

Paakkutaimien käsittely taimitarhalla tukkimiehentäitä vastaan

Abstract: Treatment of container seedlings
in the nursery against pine weevil (*Hylobius abietis*)

Leo Tervo, Juhani Kangas, Martti Kuikka, & Riitta Sarantila

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 416

Paakkutaimien käsittely taimitarhalla tukkimiehentäitä vastaan

Abstract: Treatment of container seedlings
in the nursery against pine weevil (*Hylobius abietis*)

Leo Tervo, Juhani Kangas, Martti Kuikka, & Riitta Sarantila

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/
Suonenjoen tutkimusasema. Suonenjoki 1992

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 416

Leo Tervo¹⁾, Juhani Kangas²⁾, Martti Kuikka¹⁾ & Riitta Sarantila²⁾ Paakkutaimien käsittely taimitarhalla tukkimiehentäitä vastaan. Abstract: Treatment of container seedlings in the nursery against pine weevil (*Hylobius abietis*). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 416. 22 s. ISBN 951-40-1220-8, ISSN 0358-4283.

Suonenjoen tutkimusasemalla rakennettiin ja testattiin uudentyyppinen torjunta-aineruisku. Tavoitteena oli kehittää laitteisto, jolla voidaan käsitellä työntekijän kannalta turvallisesti erilaisia paakkutaimia tukkimiehentäitä vastaan työn tuottavuuden ja leviämistehokkuuden ollessa riittäviä.

Paperi-väriliuos menetelmällä todettiin aineen leviävän n. 80 %:lle verson pinnasta. Silmämääräisen tarkastelun mukaan taimet olivat kuitenkin kokonaan käsiteltyjä.

Käsittelykustannus oli 0,8 penniä, kokonaiskustannus oli 2,4 penniä tainta kohti. Tämä on varsin kohtuullinen. Taimien käsittely yleensäkin taimitarhoilla on perustellumpi ja kustannuksiltaan huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuin maastokäsittely.

Työhygieniset mittaukset osoittivat työntekijöiden altistumisen permetriinille jäävän huomattavasti alle haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP_{8h}), joka on 5 mg/m^3 . Myös virtsasta määritettyjen permetriinin metaboliatuotteiden perusteella laskettuna työntekijöiden altistuminen oli vähäistä. Suojavaatetuksen ja käsien kontaminaatiomittaukset osoittivat kuitenkin, että asianmukainen suojaus on tarpeen. Työntekijöillä ei havaittu mitään merkittäviä oireita terveystarkastuksissa, mutta työntekijät valittivat kuitenkin kasvojen kirvelyä ja ärsytystä.

Avainsanat: ruiskutus, paakkutaimet, taimitarhat, altistuminen

The experimental equipment for treatment of seedlings with insecticides against large pine weevil was built at the Suonenjoki Research Station & Nursery. The aim was to achieve a unit of sufficient efficiency (work productivity and even distribution of insecticide) and as regards the operator, safe, which could treat different container seedlings against pine weevil.

The distribution of the agent over the surface of the shoot was about 80% according to the inventory method which was used. According to a visual check however the seedlings appeared to be completely treated.

The labour cost of 1000 seedling treatment was 8 FIM, total cost was 24 FIM. This is quite reasonable. The treatment of seedlings generally in the nursery is more controllable and efficient and noticeably more economical than treatment in open terrain.

The occupational exposure limit value for permethrin in Finland is 5 mg/m^3 . According to the results of the occupational hygienic measurements, the exposure of the workers was far below that value. Concentrations of the metabolites of permethrin in urine samples taken after work shift were below 0.05 mg/dm^3 . The acceptable daily intake (ADI) value for permethrin is 0.05 mg/kg . Calculated concentrations of permethrin metabolites daily exposure of the workers was below 0.075 mg , which is 1% of the ADI value. The measured contaminations of hands and protective clothing, however, proved that correct use of personal protective equipment in this work is necessary.

No specific symptoms which could be related to pesticide exposure were found in the health examination done after work. However, some workers complained about irritation and itching on their faces during the work.

Keywords: sprayers, containerized seedlings, nurseries, exposure measurement.

Kirjoittajien yhteystiedot: 1) Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40. 77600 Suonenjoki. 2) Kuopion Alue työterveyslaitos, PL 93, 70701 Kuopio.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3022-1. Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Jari Parviainen 24.4.1992.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40. 77600 Suonenjoki. puh. 979-513811

Hinta: -

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO ja MENETELMÄT	7
2.1. Tutkimuksen laitteisto	7
2.2. Torjunta-aineen leviäminen ja kohdistuminen taimeen.....	9
2.3. Työntekijöiden altistuminen permetriinille	9
3. TULOKSET	11
3.1. Ainemenekki ja leviämistasaisuus	11
3.2. Työajan menekki ja työajan jakauma.....	13
3.3. Kustannukset	14
3.4. Altistuminen torjunta-aineille	14
4. TULOSTEN TARKASTELU	16
KIRJALLISUUS.....	19

1. Johdanto

Tukkimiehentäi (*Hyllobius abietis* L.) on edelleen havupuutaimikoitten pahin tuohyönteinen (Lilja 1985, Långström 1985). Juutisen (1962) tutkimuksen mukaan n. 15 % istutetuista männyn taimista oli tukkimiehentäin vioittamia, kun viljely tehtiin toisena keväänä hakkuun jälkeen. Annilan (1982) tutkimuksessa 82,5 käsittelemättömien kennotaimien kuolemista ensimmäisenä kesänä johtui tukkimiehentäin vioituksesta. Kaikkiaan käsittelemättömistä taimista kuoli 47,5 %. Vastaavat luvut lindaanilla käsitellyillä taimilla olivat 73 % ja 36,9 %.

Tukkimiehentäin torjunnassa käytetään monia menetelmiä, joko mekaanisia taimisuoja- tai kemiallista torjuntaa käsittelemällä taimet insektisideillä. Joillakin taimitarhoilla ruiskutuksia tehdään jo taimitarhalla sekä paljasjuurisille- että paakkutaimille. Yleisempää kuitenkin on torjuntakäsittelyjen tekeminen maastossa siten, että istuttaja kastaa taimet torjunta-aineliuokseen versot edellä juurenniskaa myöten. Tätä pidetään tehokkaana suojausmenetelmänä. Paakkutaimien käsittely maastossa ennen istutusta ei ole yleistä. Taimitarhoilla joukkokäsittely joko tunnelilaitteistoilla tai tarkoitukseen kehitetyllä traktori-ruiskulla on sen sijaan yleistymässä (Herranen 1988, Tyystjärvi 1989, Pullinen 1990).

Paljasjuuristen taimien myyntihinta sisältää tukkimiehentäin torjunta-aineen. Paakkutaimien käsittelystä taimitarhat velottavat työkustannukset, jotka v. 1991 olivat keskimäärin 1,0 p/taimi.

Ruotsissa on kehitetty useita muita menetelmiä tukkimiehentäin tuhojen torjumiseksi. Menetelminä ovat mekaaniset suojat sekä kemialliset torjunta-aineruiskutukset istutuksen yhteydessä (Sprutiputki) tai sen jälkeen (Ekbacken-ruisku) (Nilsson 1984, Suoheimo 1985) tai taimien käsittely torjunta-ainetta levittävällä sienipuristimella (Gård ja Sandgren 1982). Mekaanisista menetelmistä ruotsalaiset ovat kokeilleet mm. Teno-kaulusta ja Vinetta taimisukkaa (Gårdh ja Sandgren 1982, Samuelsson ym. 1984). Lindströmin ym. (1986) mukaan suojakauluksen käyttö vähensi oleellisesti tukkimiehentäin tuhoja. Suojatuista männyn taimista 6,5 % kuoli tukkimiehentäin aiheuttamiin tuhuihin kun vastaavasti kontrollitaimista kuoli 23,7%. Långströmin (1985)

tutkimuksen mukaan torjunta-ainekäsittelyt vähensivät tehokkaasti tukkimiehentäin aiheuttamaa taimikuolleisuutta.

Lindaanin käyttökiellon jälkeen on synteettisten pyretroidien käyttö yleistynyt tukkimiehentäin torjunnassa. Varsin yleinen synteettinen pyretroidipohjainen valmiste tähän tarkoitukseen on permetriini. Permetriini imeytyy elimistöön ruoansulatuskanavan ja vähäisemmässä määrin hengitysteiden kautta. Ihon läpi imeytymistä pidetään vähäisenä (Elliot ym. 1976). Koe-eläinhavaintojen perusteella eri pyretroidien metaboliitit erittyvät virtsaan ja ulosteisiin 3-8 vrk:n sisällä (Elliot ym. 1976, Gaughan ym. 1977, Safe Use of pesticides 1973). Aineenvaihduntatuotteet, joissa esterisidos ei ole hajonnut, erittyvät pääasiassa ulosteisiin, kun taas esterisidoksen hydrolyysin seurauksena syntyneet aineenvaihduntatuotteet erittyvät pääasiassa virtsaan (Elliot ym. 1976). Permetriini ei keräydy rasvakudokseen (Elliot ym. 1976, Gaughan ym. 1977). Eläinkokeissa pyretroidien on todettu olevan suurilla annoksilla neurotoksisia (Safe Use of Pesticides 1973, Wershoye ja Aldridge 1980). Erään koe-eläintutkimuksen mukaan permetriini ei ole voimakas herkistäjä (FAO/WHO Permethrin 1980). Koe-eläintutkimusten mukaan permetriini ei aiheuta ollenkaan tai ainakaan merkittävästi herkistymistä mutta aiheuttaa sen sijaan osalle koe-eläimistä lievää ihoärsytystä (Metker ym. 1977).

Permetriinin on todettu aiheuttaneen iho- ja silmä-ärsytystä altistuneille työntekijöille (Safe Use of Pesticides 1973, Wershoye ja Aldridge 1980, Kolmodin-Hedman ym. 1982, Eidmann ja von Sydow 1989). Kolmodin-Hedmanin ym. (1982) taimitarhatyöntekijöille tekemän oirekyselyn mukaan permetriini (trans/cis 75/25) aiheutti iho- ja hengitystieärsytystä 63 %:lle ja permetriini (trans/cis 60/40) 30 %:lle tutkituista.

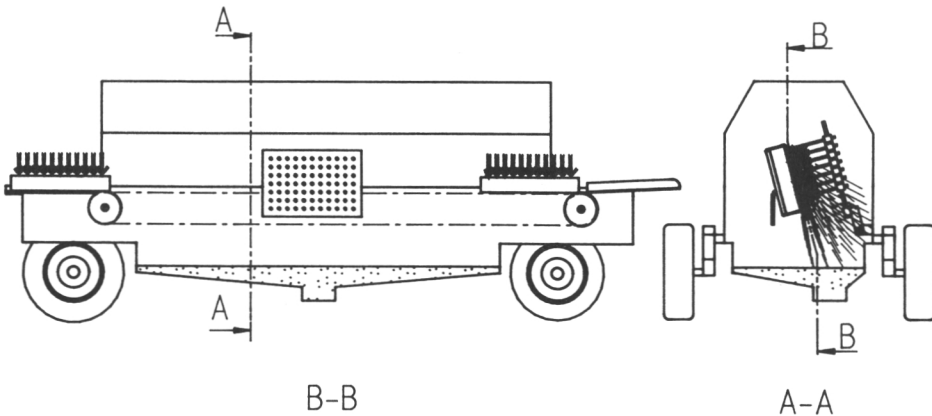
Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää tukkimiehentäin torjuntamahdollisuuksia paakkutaimilla jo taimitarhavaiheessa tehdyllä torjuntakäsittelyllä. Tätä varten rakennettiin Suonenjoen tutkimusasemalla vuonna 1988 tunneliruisku-tyyppinen laitteisto paakkutaimien käsittelyyn tukkimiehentäitä vastaan. Prototyypilaitteistolla selvitettiin työn tuottavuutta, työntekijöiden altistumista permetriinille, ainemenekkiä, kustannuksia sekä aineen kohdistumista ja leviämistasaisuutta taimissa. Työntutkimusaineistot kerättiin v. 1988-1990.

Aineiston keruuseen ja käsittelyyn osallistuivat Kari Kautto ja Urpo Paananen metsäteknologian tutkimusosastolta ja Mirja Ojainväli Suonenjoen tutkimuslaitarhalla. Työntekijöiden terveystarkastukset tehtiin Suonenjoen terveysasemalla. Tutkimukseen saatiin Valtiovarainministeriön työsuojelupuraha. Prof. Pentti Hakkila, tri Heikki Smolander ja MMK Sakari Lilja tarkastivat käsikirjoituksen. Abstractin tarkasti David Russell. Kaikille tutkimuksessa mukana olleille parhaimmat kiitokset.

2. Aineisto ja menetelmät

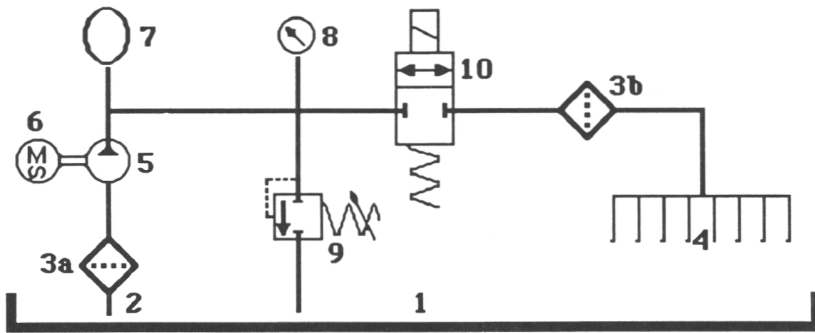
2.1. Tutkimuksen laitteisto

Tutkimuksessa käytetty laitteisto rakennettiin Suonenjoen tutkimusasemalla. Tavoitteena oli laitteisto, jolla riittävän tehokkaasti (työn tuottavuus ja aineen leviämistasaisuus) voidaan käsitellä erilaisia paakkutaimia tukkimiehentäitä vastaan (kuva 1). Laitteiston toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 1. Suonenjoen tutkimusasemalla rakennettu tunneliruisku tukkimiehentäin torjuntaan.

Tunneliruiskun pituus oli 2,8 m, enimmäisleveys 1,2 m ja paino 220 kg. Laitteisto rakennettiin pyörille liikuteltavuuden parantamiseksi. Säiliön tilavuus oli n. 300 dm³. Suuttimien tyyppi oli viuhkasuutin. Laitteisto toimi 380 V:n jännitteellä. Taimien käsittely tehtiin kahden hengen työryhmänä, toinen työntekijä syötti laatikot koneeseen ja toinen otti laatikot kuljettimelta ja asetti kasvatusalustalle tai kuljetuslavalle. Taimilaatikko asetettiin kuljettimelle normaalissa asennossa. Taimilaatikon molemmilla puolilla on tartunnat, jotka pitivät laatikon "hallinnassa" ruiskutuksen ajan. Tunnelin sisällä laatikko kallistettiin lähes vertikaalitasoon (n. 75°). Taimilaatikon kallistamisella pyrittiin vähentämään kasvualustaan (turpeeseen) valuvan torjunta-aineliuoksen määrää. Ruiskutus tapahtui suljetussa tilassa.



Kuva 2. Laitteen toimintaperiaate. Ruiskutettava liuos oli säiliössä (1), josta pumppu (5) imi aineen imusuodattimen (3a) kautta putkistoon (2), josta liuos meni paineellisena suodattimen (3b) kautta jakautuen jakoputkistossa ruiskutussuuttimille (4), tyyppi Unijet 6503. Taimilaatikon kulkiessa suuttimien ohi se samalla painoi rajakytkimen alas, jolloin magneettiventtiili (10) avautui, ja liuos virtasi suuttimiin. Taimilaatikon ohitettua rajakytkimen magneettiventtiili sulkeutui ja virtaus suuttimiin lakkasi. Paineenrajoitusventtiilillä (9) säädettiin haluttu ruiskutuspaino, jota voitiin seurata painemittarista (8). Ylimääräinen liuos valuui takaisin säiliöön. Pumpun (5) teho oli 2,2 Kw ja tuotto 70 dm³/min. Pumpun yhteydessä oli painevaraaja (7), joka tasoitti nesteen virtausta.

Ruiskun suuttimien tyyppi oli Unijet 6503. Suuttimen tuotto Spraying Systems Co (1987) tuoteluettelon mukaan oli seuraava:

Paine, bar	tuotto, dm ³ /min	ruiskutuskulma, °
1,5	0,8	53
3,0	1,2	65
6,0	1,6	72

Laitteistolla käsiteltiin yksivuotisia männyn paakkutaimia. Torjunta-aineena oli veteen laimennettava ruiskutejauhe, F-permetriini (tehoaine; permetriini, Cis/trans isomeerisuhde 25/75 ja LD₅₀-arvo: n. 6000). Liuoksen käyttöväkevyys oli 2 % (= 0,5 % tehoainetta) valmisteesta

2.2. Torjunta-aineen leviäminen ja kohdistuminen taimiin

Torjunta-aineen leviämistä ja kohdistumista taimeen selvitettiin vesakko-väriliuoksella. Tätä liuosta ruiskutettiin taimiin joiden ympärille oli laitettu kromekote-paperia 50 mm:n korkeudelle kasvualustan pinnalta alkaen (Higgins 1967). Näistä inventoitiin peittävyys 1 mm² ruuduissa (luokitus 100%, 75%, 50%, 25% ja 0%) neljältä suunnalta 2 mm:n levyisenä kaistana vertikaalitasossa. Myös kasvualustan pinnalle taimirivien väliin asetetuista lapuista inventoitiin aineen leviäminen. Tällä selvitettiin torjunta-aineen leviämistä ja valumista kasvualustaan.

Tutkimuksessa taimityypit olivat Vapo-paakku ja ecopot-taimet (Ps-508 ja Ps-608). Kasvatuslaatikon koko edellisillä taimityypeillä on 40 cm x 60 cm. Taimimäärä laatikossa; Vapo 96 tainta, ecopot- 508 149 tainta ja ecopot-608 104 tainta. Näistä Vapo-taimet ovat selvimmin riveissä kuin muiden taimityyppien taimet. Aineisto käsitti n. 400 tainta. Työntutkimusaineisto käsitti n. 140 000 tainta, mikä vastaa n. 1300 taimilaatikkoa.

2.3. Työntekijöiden altistuminen permetriinille

Torjunta-aineilta suojautumiseen työntekijät käyttivät sinistä kokohaalarimallista suojavaatetta (MIX 50/50/puuvilla/polyamidi), lippalakkaa, kasvonsuojainta,

kumisaappaita (Nokia) ja esiliinaa (PE). Liuoksen valmistaja suojaasi kätensä polyvinyylidikloridi-neopreenikumikäsinein (MULTITOP, Ranska), joiden alla oli puuvillaiset suojakäsineet. Toisella työntekijällä oli nahkakäsineet. Torjunta-aineliuoksen valmistamisen yhteydessä käytettiin hengityksensuojainta (Kemiran yhdistelmäsuojain A1). Suojavaatteen alla oli puuvillainen T-paita, puuvillaiset housut, villa- ja puuvillasukat sekä puuvillaiset alushousut.

Työntekijöiden altistumista seurattiin kiinteistä pisteistä ja hengitysvyöhykkeeltä otetuilla ilmanäytteillä sekä biologisilla altistumismittauksilla. Lisäksi selvitettiin lappukokeilla työvaatteiden likaantumista ja ihoaltistumista. Käsien likaantuminen torjunta-aineesta selvitettiin määrittämällä suojakäsineiden alla pidettävien puuvillaisten käsineiden torjunta-ainepitoisuus.

Hengitysvyöhykenäytteet kerättiin kannettavan paristokäyttöisen pumpun avulla (SKC) membraanisuodattimelle (Millipore) imunopeudella 2–3 litraa/minuutti. Näytteenottoajat olivat 1–4 tuntia. Työntekijä teki normaalisti tehtäviään mittausten aikana. Kiinteistä mittauspisteistä kerättiin näytteet Resiprotor-pumpun avulla membraanisuodattimelle imunopeudella 20 litraa/minuutti (Kolmodin–Hedman ym. 1982).

Työvaatteiden ja ihon kontaminoitumista arvioitiin eri puolille kehoa sijoitettujen suodatinpaperilappujen (10 cm x 10 cm = 1 dm²) avulla. Laput sijoitettiin selkään, rintaan, reiteen ja käsivarteen vaatteiden ulko- ja sisäpinnalle. Käytännössä lappujen näytteenottoaika oli sama kuin hengitysvyöhykenäytteiden. Laput teipattiin mittausten ajaksi vaatteisiin ja siirrettiin sen jälkeen koeputkiin (Davis 1980).

Biologisissa altistumismittauksissa työntekijöiden elimistöön imeytynyt torjunta-ainemäärä pyrittiin arvioimaan virtsanäytteestä. Tätä varten työntekijöiden virtsan permetriinin aineenvaihduntatuotteiden pitoisuutta seurattiin kahden ensimmäisen työpäivän jälkeen otetuista kertavirtsanäytteistä ja neljän työpäivän jälkeen kerätyistä kokonaisvirtsanäytteistä, joiden keräys alkoi heti töiden jälkeen ja kesti n. 20 tuntia.

Suodatin- ja lappunäytteet uutettiin etanolilla (15 ml) ultraäänihauteessa 30 minuuttia, josta permetriini määritettiin kaasukromatografisesti (HP 5880) käyttäen EC-detektoria ja dimetyylisilikonikolonnia. Permetriinin havaitsemisraja

oli $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suodatin- ja $0,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ lappunäytteille (Kolmodin–Hedman ym. 1982).

Virtsanäytteiden permetriinin aineenvaihduntatuotteista tehtiin pentafluoripentyylibromidijohdannainen. Virtsanäytteet uutettiin etanolilla (10 ml). Etanoliliuos haihdutettiin noin 2 ml:ksi pyöröhaihduttimella. Näytteeseen lisättiin rikkihappoa (5 M 5 0,5 ml) ja hydrolysoitiin vesihauteessa (100°C) tunti. Hydrolysoitu näyte puhdistettiin minikolonneilla (SEP-PAKC₁₈, Waters Associates). Kolonnin läpi imettiin ensin metanolia (3 ml) ja etikkahappoa (0,1 M 10 ml) ja jälkeen hydrolysoitu virtsanäyte (3 ml), fosfaattipuskuria (0,05 M 20 ml) ja etikkahappoa (0,1 M 10 ml).

Puhdistettu virtsanäyte otettiin talteen minikolonnista dikloorimetaanilla (5 ml), johon lisättiin fosfaattipuskuria (4 ml). Dikloorimetaanikerrokseen lisättiin tetrabutyyliammoniumhydroksidia (150 μl) ja pentafluorobentsyylibromidia (2 ml) ja ravisteltiin 20 minuuttia. Liuotinkerros otettiin talteen ja haihdutettiin kuiviin typpivirrassa. Jäännös liuotettiin heksaaniin (200 μl) ja määritettiin kaasukromatografisesti kuten työhygieeniset näytteet. Sisäisenä standardina käytettiin mecopropi-fenoksihappoa (*Mecoprop-2-4-chloro-2-methylphenoxypropionic acid*). Kolonnissa käytettiin lämpötilaohjelmaa, jossa alkulämpötila oli 180°C , lämmitysnopeus 5°C minuutissa ja loppulämpötila 220°C . Injektorin lämpötila oli 250°C ja EC-detektorin 380°C . Permetriinin happamien aineenvaihduntatuotteiden havaitsemisraja oli $0,05 \mu\text{g}/\text{ml} = 0,13 \mu\text{mo l/l}$.

Koehenkilöille ($n = 2$) tehtiin normaali terveystarkastus ennen torjunta-aineen käsittelyä sekä perjantaina viikon työskentelyjakson jälkeen. Tarkastuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota työn aikana koettuihin oireisiin.

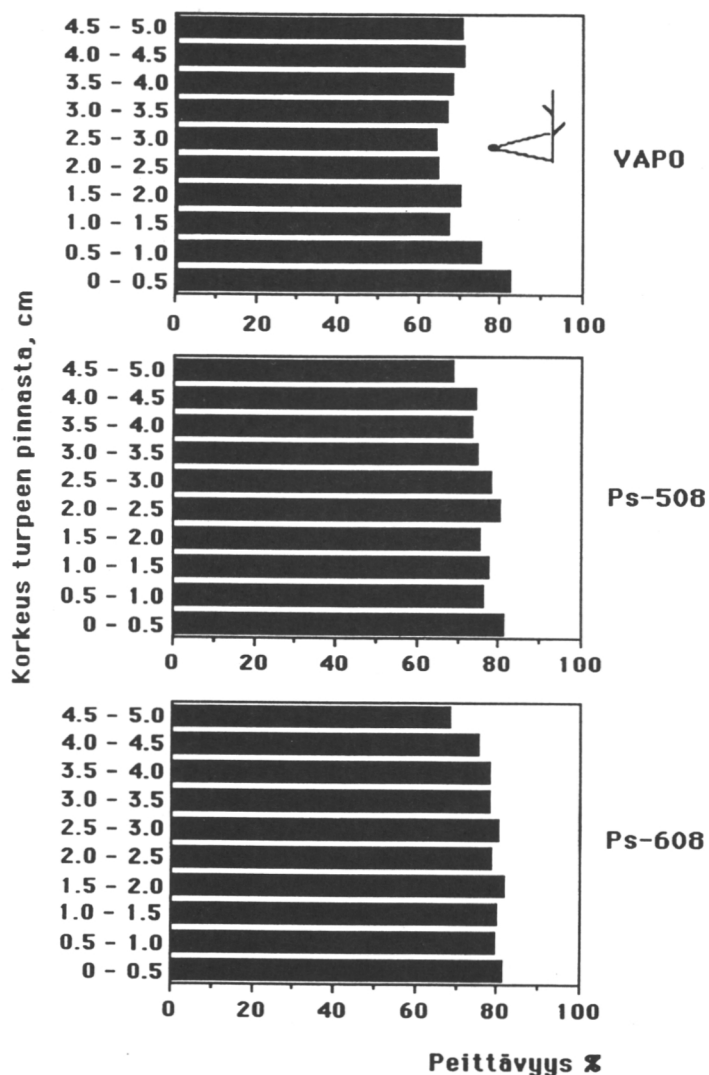
3. Tulokset

3.1. Ainemenekki ja leviämistasaisuus

Työntutkimusaineiston aikana ainemenekki oli $0,18 - 0,28 \text{ dm}^3/\text{ruiskutettava laatikko kuljettimen nopeuden mukaan}$. Aineen levimistasaisuutta selvittävän

kokeen aikana ainemenekki oli 0,1 dm³/laatikko (työn tuotos 8,43 laatikkoa/min).

Aineen leviämistasaisuudessa ei ole merkittävää eroa eri taimien kasvatusten menetelmien (Vapo, Ps-508 ja Ps-608) välillä, vaikka taimien kasvatustiheys on suurempi Ps-508 taimityypillä. Inventoinnin mukaan kasvatusalustan pinnalla horisontaalisessa tasossa olleissa kromekote-lapuisissa (koko 30 mm x 30 mm) peittävyys oli Ps-508 taimityypillä 90 %, Ps-608 97 % ja Vapo-taimilla 98 %.



Kuva 3. Vesakkovärillä värjätyn vesiliuoksen leviäminen taimen runkoon kromekote-lappujen inventoinnin mukaan.

Kehitetty laitteisto ei toiminut täysin toivotulla tavalla. Puutteita havaittiin mm. kuljettimessa olevien laatikoiden tartuntayksiköissä, jotka pitävät laatikon halutussa asennossa sekä aineen sekoittumisessa. Ruiskutustunnelin säiliöstä otettujen näytteiden perimetriinipitoisuudet vaihtelivat erittäin paljon, joten säiliön sekoitus ei ollut ilmeisesti riittävän tehokas. Leviämistasaisuutta selvittävän kokeen aikana ruiskutussäiliö ja valuma-allas olivat erillisiä. Tämä paransi oleellisesti aineen sekoittumista. Laitteisto ei vaurioittanut taimia.

3.2. Työajan menekki ja jakauma

Ruiskutustyössä oli kahden hengen työryhmä. Toinen henkilö syötti taimilaatikat ja toinen otti torjunta-aineella käsitellyt laatikot vastaan sekä asetti ne takaisin kasvatuskentälle. Työstä tehtiin aikatutkimus, jossa mitattiin työn tuotos ja työajan jakaumat.

Tunneliruiskun käyttöajan jakauma oli seuraava:

– varsinainen ruiskutustyö	70,3 %
– ruiskun ja kuljettimien siirto	20,2 %
– ruiskun säätö	0,4 %
– torjunta-aineen lisäys ja siirto valuma-altaasta	8,4 %
– rullaradan korjaus	0,7 %
	100,0 %

Taulukko 1. Työntekijöiden työajan osuudet ilman keskeytyksiä.

Työvaihe	Työntekijä A	Työntekijä B
	osuus, %	
Hakee laatikon	23,2	28,3
Ottaa laatikon	16,3	25,4
Kantaa laatikon	25,6	20,8
Asettaa laatikon maahan		13,9
Syöttää laatikon koneeseen	34,9	
Odotus	–	11,6

Ruiskutustyön tuotos oli 4 laatikkoa /min. Työntekijöiden työajan jakauman mukaan odotusta oli työntekijällä 2. Työntekijällä 1 laatikon syöttö koneeseen on ollut 34,9 % työajasta. Tähän sisältynee osittain myös odotusta. Koneen kuljettimen nopeus oli kokeen aikana 8,4 m/min. Kuljettimen nopeus on säädettävissä 5,4 m/min – 32,6 m/min.

3.3. Kustannukset

Tunneliruiskun kustannuksina on laskelmissa käytetty seuraavia arvoja:

– tunneliruiskun hinta, mk	40.000
– jäännösarvo, % hankintahinnasta	30
– poisto aika, v	5
– korko, %	10
– korjaus-, huolto- ja käyttökustannukset mk/v	500

Laitteiston vuotuinen käyttöaika laskelmissa oli 120 h. Käyttöaika vastaa n. 3 miljoonan taimen käsittelyä. Työntekijän tuntikustannuksena käytettiin 60 mk (sis. sos.kustannukset). Työryhmänä oli kaksi työntekijää.

Edellä esitetyillä laskentaperusteilla tunneliruiskun kustannukset ovat 62,50 mk/h. Torjunta-aineen hinta oli 400 mk/ kg. Torjunta-aineliuosta kului 0.18–0,28 dm³/kasvatuslaatikko tuotoksen mukaan. Kun laskelmissa käytetään keskimääräisenä kulutuksena 0,2 dm³ 2 % liuosta, kului varsinaista torjunta-ainetta 4 g/ kasvatuslaatikko. Torjunta-aineen hinta oli 1,6 p/taimi, kun laatikon taimimääränä oli 100 tainta. Ruiskutustyön tuotoksena on laskelmissa käytetty 4 laatikkoa/min. Käsittelyn kokonaiskustannukset olivat 2,4 p/taimi.

3.4. Altistuminen torjunta-aineille

Työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä mitatut perimetriinipitoisuudet ruiskutusten aikana olivat alhaiset (alle 0,01–0,02 mg/m³). Torjunta-aineen laimennuksien aikana mitattiin selvästi korkeampia perimetriinipitoisuuksia sekä kiinteistä mittauspisteistä (0,14 mg/m³) että hengitysvyöhykkeeltä (0,02 mg/m³) (taulukko 2).

Taulukko 2. Ilman permetriinipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hengitysvyöhykkeellä (hv, n=5) ja kiinteissä näytteenottopisteissä (kp, n=3) torjunta-aineliuoksen valmistamisen (360 dm^3) ja paakkutaimien ruiskutuksen yhteydessä.

mittauspiste	permetriinipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	keskiarvo	vaihteluväli	n
1. työntekijä A (hv)	5,3	-0,4 – 23,7	5
2. työntekijä B (hv)	2,2	-0,4 – 7,7	5
3. liuoksen valmistaminen (kp)	64,5	23,7 – 137,5	3
4. ruiskutustunnelin syöttöpuoli (kp)	<0,5	–	3
5. kuljettimen takaosa (kp)	<0,5	–	3
6. ruiskutettujen taimien kuljetushihna (kp)	<0,5	–	3

Lappunäyttein mitattu työvaatteiden kontaminoituminen oli liuoksen valmistaneella työntekijällä 0,23 – 4,3 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{h}$ ja taimien käsittelyä ja laitteiston huoltotyötä tehneellä 0,32 – 0,60 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{h}$. Korkeimmat kontaminaatioarvot mitattiin torjunta-aineliuoksen valmistamisen ja ruiskutustunnelin korjauksen yhteydessä. Tuolloin työvaatteen läpi mennyt torjunta-ainemäärä oli 31 ja 44 % ulkopinnalle tulleen torjunta-aineen määrästä. Lapputestein mitattu ihon kautta tapahtuva altistuminen jäi pieneksi (taulukko 3.). Altistumisen vähäisyyttä osoitti myös cis- ja trans-permetriinin aineenvaihduntatuotteiden määrät virtsassa, jotka kaikki jäivät alle määritysrajan.

Taulukko 3. Suojavaatteen ulkopuolelle (ulko) ja läpi tulleen (sisä) torjunta-aineen määrä ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$) sekä suojavaatteen torjunta-aineen läpäisevyys (%)

pv	permetriini ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$)					
	ulko	sisä	läpäisevyys, %	ulko	sisä	läpäisevyys, %
	työntekijä A			työntekijä B		
1.	4228	289	7	598	276	46
2.	893	53	6	37	67	10
3.	234	104	44	352	79	31
4.	436	52	12	324	20	6

Suojakäsineiden sisäpuolelta aluskäsineistä löydettiin permetriiniä korkeimmillaan 2 mg käsineparista, joten käsien kontaminoitumista tapahtui jonkin verran suojakäsineistä huolimatta. Osaksi tämä johtui siitä, että korjaustöitä tehtiin ilman suojakäsineitä (taulukko 4).

Taulukko 4. Työntekijä A:n suojakäsineiden alla olevien puuvillakäsineiden permetriinipitoisuus (mg/käsinepari)

näytteenotto	permetriinipitoisuus mg/käsinepari
1.	2,00
2.	1,10
3.	0,08
4.	0,85
5.	0,06

Työjakson jälkeen tehdyssä terveystarkastuksessa ei työntekijöillä havaittu merkittäviä torjunta-ainealtistumiseen liittyviä oireita lukuunottamatta sitä, että työntekijät valittivat kasvojen kirvelyä ja ärsytystä.

4. Tulosten tarkastelu

Tämä tutkimus on suppea, prototyypilaitteistoa on käytetty vain tämän tutkimuksen aikana. Tutkimuksessa saatu tieto ja kokemus osoittaa ruiskun toimintaperiaatteen mielenkiintoiseksi ja kehittämiskelpoiseksi.

Laatikon kallistamisen vaikutusta torjunta-aineen vähentämiseen kasvualustassa ei tässä tutkimuksessa voitu määrittää. Vertailu vaatisi erillisen kokeen, jossa verrataan ruiskutusta laatikoiden ollessa horisontaalisessa ja lähes vertikaalitasossa. Nykyisin käytössä on laitteistoja, joissa laatikot ovat kasvatuspaikalla ja ne käsitellään traktorisovitteisella ruiskulla (esim. m. Pitkäniitty). Tutkimuksen jatkaminen ja edellisten vaihtoehtojen vertaaminen olisi tarkoituksenmukaista.

Aineen leviäminen verson pinnalle oli noin 80 % käytetyn inventointimenetelmän mukaan. Silmämääräisen tarkastalun mukaan taimet olivat kuitenkin kokonaan

käsiteltyjä. Voi olla, ettei kromekote-paperin ja väriliuoksen käyttö ole näin pienillä taimilla ja kasvatustiheyksillä täysin luotettava menetelmä. Menetelmä kuitenkin antaa eri taimilajien välisen vertailun. Käsittelyn jälkeinen syöttökoe tukkimiehentäillä olisi myös tarkoituksenmukaista.

Torjunta-ainekustannus oli 1,6 penniä ja käsittelykustannus 0,8 penniä tainta kohden. Tämä on varsin kohtuullinen. Taimien käsittely yleensäkin taimitarhoilla on perustellumpi ja kustannuksiltaan huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuin maastokäsittely. Torjunnan hehtaarikustannukseksi tulee n. 60 mk 2500 taimen istutusmäärälle, kun se Tervon (1989) tutkimuksen mukaan maastossa istutuksen jälkeen reppuruiskulla tehtynä oli 190-482 mk/ha. Myös paljasjuuristen taimien käsittelyä tukkimiehentäitä vastaan esim. uudelleenkierrätysperiaatteella toimivalla ruiskulla tulisi selvittää tarkemmin (Tervo 1984, Tervo, ym. 1991).

Permetriinien haitalliseksi tunnettu pitoisuus ilmassa (HTP_{8h}) on 5 mg/m^3 . Työhygieenisten mittausten mukaan työntekijöiden altistuminen permetriinille oli huomattavasti alle tuon pitoisuuden. Myös virtsasta määritettyjen permetriinin metaboliatuotteiden perusteella laskettuna työntekijöiden altistuminen oli vähäistä. Permetriinin ADI-arvo (*acceptable daily intake*) on $0,05 \text{ mg/kg}$. ADI-arvoa ylittymättä täysikasvuinen 70 kg painava työntekijä voi altistua permetriinille $3,5 \text{ mg}$ päivässä. Virtsanäytteiden cis- ja trans-permetriinipitoisuudet olivat kaikki alle määritysrajan ($0,05 \text{ } \mu\text{g/ml}$). Permetriinin havaitsemisrajasta laskettu työntekijöiden päivittäinen altistuminen permetriinille oli alle $0,075 \text{ mg}$; noin 1 % ADI-arvosta, mikä työhygieenisten mittausten ohella osoitti, että työntekijöiden altistuminen permetriinille oli alhainen (FAO/WHO 1985). Suojavaatetuksen ja käsien kontaminaatiomittaukset osoittivat kuitenkin, että asianmukainen suojautuminen työssä on tarpeen.

Työjakson jälkeen tehdyssä terveystarkastuksessa ei työntekijöillä havaittu torjunta-ainealtistumiseen liittyviä oireita lukuunottamatta sitä, että työntekijät valittivat kasvojen kirvelyä ja ärsytystä.

Tässä tutkimuksessa käytettyjä jauhemaisia valmisteita laimennettaessa olisi suositeltavaa käyttää hengityksensuojainta. Sopiva hengityksensuojain on puoli-naamari, jossa on vaihdettava suodatin (luokka P2). Jauhemaisten valmisteiden raekokoa suurentamalla pölyäminen laimennusvaiheessa vähenisi. Jauheet voi-

daan pakata vedessä liukeneviin pakkauksiin tai valmistusvaiheessa torjunta-ainepartikkelit päällystää ohuella kalvolla, jolloin myös laimennusvaiheen pölyäminen loppuisi. Kauppavalmisteen muuttaminen liuosmuotoon vähentää altistumista laimennusvaiheessa (Metker ym. 1977). Teknisenä ratkaisuna mittausvaiheen altistumisen vähentämiseen suositellaan esimerkiksi vetokaapin käyttöä.

Kirjallisuus

Annala, E. 1982. Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta. Lindane treatment against hylobius damage on paper pot seedlings of Scots pine. *Folia Forestalia* 512. 14 s.

Dahl, G. H. 1984. Controlled release pesticide formulations. Julkaisussa: Determination and assessment of pesticide exposure. Siewierski M. Elsevier. Amsterdam. s.203–211.

Davis, J. E. 1980. Minimizing occupational exposure to pesticides: Personal monitoring. Julkaisussa: Gunther, F. A. (toim.) Residue Reviews. Springer, Berliini. 75: 33–50.

Eidmann, H.H. ja von Sydow, F. 1989. Stockings for Protection of Containerized Conifer Seedlings against Pine Weevil (*Hylobius abietis* L.) Damage. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:537–547.

Elliot, M., Janes, N. F., Pulman, D.A., Gaughan, L. C., Unai, T., ja Casida, J. E. 1976. Radiosynthesis and metabolism in rats of the *ir* isomer of the insecticide permethrin. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 24: 2:270–276.

FAO/WHO. 1980 Permethrin. Julkaisussa: Pesticide residues in food 1979. Evaluations. Rooma. Food and Agriculture Organization of the United Nations. s. 369–425.

FAO/WHO 1985. Evaluations of some pesticide Residues in food. Rooma. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO Plant Production and Protection Paper).

Gaughan, L. C, Unai T, ja Casida J. E. 1977. Permethrin Metabolism in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25: 1: 9–17

Gård, R. & Sandgren, M. 1982. Skydd mot snytbaggeangrepp. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat 1. 6 s.

Herranen, T. 1988. Tukkimiehentäin torjuntalaite Teho-1500. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Seloste 6:1-7.

Higgins, A. H. 1967. Spread factors for technical malathion spray. *Journal of Economy and Entomology* 60:280-281.

HTP-arvot 1987. Turvallisuustiedote 25. Työsuojeluhallitus. Valtion painatuskeskus.

Juutinen, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 54(5):1-80.

Kolmodin-Hedman B., Swensson Å., Åkerblom M. 1982. Occupational exposure to some synthetic pyrethroids (Permethrin and Fenvalerate). *Archives of Toxicology* 50: 27-33.

Kolmodin-Hedman B., Edling C., Fischer T., Rand G. ja Åkerblom M. 1982. Undersökning av nya applikationsmetoder för snytbaggbekämpning med pyretroider. *Läkartidningen* 79: 21: 2105-2107.

Lilja, S. 1985. Taimituhot ja niiden torjunta metsänviljelyalalla. Metsänuudistaminen, koulutustilaisuus 8.11.1985. Metsäalan Toimihenkilöt, Pohjois-Savon Piiriyhdistys ry. s.18-27.

Lindström, A. 1983. Kragar mot snytbaggeangrepp på skogsplantor. Skogsakta. *Biologi och skogsskötsel* 5. 4 s.

Lindström, A., Hellqvist, C., Gyldberg, B., Långström B. & Mattsson, A. 1986. Field performance of a protective collar against damage by *Hylobius abietis*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 3-15.

Långström, B. 1985. Tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970–1971. Yhteispohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset. Summary: Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970–1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study. *Folia Forestalia* 612. 11 s.

Manninen, A., Kangas J., Klen T. ja Savolainen H. 1986. Exposure of Finnish farm workers to phenoxy Acid Herbicides. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 15: 107–111.

Metker L.W., Angerhofer, R.A., Pope, C.R. ja Swentzel, K. C. 1977. Toxicology. Evaluation of 3-(phenoxyphenyl)methyl(+)-cis, trans-3-(2,2-Dichloroethyl)-2,2- dimethylcyclopropanecarboxylate (permethrin). U.S. Army Environmental Hygiene Agency Report No 75-51-0837-78.

Nilsson, A. 1984. Ny snytbaggesspruta på ingång. *Skogen* 9:29.

Pullinen, J. 1990. Paakkutaimet vaativat suojausta tukkimiehentäitä vastaan. *Metsä ja Puu* 8:33–34.

Safe Use of Pesticides. Twentieth Report of the WHO Expert committee on insecticides. World Health Organization, Geneve 1973. 54 s. (WHO Technical report series 634).

Samuelsson, H., Grunberg, B. ja Thorsén, Å. 1984. Plantering av plantor försedda med mekaniska skydd mot snytbagge. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat 19. 4 s.

Spraying Systems Co. 1987. Engineers & manufacturers Industrial catalog. North Avenue, Wheaton, Illinois 60188.

Suoheimo, J. 1985. Tukkimiehentäin torjuntakokeet Solo-ruiskulla. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. PM 1985 (8). 4 s.

Tervo, L. 1984. Uudelleenkierrätysperiaatteella toimiva kasvinsuojeluruisku taimitarhalla. Suonenjoen tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 164. 32 s.

Tervo, L. 1989. Ekbacken-ruisku tukkimiehentäin torjuntaan metsänviljelyaloilla. Suonenjoen tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 338. 15 s.

Tervo, L., Kangas, J. ja Kurttio, P. 1991. A Nursery Sprayer with the Recycling Principle. Scandinavian Journal of Forest Research. 6: 259–270.

Tyystjärvi, P. 1989. Uusi paakkutaimien ruiskutuslaite. Moniste. 2 s.

Wershoyle, R.D., Aldridge, W.N. 1980. Structure-activity relationship of some pypethroids in rats. Archives of Toxicology 45: 325–329.

ISBN 951-40-1220-8

ISSN 0358-4283

Suonenjoen kirjapaino Ky

Suonenjoki 1992