Itä-Suomessa. 2013. 151 s. (nid.) 151 s. (pdf)
- A:79 Anna Kähkönen (toim.). Ulkomaalaiset opiskelijat Etelä-Savon voimavaraksi. Kokemuksia ja esimerkkejä. 2013. 127 s. (nid.) 127 s. (pdf)
- A:80 Risto Laukas – Pasi Pakkala. Suomen suurimpien kaupunkien metsätaloustoimintojen kehittäminen. 2013. 55 s. + liitt. 8 s. (nid.)
- A:81 Pekka Penttinen – Jussi Ronkainen (toim.). Itä-Suomen nuorisopuntari. Katsaus nuorten hyvinvointiin Itä-Suomen maakunnissa 2010–2012. 2013. 147 s. + liitt. 15 s. (nid.) 147 s. + liitt. 15 s. (nid.)
- A:82 Marja-Liisa Kakkonen (ed.). Bridging entrepreneurship education between Russia and Finland. Conference proceedings 2013. 2013. 91 s. (nid.) 91 s. (pdf)

- A:83 Tero Karttunen - Kari Dufva. The determination of the mode II fatigue threshold with a cast iron ENF specimen. 2013. 24 s. (nid.)
- A:84 Outi Pyöriä (toim.). Vesi liikuttaa ja kuntouttaa - hyviä käytänteitä vesiliikuntapalveluissa. Tuloksia VESKU-hankkeesta. 2013. 63 s. (nid.) 63 s. (pdf)
- A:85 Laura Hokkanen - Johanna Pirinen - Hanna Kuitunen. Vapaaehtoistyö, kansalaisjärjestöt ja hyvinvointipalvelujen kehittäminen Etelä-Savossa – esiselvitys. 2014. 114 s. (nid) 114 s. (pdf)
- A:86 Johanna Hirvonen. Luontolähtöisen toiminnan hyvinvointivaikutukset ja niiden arviointi. Asiakasvaikutusten arviointi Luontohoiva-hankkeessa. 2014. 70 s. (nid.) 70 s. (pdf)
- A:87 Pasi Pakkala. Liiketoimintaa ja edunvalvontaa – Näkökulmia työhyvinvointiin metsähoitoyhdistyksissä. 2014. 52 s. (nid.)
- A:88 Johanna Arola - Piia Aarniosalo - Hannu Poutiainen - Esa Hannus – Heikki Isotalus. Open-tietojärjestelmä. Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa. 2014. 71 s. (nid.) 71 s. (pdf)
- A:89 Tapio Lepistö. Luonnonkuitukomposiitit. 2014. 67 s. (nid) 67 s. (pdf)
- A:90 Kirsti Ilomäki - Kari Dufva - Petri Jetsu. Luonnonkuitulujitettujen muovikomposiittien tutkimus ja opetuksen kehittäminen. 2014. 49 s. (nid.) 49 s. (pdf)
- A:91 Jaana Dillström - Erja Ruotsalainen. Huomaan, että osaan. Opiskelijoiden kokemuksia simulaatiosta. 2014. 46 s. (nid.) 46 s. (pdf)
- A:92 Kati Kontinen. Huonosti kantavien maiden ja teiden vahvistamisratkaisut. 2014. 39 s. (nid.) 39 s. (pdf)





MAMK

University of Applied Sciences