

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 17

MUHOXEN TUTKIMUSASEMA

ISSN 0358-4283



JORMA ISSAKAINEN JA MIKKO MOILANEN

**LENTOLANNOITUKSEN LEVITYSTASAISUUDESTA JA
TYÖJÄLJEN VALVONTAMENETELMÄN KEHITTÄMISESTÄ**

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

MUHOS 1981

Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 17
MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen

LENTOLANNOITUKSEN LEVITYSTASAISUUDESTA JA TYÖJÄLJEN
VALVONTAMENETELMÄN KEHITTÄMISESTÄ

Muhos 1981

ISSN 0358-4283

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa tarkasteltiin lentolevityksen työjäljen tasaisuutta käytännön lannoitustyömailla. Levitystyön valvontamenetelmän kehittämiseksi selvitettiin lannoitteen keräyssuppiloiden määrän ja sijoitustavan vaikutusta lannoitemäärän arvion luotettavuuteen. Aineisto kerättiin Metsähallituksen Nurmeksen hoitoalueen lentolannoitustyömailta syksyllä 1978.

Lentolevityksen työjäljen todettiin sekä lentokonetta että helikopteria käytettäessä olevan erittäin epätasaista. Osa kuviota sai lannoitetta 2 - 4 kertaa tavoitemäärän ja vastaavasti esiintyi n. 0,5 ha:n suuruisia lannoittamattomia alueita. Ojat eivät välttyneet lannoitteelta.

Pyrittäessä tasaisempaan levitystulokseen on nykyistä enemmän kiinnitettävä huomiota maastokuvioiden rajojen ja lentolinjojen merkitsemiseen. Tulosten mukaan näytesuppiloita on luotettavan lannoitemääräarvion saamiseksi sijoitettava ympäri lannoitettavaa aluetta kuvion koosta riippuen vähintään 25 - 30 kpl. Lentäjän subjektiivisuuden välttämiseksi tulisi suppiloiden sijainti maastossa olla huomaamaton.

Käytäntöä ajatellen on tutkimuksessa todettu levityksen epätasaisuus liian suuri. Paitsi puuston kasvutappioiden voi yliannostuksen vaikutus ilmetä jatkossa kasvuhäiriöinä ja puiden altistumisena sienien- tai hyönteistuhoilille.

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1. JOHDANTO	1
2. AINEISTON KERUU	3
21. Koejärjestely	3
22. Näytteiden keruu ja analysointi	4
3. TULOKSET	7
31. Lannoitteen levitystasaisuus ja näytesuppiloiden määrä	7
32. Näytesuppilot hajallaan ja viiden ryppäissä	11
33. Levitys kuvion rajalla	13
34. Näytesuppiloiden sijoittelu puuston suhteen	15
35. Suppiloparien lannoitemäärän sisäinen vaihtelu	15
4. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	17
KIRJALLISUUS	20
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Metsänlannoituksen voimakkaasti yleistyessä 1960-luvulla suunnattiin huomiota levitystyön rationalisointiin. Erilaiset koneelliset levitysmenetelmät vakiintuivat käyttöön 1970-luvulle siirryttäessä, jolloin koneellisen levitystyön osuus oli jo n. 30 % vuotuisesta lannoitusosalasta (HEINO ja TYNKKYENEN 1972). Etenkin lentokoneen käyttöä pyrittiin lannoituksessa edistämään suurilla, etäisillä ja vaikeapääsyisillä kohteilla.

Lentolevityksen työjälki havaittiin kuitenkin perinteiseen käsinlevitykseen verrattuna varsin epätasaiseksi (mm. HAGNER ym. 1966, PAAVILAINEN 1972). Lannoittamattomia kaistoja esiintyi yleisesti ja vastaavasti oli lannoitetta kasautunut liikaa tiettyihin kohtiin. Kun lisäksi todettiin lannoitusvaikutuksen puiden kasvuun jäävän lentolannoitustyömaille 20 - 30 % alhaisemmaksi kuin käsinlannoitetuilla vertailualoilla (mm. HAGNER 1966, ERKEN ja FAHLROTH 1967), alettiin kiinnittää huomiota levitinlaitteiden ominaisuuksien ja levitystekniikan kehittämiseen.

Lentolannoitusta koskevaa tutkimustyötä on Suomessa tehnyt lähinnä VIRTANEN (1975, 1976). Tutkimuksissa on selvitetty lentokorkeuden ja lentoasennon merkitystä ja erilaisilla levitinlaitteilla saatavaa lannoitekaistan lannoitejakaumaa ja leveyttä. Lentotekniikan ohella on arvioitu käytännön työmaiden lannoitustasaisuutta ja tasaisuuden parantamismahdollisuuksia työmenetelmiä kehittämällä (PAAVILAINEN ja VIRTANEN 1977, 1979). VIRTASEN tutkimuksissa painotetaan työmaan ennakkosuunnittelun ja lennonjohtomenetelmän merkitystä työn onnistumiselle.

Nopean ja luotettavan valvontamenetelmän kehittämistarve käytännön lannoitustyömaille varten tiedostettiin etenkin

Metsähallituksen taholla. HUUHTANEN ja VIRTANEN (1974) esittivät menetelmän, jossa työjäljen tarkkailu tapahtuu lannoituskuvioiden tietäessä osassa kohtisuoraan lentolinjoja vastaan asetettavilla lannoitteen keräys-suppiloilla. Tätä menetelmää on Metsähallitus sittemmin käyttänyt. Menetelmää on kuitenkin pidetty puutteellisenä, koska sillä testataan lähinnä levityslaitteen työjälkeä eikä koko kuviolle tulevan lannoitemäärän arviota ja sen luotettavuutta. On esimerkiksi haluttu tietää, tuleeko kohteille kauttaaltaan lannoitetta, saako tietty osa kuviota suuria yliannoksia, joutuuko lannoitetta kuvion ulkopuolelle, kuinka maastokuvioiden reuna-alueiden lannoitus onnistuu jne.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään työjäljen valvontamenetelmän kehittämiseksi tarvittavia tunnuksia. Täten tarkasteltiin

- näytesuppiloiden määrän ja sijoitustavan vaikutusta lannoitemääräarvion keskihajontaan ja luotettavuuteen
- puuston vaikutusta suppiloihin tulevaan lannoitemäärään
- lannoitteen jakaantumisen tasaisuutta, etenkin kuvion reunaosalla

Aloitteen tämän tutkimuksen tekemiseksi teki ylitarkastaja PAAVO HOKKA Metsähallituksen kehittämisjaostosta keskusteltuaan keväällä 1978 MML KALEVI KARSISTON kanssa lentolannoituksen levitystasaisuusmittauksista. MML KALEVI KARSISTO antoi erikoisteknikko JORMA ISSAKAISELLE syksyllä 1978 ohjeet tutkimuksen suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi yhteistyössä Metsähallituksen kehittämisjaoston kanssa. Tehtävässä avustivat metsäinsinöörit TARMO HERRANEN ja MARTTI HEDEMAKI kehittämisjaostosta. He valitsivat tutkimustyömaat, järjestivät kenttäapulaisia ja hankkivat tarvittavaa kalustoa.

Tämän osittain keskeneräiseksi jääneen tutkimuksen alustavaan raporttiin ovat tutustuneet ylijohtaja OLAVI HUIKARI, MML KALEVI KARSISTO ja aluemetsänhoitaja PAAVO HOKKA. Metsänhoitaja MIKKO MOILANEN on viimeistellyt aineiston laskennallisesti ja tehnyt käsikirjoituksen. Kuvat on piirtänyt IRENE ISOKANGAS ja puhtaaksikirjoituksen ovat hoitaneet RITVA HAMARI ja EIJA KUKI. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professori EERO PAAVILAINEN ja MMT JAAKKO VIRTANEN.

Kaikille tässä mainituille ja muille työhön osallistuneille haluavat tekijät lausua parhaat kiitoksensa.

2. AINEISTON KERUU

21. Koejärjestely

Tutkimusaineisto kerättiin Metsähallituksen Nurmeksen hoitoalueen käytännön lannoitustyömailta syys-lokakuussa 1978. Lannoitteen levitykseen käytettiin lentokonetta ja helikopteria. Lentokonelevitys tehtiin Kiikkukankaan runsaspuustoisilla 1950-luvun ojitusalueilla ja helikopterilevitys Rostuan seudun kangasmaan taimikoissa.

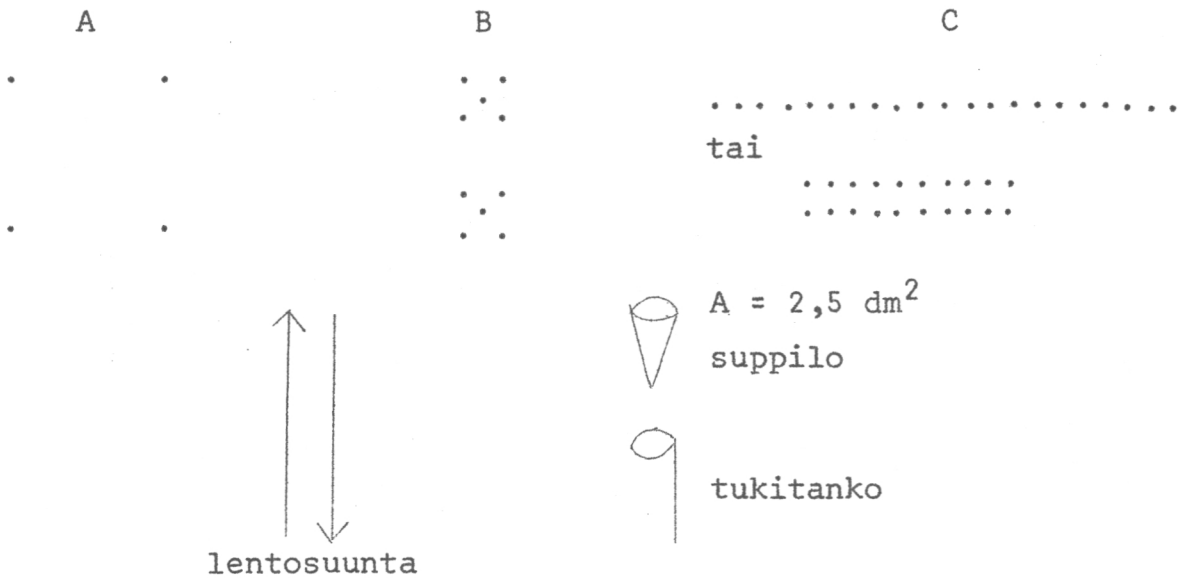
Lentokonelevitys suoritettiin Cessna-merkkisellä koneella, johon oli kytketty potkuri- ja ilmavirralla toimiva auralevitin. Levitys pyrittiin tekemään ns. peittomenetelmänä, jolloin lannoituskaistat peittävät toisensa siten, että koko alueelle tulee 2 - 4 -kertainen lannoitepeitto. Lannoitteena lentokonelevityksessä käytettiin rakeista fosforirikasta Y-lannosta (NPK) ja tavoiteannostus ojattomalle alalle oli 500 kg/ha. Osittain paakkuuntunut lannoite toimitettiin n. 700 kg:n suursäkeissä. Lentäjällä oli työstä monivuotinen kokemus. Huonoista sääoloista johtuen työjälkeä voitiin tarkkailla ainoastaan kahdella suokuviolla (liite 1, kuvat 1 ja 2). Puusto lentokonelevityskohteilla oli 5 - 13 m:n mittaista

hoidettua männikköä. Lentokorkeus vaihteli 10 - 20 m:iin puiden latvojen yläpuolella.

Helikopterilevitys tehtiin amerikkalaisella Sikorsky S55B -nimisellä 800 hv:n mäntämoottorikoneella. Sen nostoteho oli lentäjä mukaan lukien 1 000 kg ja työnepeus 57 km tunnissa. Helikopterin alla vaijerin varassa riippuva keskipakoislevitin painoi 130 kg ja oli tilavuudeltaan 1 100 l. Levittimen voimanlähteenä toimi erillinen polttomoottori. Lannoitteen syöttö heittopyörälle tapahtui sähkökytkennällä ohjaamosta. Levitettävä lannoite oli hyvälaatuista, n. 750 kg:n säkkeihin pakattua rakeista ureaa ja tavoitemäärä 350 kg/ha. Levitys suoritettiin ns. kaistalentona, jolloin lannoituskaistat peittivät vain osittain toisensa. Koneen kuljettajana toimi hyvän työkokemuksen omaava lentäjä. Mittauksia suoritettiin kahdeksalla kangasmaakuviolla (liite 1, kuviot 3 - 10), joista suurin osa oli 2 - 4 m:n mittaista hoidettua männyntaimistoa. Ennen helikopterilevityksen aloittamista levittimen annostus säädettiin avoimessa maastossa, jolloin lannoituskaistan leveydeksi saatiin n. 25 m ja levitystasaisuus todettiin riittäväksi (poikkeamaprosentti 16,7). Helikopterilevityksessä lentokorkeus oli 15 - 25 m taimiston yläpuolella.

22. Näytteiden keruu ja analysointi

Näytteet kerättiin tukikehikkoon asetetuilla kankaasta valmistetuilla suppiloilla, joiden suupinta-ala oli $2,5 \text{ dm}^2$ (katso VIRTANEN 1975). Maahan kiinnitettynä suppilon yläreuna oli n. 0,4 m:n korkeudella. Suppiloiden sijoittelussa maastoon käytettiin apuna kompassia ja suppiloiden väliset etäisyydet mitattiin. Suppilot asetettiin puiden välisiin aukkoihin. Tutkimuksen koejärjestely ja suppiloiden sijoitustavat nähdään kuvasta 1 (katso myös liite 1).



KUVA 1. Näytesuppiloiden sijoittelu lentolinjojen suhteen.

- A = suppilot hajallaan 20 tai 40 m:n välein
 B = suppilot ryppäissä (4 - 6 rypästä/kuvio)
 C = hoitoalueen käyttämä valvontamenetelmä (suppilot 2 - 4 m:n välein)

Lentokonelevityksen lannoitemäärien selvittämiseksi näytteet seulottiin kolmeen läpimittaluokkaan ja laskettiin luokkien raeluvut (katso HUUHTANEN ja VIRTANEN 1974). Hehtaariannostuksen määrittämiseen sovellettiin typpirikkaan Super Y-lannoksen muuntolukutaulukkoa, koska tutkimuksessa käytetyn fosforirikkaan Super Y-lannoksen muuntolukuja ei ollut saatavana. Joskin em. lannoitteet ovat rakenteeltaan samanlaisia, saattoi tuloksiin tulla systemaattista virhettä. Kuitenkaan sillä ei ole merkitystä eri näytteenottomenetelmiä vertaattaessa.

Helikopterilevityksessä suppiloiden lannoitemäärä mitattiin välittömästi levityksen jälkeen maastossa. Lannoite kaadettiin mittalasiin, josta luettu lannoitteen tilavuus muunnettiin tilavuuspainon avulla hehtaarikohtaiseksi lannoitemääräksi (HUUHTANEN ja VIRTANEN 1974).

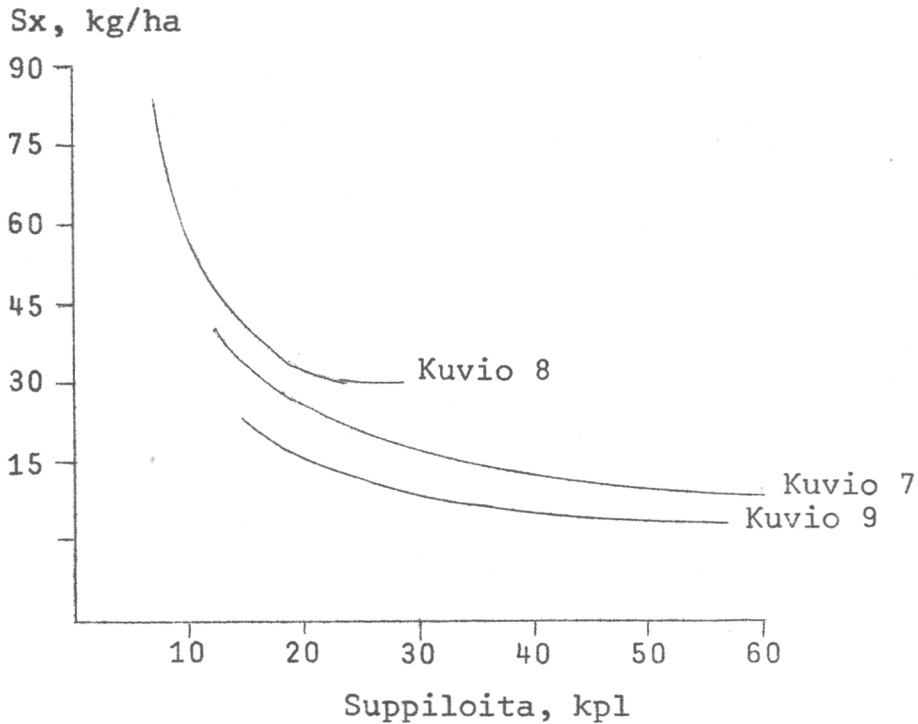
Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää Metsähallituksen käyttämän levitystasaisuuden valvontamenetelmän luotettavuutta ja verrata sitä tutkimuksessa kokeiltuihin menetelmiin. Metsähallituksen käytössä olleiden ohjeiden mukaan suoritti hoitoalueen työryhmä itse tutkimuksesta erillisenä vaiheena levitystasaisuuden tarkkailun. Valvontamenetelmä perustui HUUHTASEN ja VIRTASEN lannoitusoppaan ohjeisiin, joiden mukaan kohtisuoraan lentosuuntaa vasten tuli asettaa riviin 21 suppiloa 2 - 3 m:n välein. Helikopterilevityksessä hoitoalueen valvontaryhmä käytti kuitenkin em. ohjeesta poikkeavasti 10 suppiloparia n. 4 m:n välein kohtisuoraan lentosuuntaa vasten.

Lannoituksen levitystasaisuuden mittana käytettiin poikkeamaprosenttimenetelmää, jonka on katsottu soveltuvan hyvin käytännön lannoitustasaisuuden tarkkailuun ja kuvaavan riittävästi mittausaineiston hajontaa (VIRTANEN 1975).

Poikkeamaprosentti:

$$P_p = \frac{\text{Näytteet (kpl) yli } \pm 50 \% \text{ tavoitemäärästä (kg/ha)}}{\text{Kokonaisnäytemäärä (kpl)}} \cdot 100 \%$$

Poikkeamaprosenttien vertailun lisäksi laskettiin eri menetelmillä saaduille lannoitemääräarvioille keskihajonta ja 95 %:n luotettavuusväli. Lisäksi katsottiin, poikkeavatko eri näytteenottomenetelmillä saadut arviot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan tai tavoitemäärästä. Syksyn 1978 huonoista sääoloista ja suppiloiden vähyydestä johtuen ei kaikkia kokeita voitu toistaa aineiston tilastollisen käsittelyn kannalta riittävästi, joten pitemmälle menevään laskentaan ei ollut mahdollisuuksia.



KUVA 2. Keskiarvon keskivirheen riippuvuus näytesuppiloiden lukumäärästä.

3. TULOKSET

31. Lannoitteen levitystasaisuus ja näytesuppiloiden määrä

Helikopterilevityksen kolmella taimistokohteella (kuviot 7 - 9) selvitettiin lannoitemäärän poikkeamaprosentin ja aineiston hajonnan riippuvuutta näytesuppiloiden lukumäärästä. Suppilot asetettiin systemaattisesti kuvion koosta riippuen 20 x 20 m:n, 10 x 20 m:n tai 20 x 40 m:n välein. Suppilot muodostivat otantakehikon, josta valittiin vaihtelevan kokoisia otoksia (joka toinen, joka kolmas suppilo, kaksi tai kolme suppiloriviä kohtisuoraan lentosuuntaa vasten jne.).

Kuva 2 esittää lannoitemääräarvion keskiarvon keskivirheen riippuvuutta näytesuppiloiden lukumäärästä. Suppilomäärän laskiessa alle 30:n alkoi hajonta voimakkaasti kasvaa ja saadun tuloksen luotettavuus alentua. Hajontaan ei vaikuttanut suuresti se, otettiinkö suppilot tasaisesti koko kuvion alueelta vai riveittäin.

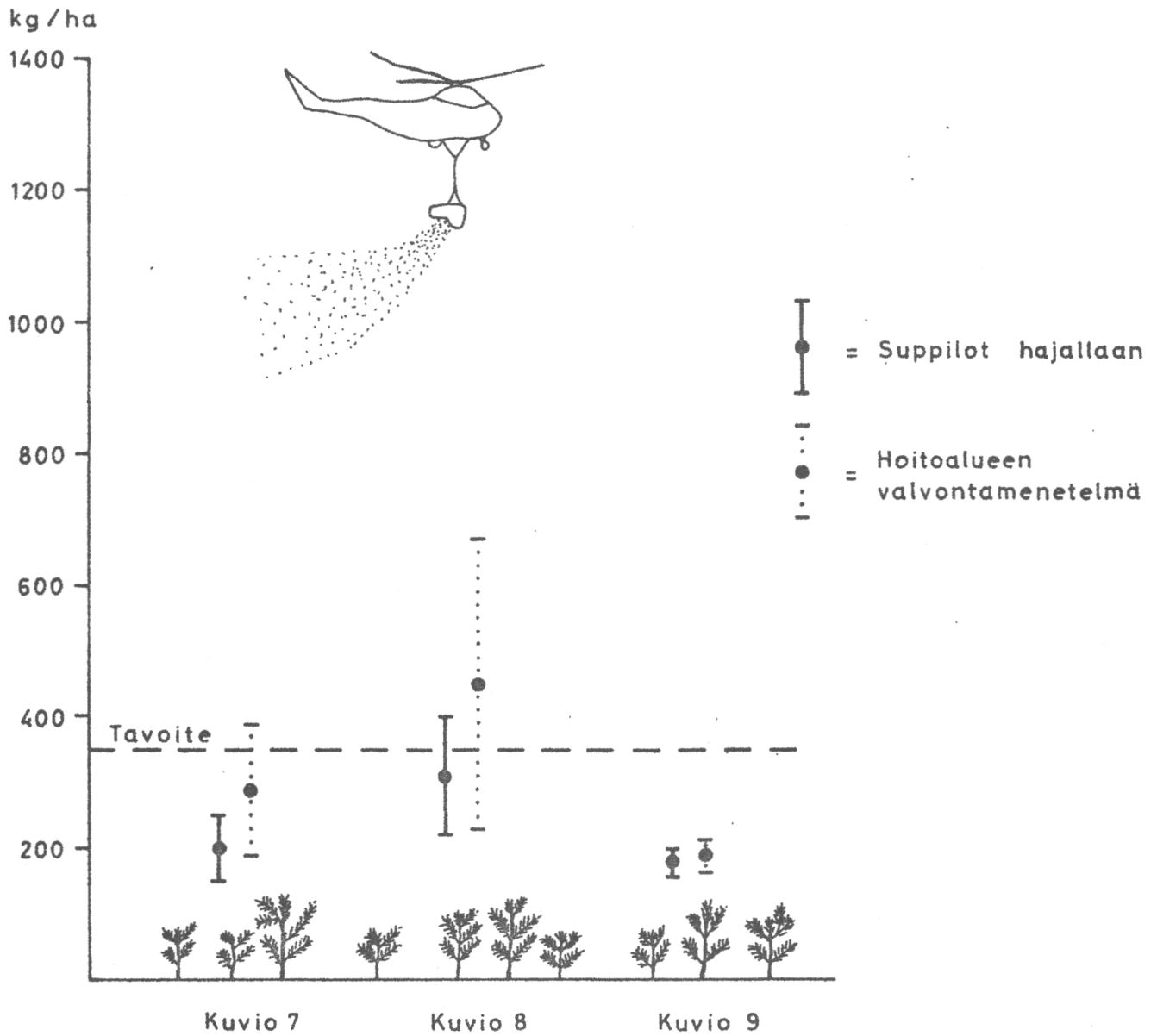
Hehtaarikohtaisesta tavoitemäärästä jäätettiin alle, varsinkin kuvioilla 7 ja 9, joilla ero tavoitteeseen (350 kg/ha) oli tilastollisesti merkitsevä (95 %:n luotettavuus). Verrattaessa tasaisesti koko kuviolle sijoitettujen suppiloiden tulosta Metsähallituksen valvontaryhmän menetelmällä saatuun havaittiin viimeksi mainitun lannoitearvio ja keskivirhe huomattavasti suuremmaksi kuvioilla 7 ja 8 (kuva 3). Kuviolla 9 valvontaryhmän suppilot osuivat puolestaan tasaisesti lannoitetta saaneelle alueelle. Tilastollisesti merkitseviksi eivät erot menetelmien välillä kuitenkaan muodostuneet aineiston suuren hajonnan vuoksi.

Levitys todettiin varsin epätasaiseksi. Kuvioille 7 ja 9 jäi 0,5 ha:n kokoisia lannoittamattomia alueita ja vastaavasti esiintyi paikoitellen yliannostusta (kuva 4). Avoimessa maastossa saatuun helikopterin testitulokseen verrattuna jäi työjälki itse käytännön levitystyössä oleellisesti epätasaisemmaksi.

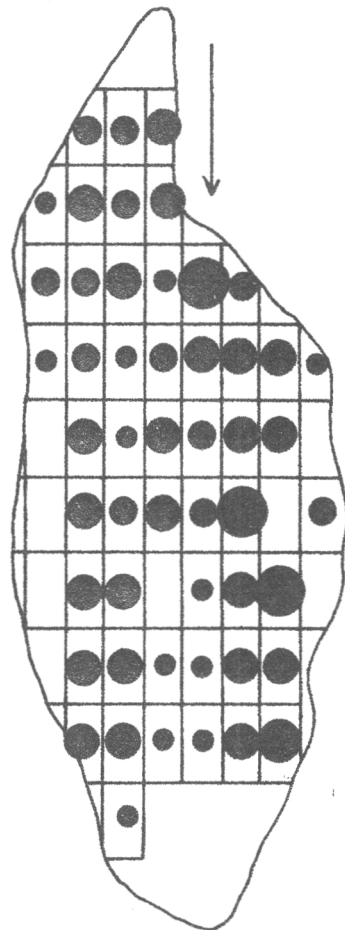
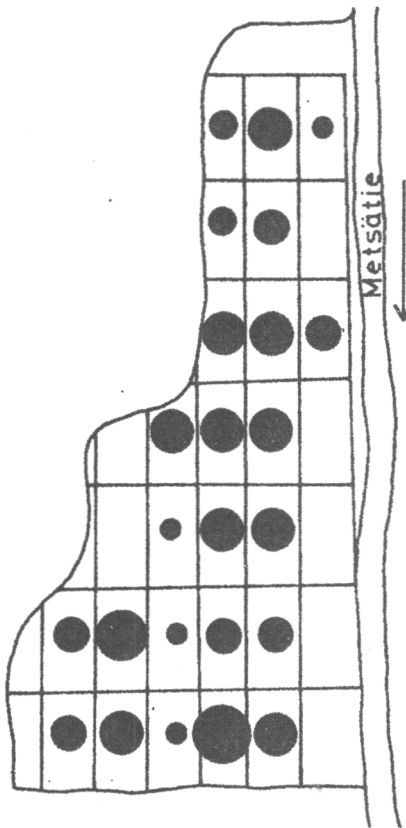
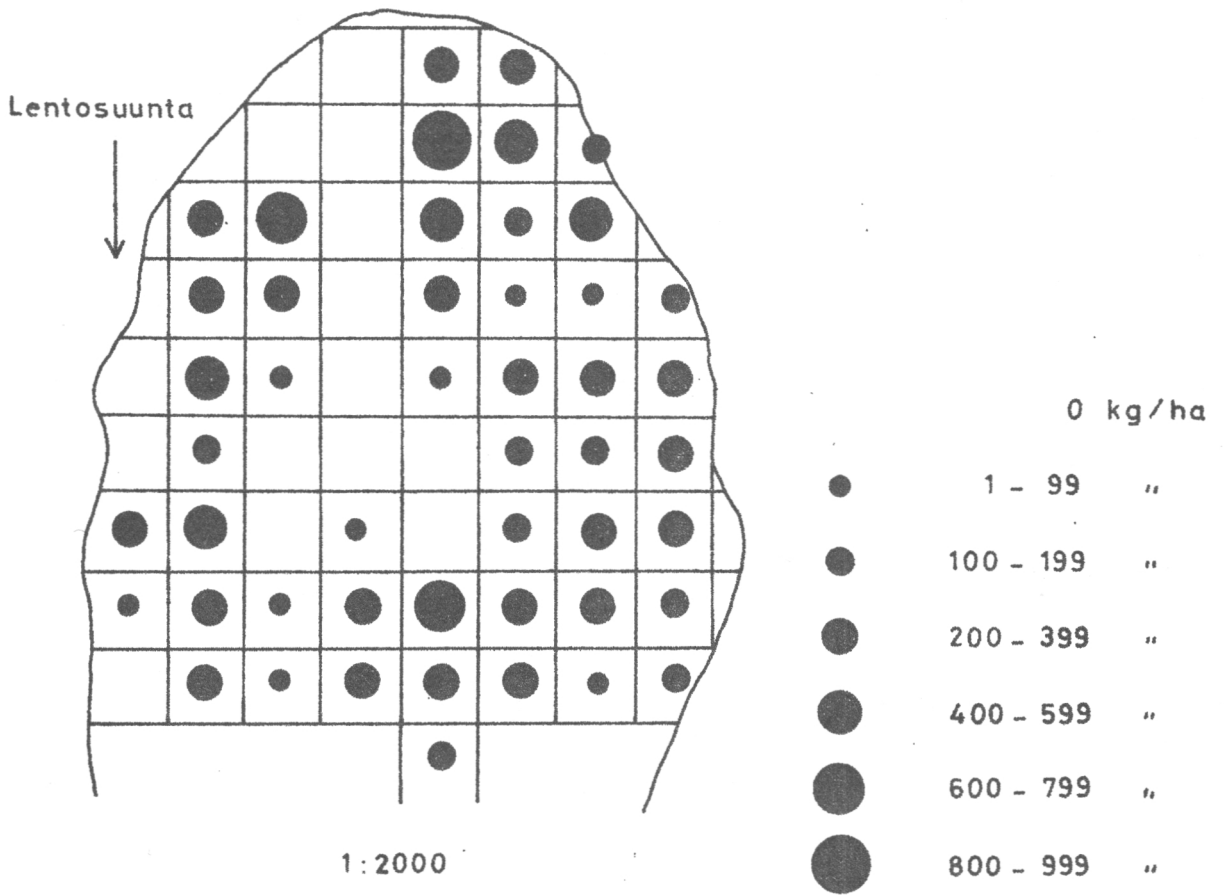
Poikkeamaprosenttien ja keskiarvon keskivirheen vertailu näytteenottomenetelmittain esitetään seuraavassa asetelmassa.

	Poikkeama- prosentti P_p	Keskiarvon keskivirhe $S_{\bar{x}}$ (kg/ha)
Suppilot hajallaan	57,7	97
Hoitoalueen valvontamenetelmä	41,7	134

Asetelmasta havaitaan hoitoalueen valvontamenetelmällä saatu poikkeamaprosentti pienemmäksi, mutta keskivirhe suuremmaksi kuin tutkimusmenetelmässä, jossa suppilot olivat hajallaan. Syynä tähän lienee valvontaryhmän määrittämien havaintopisteiden vähäisyys (10 kpl). Keskiarvon keskivirheen laskenta huomioi yksittäisten suurten tai pienten arvojen todellisen vaikutuksen. Poikkeamaprosenttimenetelmä puolestaan laskee tietyn rajan ylä- ja



KUVA 3. Näytesuppiloista mitattu hehtaarikohtainen lannoitemäärä eri näytteenottomenetelmillä helikopterilevityksessä. Keskiarvot 95%:n luotettavuudella.



KUVA 4. Lannoitemäärät näytesuppiloiden edustamilla osakuviolla. Tavoitemäärä 350 kg/ha. Helikopterilevitys.

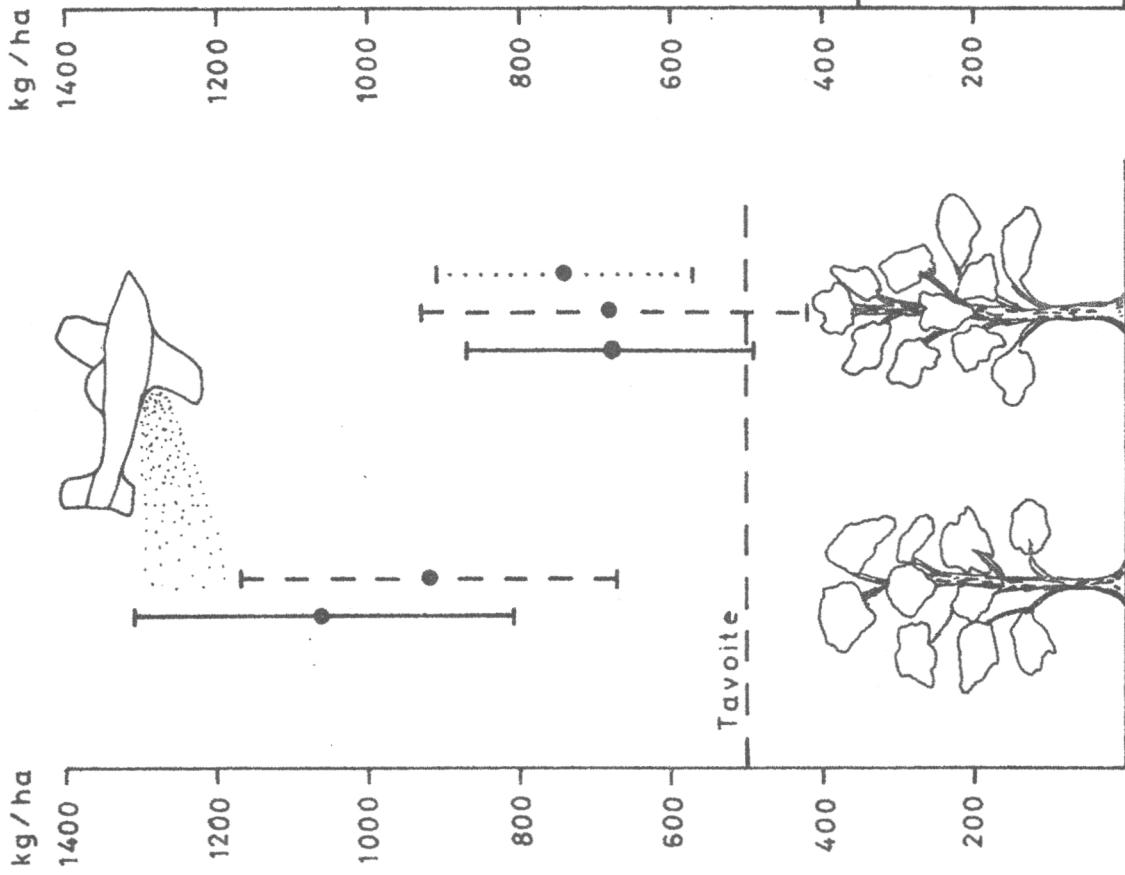
alapuolella olevien arvojen määrän ilmaisematta kuinka paljon raja ylittyy tai alittuu. Tällöin voi pienessä aineistossa poikkeamaprosentti jäädä jossain tilanteessa alhaiseksi, vaikka todellinen hajonta yksittäisten voimakkaiden poikkeamien takia on suuri.

Kuviolla 8 haluttiin selvittää, miten lannoite jakaantuu lentosuunnassa kapenevalle kuviolle. On oletettu, että lannoitetta kasaantuisi kuvion kapeampaan osaan. Tässä kokeessa lannoitteen kasaantumista ei kuitenkaan havaittu.

32. Näytesuppilot hajallaan ja viiden ryppäissä

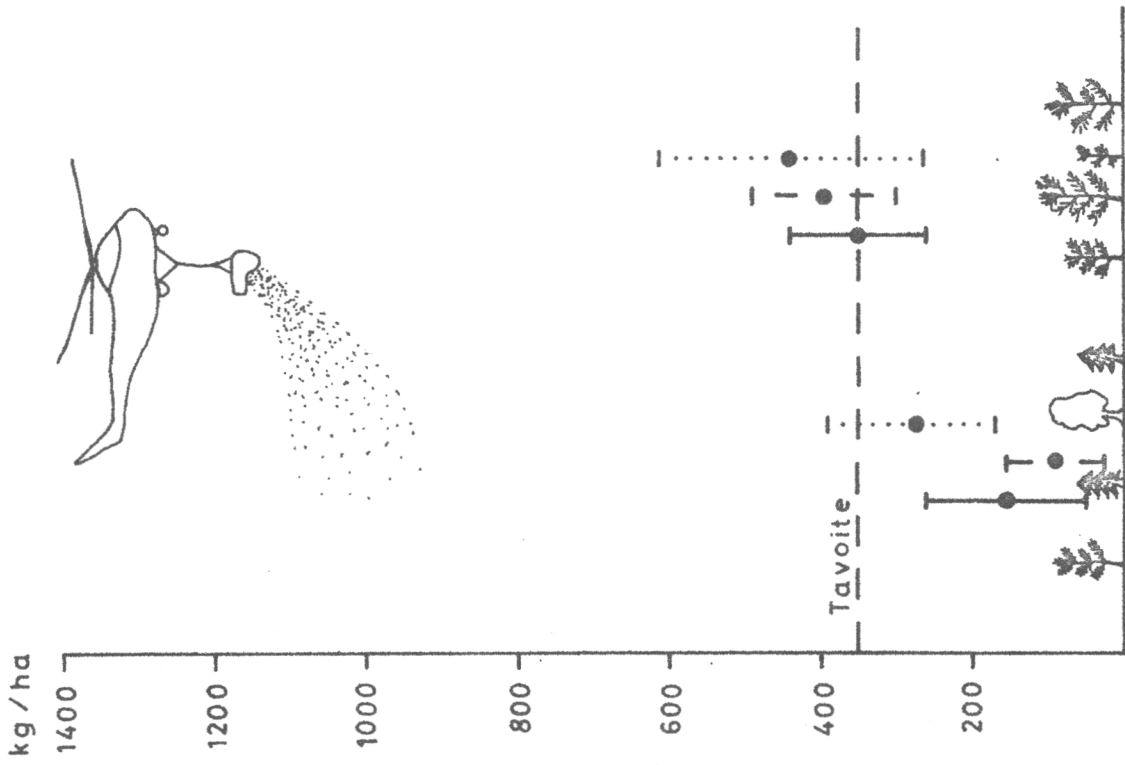
Kahdella lentokonelevitys- ja kahdella helikopterilevityskohteella verrattiin kahta näytteenkeruumenetelmää (kuviot 1, 2, 3 ja 5). Suppiloita oli kuvioilla sekä yksittäin n. 20 m:n välein (n. 30 kpl/kuvio) että viiden ryppäissä, jolloin suppiloiden välimatka oli 4 - 6 m. Vertailussa oli mukana myös hoitoalueen käyttämä valvontamenetelmä.

Lentokonelevityskohteille tuli lannoitetta huomattavasti tavoitemäärää enemmän, varsinkin kuviolle 1, joka sai kaksinkertaisen lannoitemäärän haluttuun nähden ja jolla ero saatiin myös tilastollisesti merkitseväksi (kuva 5). Helikopterilla lannoitetuista kohteista toinen sai liian alhaisen lannoitemäärän, toisella levityksen tavoite saavutettiin hyvin. Eri menetelmillä saadut tulokset eivät poikenneet toisistaan merkittävästi, paitsi kokeella 3, jossa hajalleen koko kuviolle sijoitettujen suppiloiden antama tulos poikkesi hoitoalueen tuloksesta. Varsinkin helikopterilevityskohteilla keskiarvon keskivirhe kohosi korkeaksi käytettäessä hoitoalueen valvontamenetelmää. Poikkeamaprosenttien havaittiin olevan liian suuria tavoiteltaessa tyydyttävää lannoitustasaisuutta, kuten seuraavasta asetelmasta nähdään.



Kuvio 1

Kuvio 2



Kuvio 3

Kuvio 5

= Suppilot rypässä
 = Suppilot hajallaan
 Hoitoalueen
 = valvontamenetelmä

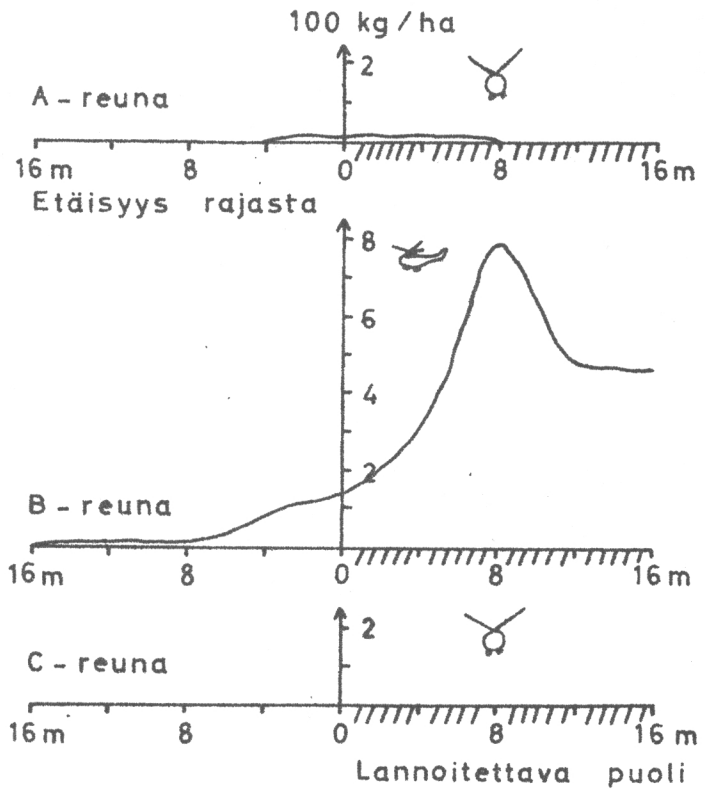
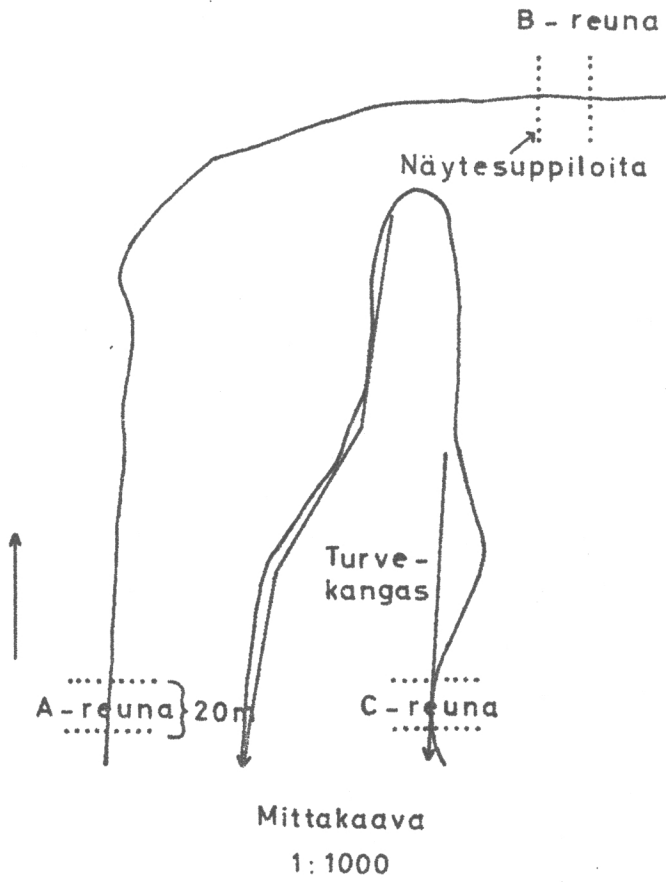
KUVA 5. Näytesuppiloista mitattu hehtaarikohtainen lannoitemäärä eri näytteenottomenetelmillä lentokone- ja helikopterileivityksessä. Keskiarvot 95 %:n luotettavuudella.

	Poikkeamaprosentti, Pp	
	tutkimuksessa	hoitoalueen mittauksessa
Kuvio 1	86	-
Kuvio 2	86	50
Kuvio 3	73	40
Kuvio 5	34	60

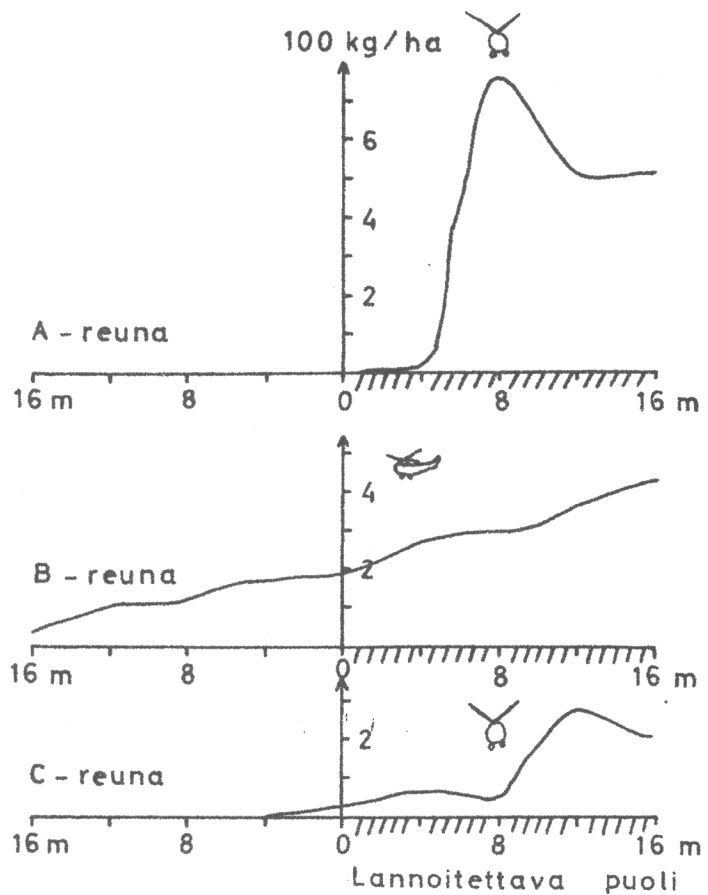
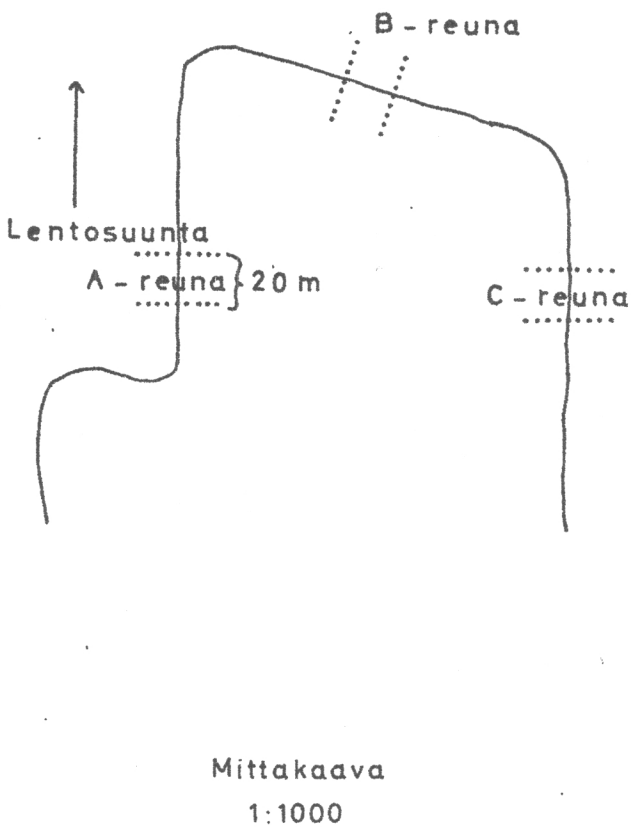
Lentokonelevityksessä ojat eivät välttyneet lannoitteelta, vaan saivat silmävaraisesti arvioituna saman lannoituksen kuin saratkin. Lentäjän mukaan ojien havaitseminen vanhoilla puustoisilla ojitusalueilla on vaikeaa.

33. Levitys kuvion rajalla

Helikopterilla suoritettu kahden kuvion raja-alueen levitys osoitti, ettei lannoitetta ollut joutunut merkittävästi kuvion ulkopuolelle (kuvat 6 ja 7). Kuvion rajan lähellä lannoitemäärä yleensä laski keskimääräistä pienemmäksi. Suurimmat epätasaisuudet todettiin rajoilla, jotka olivat vaikeasti havaittavissa (mm. kuvio 4 C-reuna). Kuvion keskellä olevalle suunnitelmaan kuulumattomalle turvekankaalle levisi yleisesti lannoitetta. Saman kuvion B-reunalla taimistokuvio päättyi lentosuunnassa 15 - 20 m:n mittaiseen hyvin näkyvään metsikköön. Levitystarkkuus oli hyvä. Kokeen 6 lentosuunnan mukaisella A-reunalla lannoitekaistan reuna osui tarkasti kuvion rajalle. Poikkisuuntaisella B-reunalla lannoitetta sinkoutui kuvion ulkopuolelle 16 m:iin saakka. Suohon liittyvällä C-reunalla ei rajaa mainittavasti ylitetty. Silmävaraisesti arvioituna todettiin lentokonelevityksen olleen kuvion reuna-alueella huomattavasti helikopterilevitystä epätasaisempaa. Huonojen sääolojen takia ei tarkempia mittauksia voitu kuitenkaan tehdä.



KUVA 6. Helikopterilevitys kohteen raja - alueella. Kuvio 4.



KUVA 7. Helikopterilevitys kohteen raja - alueella. Kuvio 6.

34. Näytesuppiloiden sijoittelu puuston suhteen

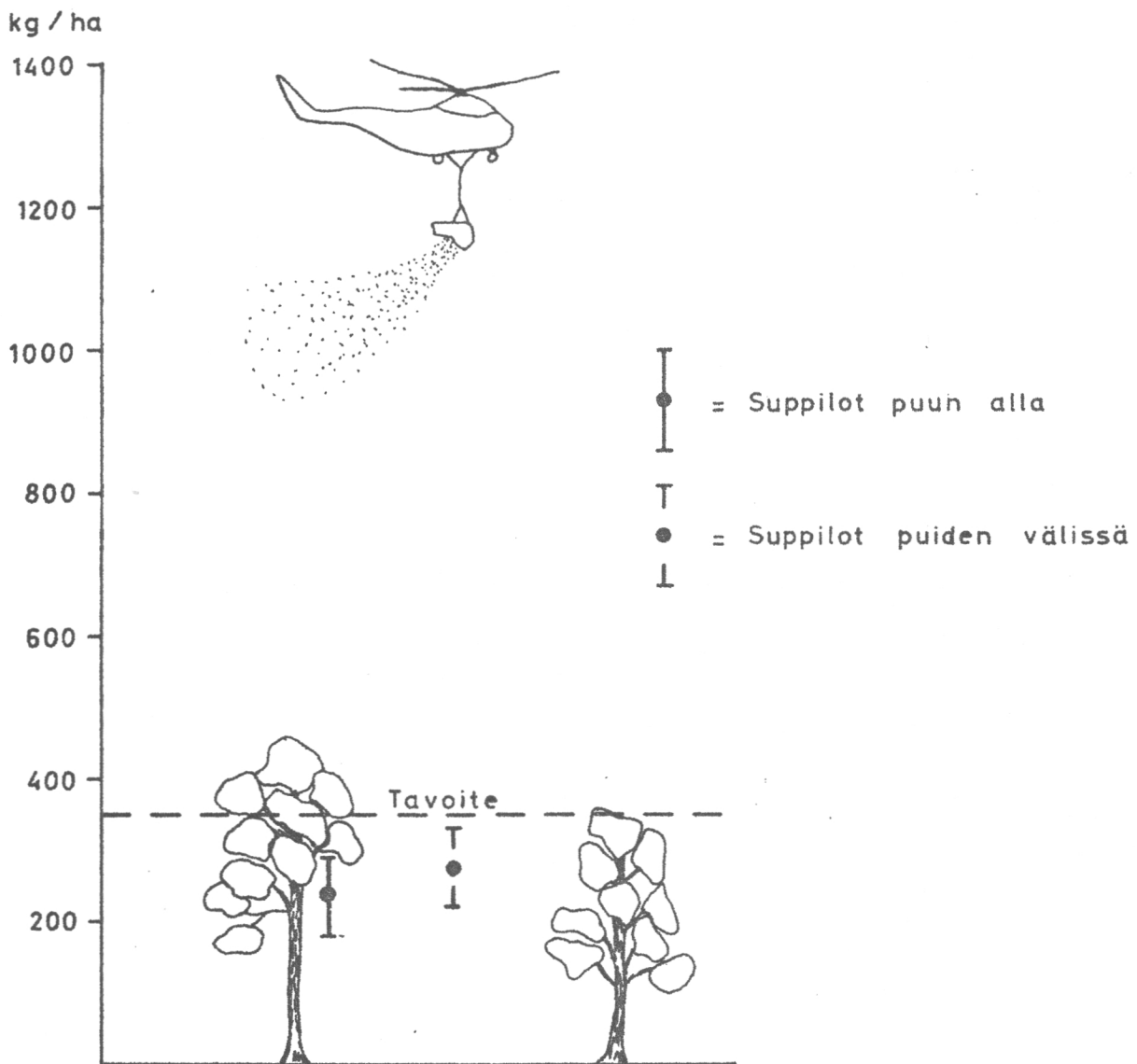
Kuviolla 10 haluttiin selvittää puuston vaikutusta näytesuppiloihin tulevaan lannoitemäärään. Suppiloita sijoitettiin sekä puiden välisiin aukkoihin että puiden juurelle 0,5 m:n etäisyydelle rungosta. Puusto kohteilla oli 9 - 15 m:n mittaista hoidettua männikköä, jonka kuutiomäärä oli n. 150 m³/ha ja pohjapinta-ala 20 m²/ha (kuva 8).

Lannoitteena käytettyä ureaa ei jäänyt merkittävästi puiden latvuksiin eikä lannoite myöskään näyttänyt ohjautuvan puiden vaikutuksesta etäämmälle tyveltä. Näyttäisi siltä, että ainakin varttuneemmassa männikössä saadaan lannoitteen jakautuminen kuviolla selville pelkästään aukkopaikkoihin asetetuilla suppiloilla. Toisaalta olosuhteet vaikuttavat siihen, miten paljon puusto pidättää lannoitetta. GUSTAVSSONin (1972) mukaan lannoitteen jääminen puuhun riippuu sääoloista, vallitsevasta puustosta ja lannoitelajista.

35. Suppiloparien lannoitemäärän sisäinen vaihtelu

Urean levitystasaisuuden tarkkailussa käytti hoitoalueen valvontaryhmä suppilopareja, joiden lannoitemäärien keskiarvon katsottiin edustavan ko. paikan saamaa lannoitemäärää. Koska myös rypäsmenetelmää käytettäessä suppilot sijoitettiin lähelle toisiaan, haluttiin selvittää, kuinka suppiloparin lannoitemäärän sisäinen vaihtelu muuttui etäisyyden vaihdellessa. Kuvioilla 3 ja 5 suppiloparin etäisyys oli 25 - 30 cm, kuviolla 10 2 - 3 m ja ryppäissä 4 - 6 m.

Kuvioilla 3 ja 5 eivät suppiloparien lannoitemäärät poikenneet toisistaan. Suurin havaittu ero suppiloiden lannoitemäärien välillä oli 1,8 ml (483 kg/ha). Yleensä se oli 0 - 0,3 ml (0 - 81 kg/ha). Kuviolla 10 saatiin sama tulos. Keskimääräinen hehtaarikohtainen lannoite-



Kuvio 10

KUVA 8. Puuston vaikutus näytesuppiloihin tulevaan lannoitemäärään. Helikopterilevitys. Keskiarvot 95%:n luotettavuudella.

arvio poikkesi suppiloiden välillä vain 1 - 8 kg. Kun suppiloiden välinen etäisyys kasvoi 4 - 6 m:iin (rypäsmenetelmä kuvioilla 1 - 3 ja 5), suppiloparin sisäinen hajonta lisääntyi huomattavasti (kuva 9).

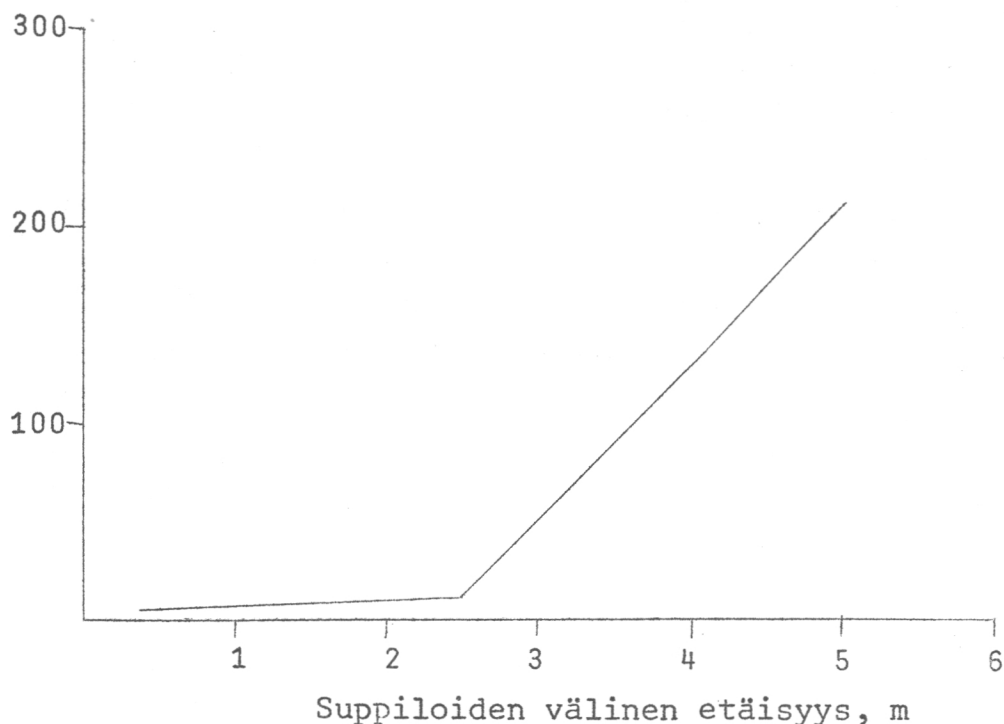
Tulosten mukaan yksi suppilo paikassaan on riittävä käytännön mittaustarkkuuden kannalta. Merkitystä saadulla tuloksella on myös suunniteltaessa mahdollista valvontamenetelmää rypäsotannan pohjalle. Jotta hajonta koko ryppään edustamalla alalla saadaan selville, on suppiloiden välisen etäisyyden ryppäessä oltava riittävän suuri.

4. JOHTOPÄÄTÖKSIA

Saadut tulokset osoittavat lentolevityksen työjäljen olevan niin lentokonetta kuin helikopteria käytettäessä varsin epätasaista, vaikka työn suorittaa kokenut ja ammattitaitoinen lentäjä. Etenkin lentokonelevityksessä ilmennyt suuri yliannostus (jopa 2 300 kg/ha) voi aiheuttaa jatkossa huomattavia kasvutappioita kasvuhäiriöinä, sienitautialttiuden lisääntymisenä jne.

Selvityksen perusteella ei Metsähallituksen käyttämä levitystasaisuuden valvontamenetelmä ole riittävän luotettava. Koska lannoitettavalle kuviolle voi jäädä suuria lannoittamattomia alueita ja vastaavasti kasautua lannoitetta liikaa, on yhden määrättyyn kuvion osaan asetetun suppilorivin mahdotonta tuoda todellista hajontaa esille. Riittävänä suppilomääränä kyseisentyypeille alueille voidaan pitää 25 - 30 kpl, jotka olisi levitettävä kuviolle tasaisin välimatkoin tai 5 - 6 ryppäessä. Myös HUUHTANEN ja VIRTANEN (1974) esittävät lannoituskuviota kohden vähintään yhtä 21 - 26 suppilon sarjaa. Isoilla kuvioilla tulisi kustannussyistä harkita rypäsmenetelmän ottamista kehitettäväksi.

Lannoitemäärien
erotus, kg/ha



KUVA 9. Lannoitemäärien keskimääräinen erotus näytesuppiloparin suppiloiden välillä. Helikopterilevitys.

Pohjimmiltaan kysymys on kustannusten ja luotettavuuden suhteuttamisesta toisiinsa. Esitettyä suppilomäärää on pidettävä luotettavuuden kannalta miniminä, mikäli levitystyön tasaisuus ei näissä kokeissa todetusta parane tulevaisuudessa. Lentolevityksen luonteesta johtuen lannoitustasaisuus vaihtelee huomattavasti maasto-olosuhteiden, puuston ja sääolojen mukaan, joten yhtenäistä ohjetta on vaikea antaa.

Nykyistä paremmalla ja huolellisemmalla ennakkosuunnittelulla työjälkeä voidaan kuitenkin parantaa. Näissä kokeissa lentolinjoja tai kuvioita ei oltu rajalinjoja lukuun ottamatta merkitty maastoon. Lentolinjojen merkitsemisen lisäksi olisi myös ojat merkittävä etenkin varttuneemmissa suopuustoissa. Iäkkäämmillä tiheäpuustoissa ojitusalueilla on lentäjän vaikea erottaa oja. Tällöin ojiin voi joutua huomattavasti lannoitetta.

Poikkeamaprosenttia täydentävänä tasaisuuden mittana voi harkita esimerkiksi keskiarvon keskivirhettä tai keskijajontaa, joiden laskeminen käy nopeasti nykyisillä laskimilla. Poikkeamaprosentti ei anna tietoa siitä, onko kyseessä yli- vai aliannostus ja mikä on saadun arvion luotettavuus varsinkin silloin, kun kyseessä on pieni havaintoaineisto ja siinä voimakasta vaihtelua.

Puuston vaikutuksesta lannoitteen jakaantumiseen kuviolle ei saatu riittävää kuvaa. Käytännössä suppilot sijoitetaan aukkoihin puiden välialueelle eikä puun juurelle tulevaan lannoitteeseen kiinnitetä huomiota. Jatkossa tulisi selvittää eri puulajien ja puuston kehitysvaiheen sekä tiheyden vaikutusta levitystasaisuuteen. Mikäli osoitetaan puuston tietyissä olosuhteissa vaikuttavan lannoitteen leviämiseen, luotettavan kuvan saaminen lannoitejakaumasta edellyttää suppiloiden nykykäytännöstä poikkeavaa sijoittelutapaa puuston suhteen.

Näytteenoton onnistuminen suppiloilla riippui paljolti sääoloista. Vähäinenkin vesi- tai lumisade esti tarkkailun, koska lannoite kastui suppilossa.

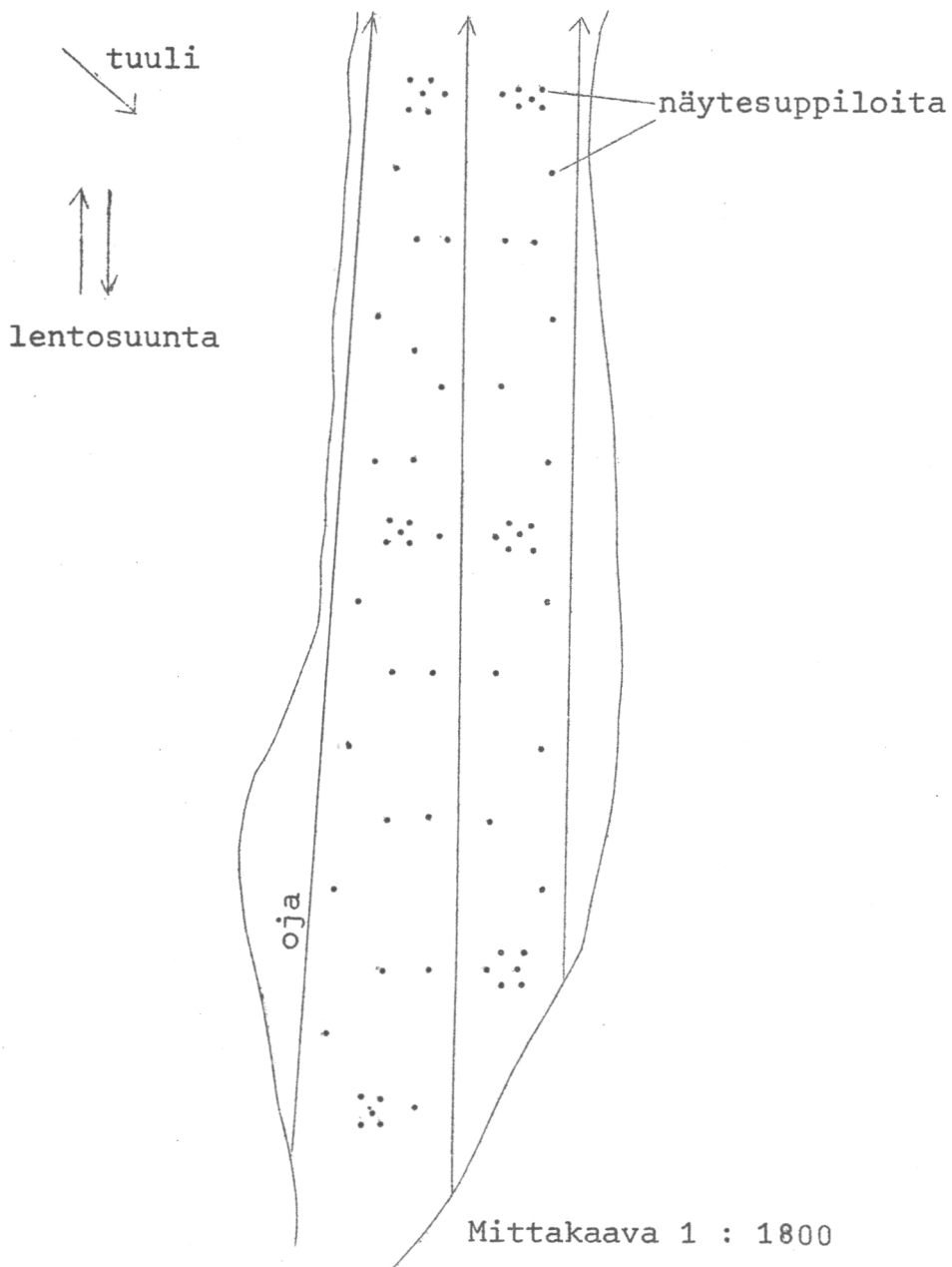
Pyrittäessä luotettavaan valvontamenetelmään tulee huolehtia siitä, ettei lentäjä voi paikallistaa maastoon asetettuja suppiloita eikä suorittaa levitystä suppiloiden kohdalla normaalista poikkeavasti. Suppiloiden tulisi olla maastonvärisiä ja ne olisi levitettävä alueelle mieluummin jo ennakolta. Lisäksi suppiloiden tulisi kaatumisen estämiseksi olla nykyistä tukevampaa tekoa, jolloin ne olisi samalla helpompi pystyttää. Jokaisella kuviolla todettiinkin osan suppiloista kaatuneen. Suppilon kiinnitys voitaisiin tehdä suoraan sitä kannattavaan tankoon, jolloin välineet menevät pienempään tilaan ja ovat helpommin kuljetettavissa.

KIRJALLISUUS

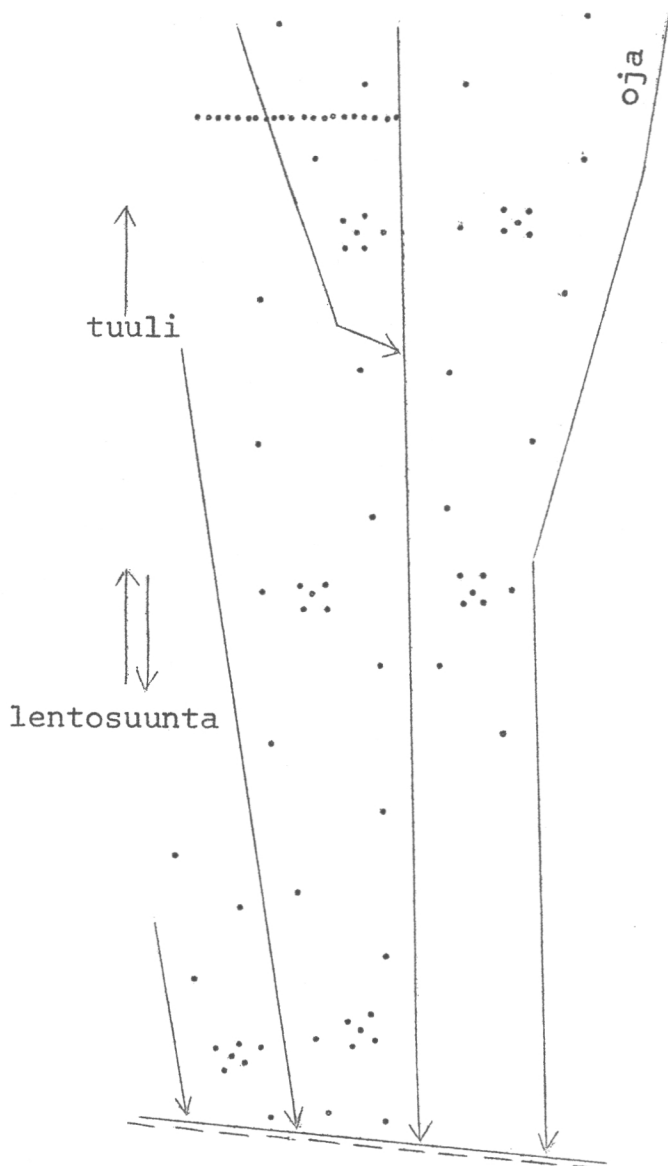
- ERKEN, T. ja FAHLROTH, S. 1967. Gödslingsförsök på fastmark. Skogen 1967:24.
- GUSTAVSSON, R. 1972. Faktorer som påverkar spridningsresultat vid skogsgödsling. Lisensiaattityö Ruotsin metsäkorkeakoulussa.
- HAGNER, S., JOHANSSON, S., SARASTE, J. ja ÅHGREN, A. 1966. Virkesframställning genom skogsgödsling. Svenska Skogsvårdsförbund. Tidskr. 1966:2.
- HEINO, E. ja TYNKKYNE, M. 1972. Metsänhoitomenetelmät metsäteollisuuden ja Metsähallituksen metsissä vuonna 1971. Metsätehon katsaus 1972:20.
- HUUHTANEN, E. ja VIRTANEN, J. 1974. Taitavasti taivaalta. Lannoitusopas. Joensuu 1974.
- PAAVILAINEN, E. 1972. Lannoitteiden lentolevityksen tasaisuudesta. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 3 (1972).
- PAAVILAINEN, E. ja VIRTANEN, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results. Folia For. 297:1-15.
- " 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. Folia For. 382:1-10.
- VIRTANEN, J. 1975. Lannoitustasaisuus metsänlannoituksessa. Summary: Spreading evenness in forest fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 86 (1):1-72.
- " 1976. Lannoitustasaisuus lentolannoituksessa. Summary: Spreading evenness in aerial fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 90 (2):1-88.

LIITE 1. Kaavio tutkimuskohteiden koejärjestelyistä.

Kuvio 1, lentokonelevitys. Näytesuppiloiden sijoittelutapojen vertailu. Levitys 21.9.-78, sää puolipilvinen ja heikkotuulinen (2 m/sek). Puusto 6 - 13 m:n pituista hoidettua suomännikköä, vanha ojitusalue.

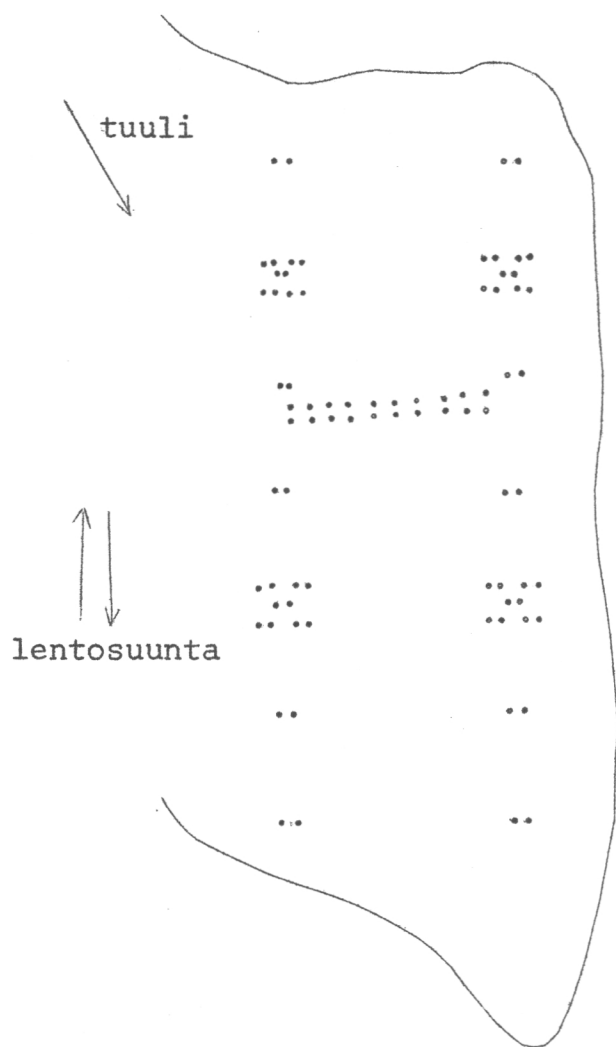


Kuvio 2, lentokonelevitys. Näytesuppiloiden sijoittelutapojen vertailu. Levitys 22.9.-78, sää puolipilvinen, alkuvaiheessa lähes tyyntä, lopussa puuskittaista tuulta 3 - 5 m/sek. Puusto 5 - 13 m:n mittaista hoidettua männikköä, ojien varsilla hieman koivua.



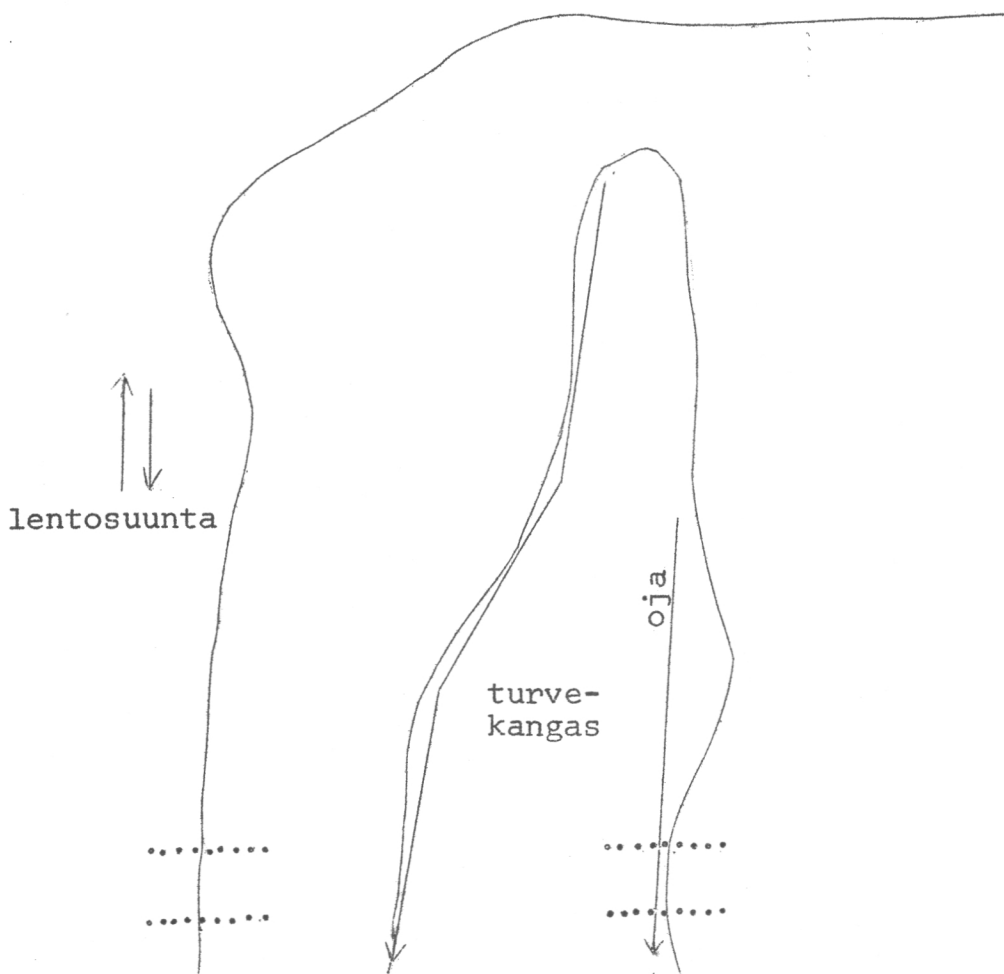
Mittakaava 1 : 2000

Kuvio 3, helikopterilevitys. Näytesuppiloiden sijoittelutapojen vertailu. Levitys 6.10.-78, jolloin satoi vähän räntää, tuuli 2 - 3 m/sek. Puusto paikoin harvahkoa 1 - 3 m:n mittaista sekataimistoa (mä, ku, ko).



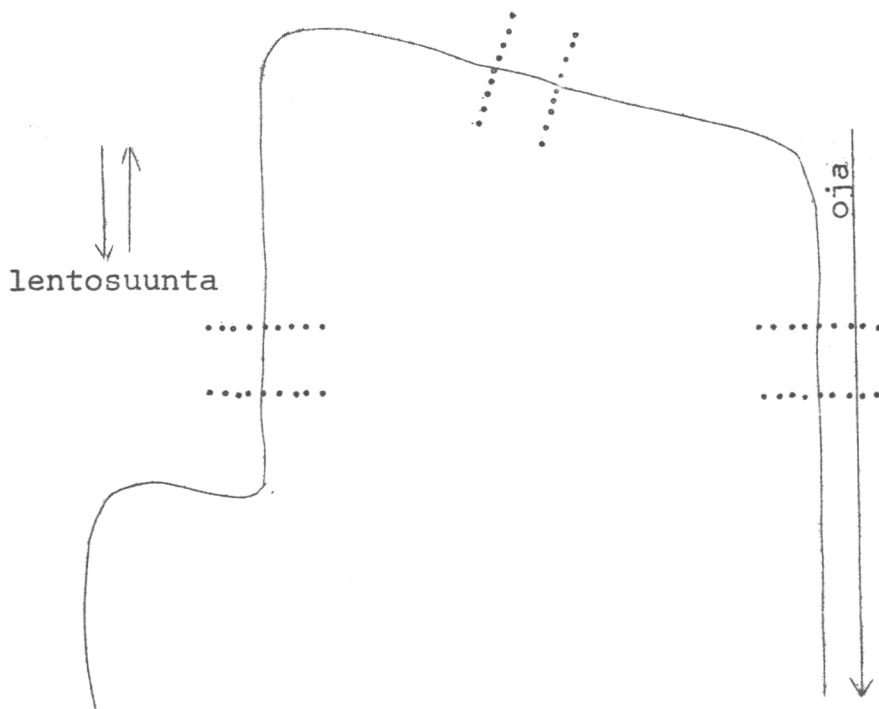
Mittakaava 1 : 1400

Kuvio 4, helikopterilevitys. Kuvion raja-alueen lan-
noitus. Levitys 7.10.-78, sää aurinkoinen ja tyyni.
Puusto paikoin aukkoista, 2 - 4 m:n pituista hoidettua
mäennyntaimistoa, ylispuina joitakin 15 - 18 m:n pituisia
koivuja. Kuvioon kuulumattoman turvekankaan rajat
vaikeasti havaittavissa. Länsireunalla oleva suo hyvin
nähtävissä, samoin pohjoisreunan kookas (15 - 20 m)
kuusivaltainen puusto.



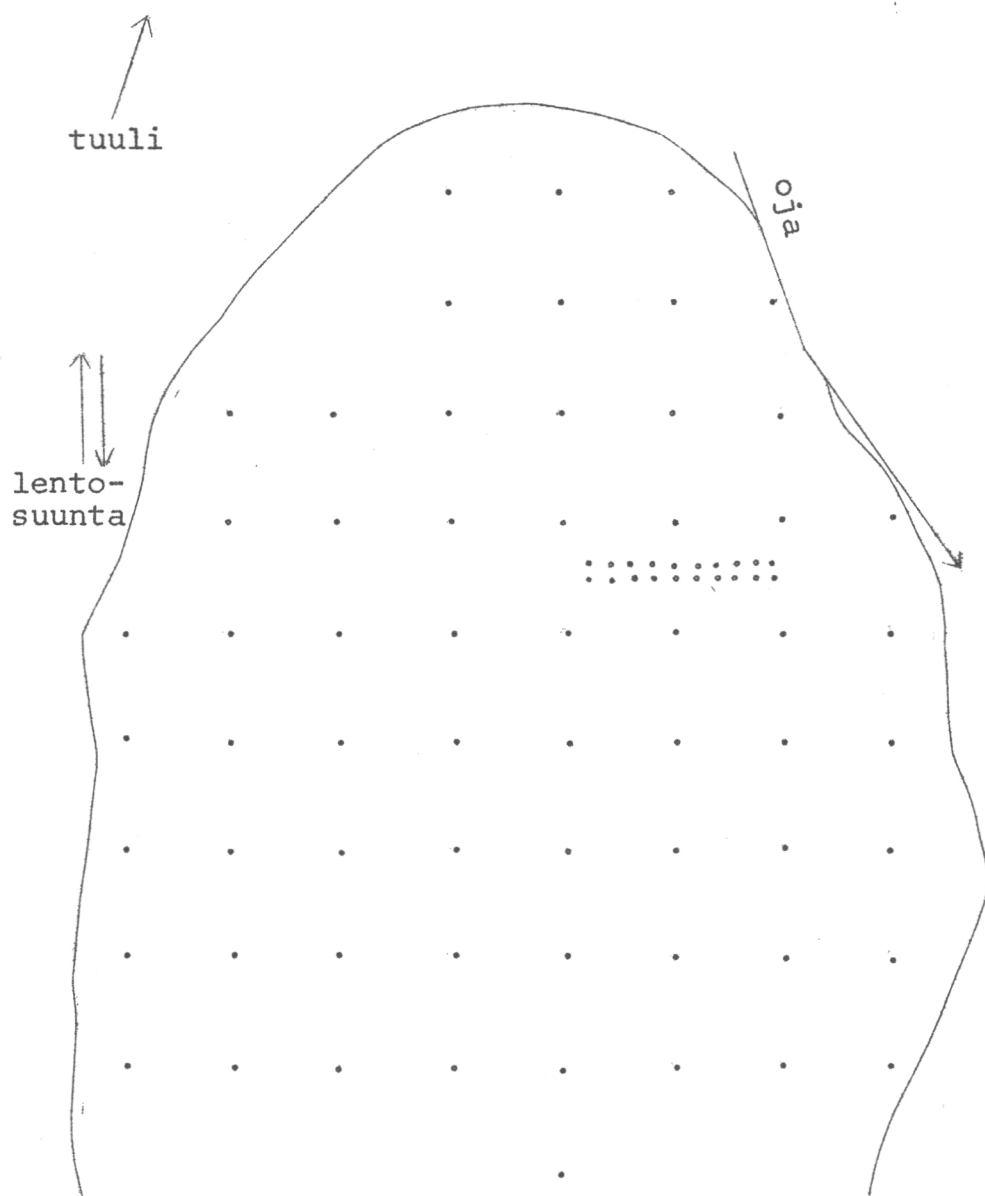
Mittakaava 1 : 2000

Kuvio 6, helikopterilevitys. Kuvion raja-alueen lannoitus. Levitys 8.10.-78, jolloin sää aurinkoinen ja tyyni. Puusto paikoin harvahkoa 2 - 4 m:n pituista, perattua männyntaimistoa, seassa muutama ylispuu (koivu, haapa). Kuvion länsi- ja pohjoisreunat selvästi havaittavissa. Itälaita viettää melko jyrkästi yhtyen vaiheittain ojitettuun rämeeseen.



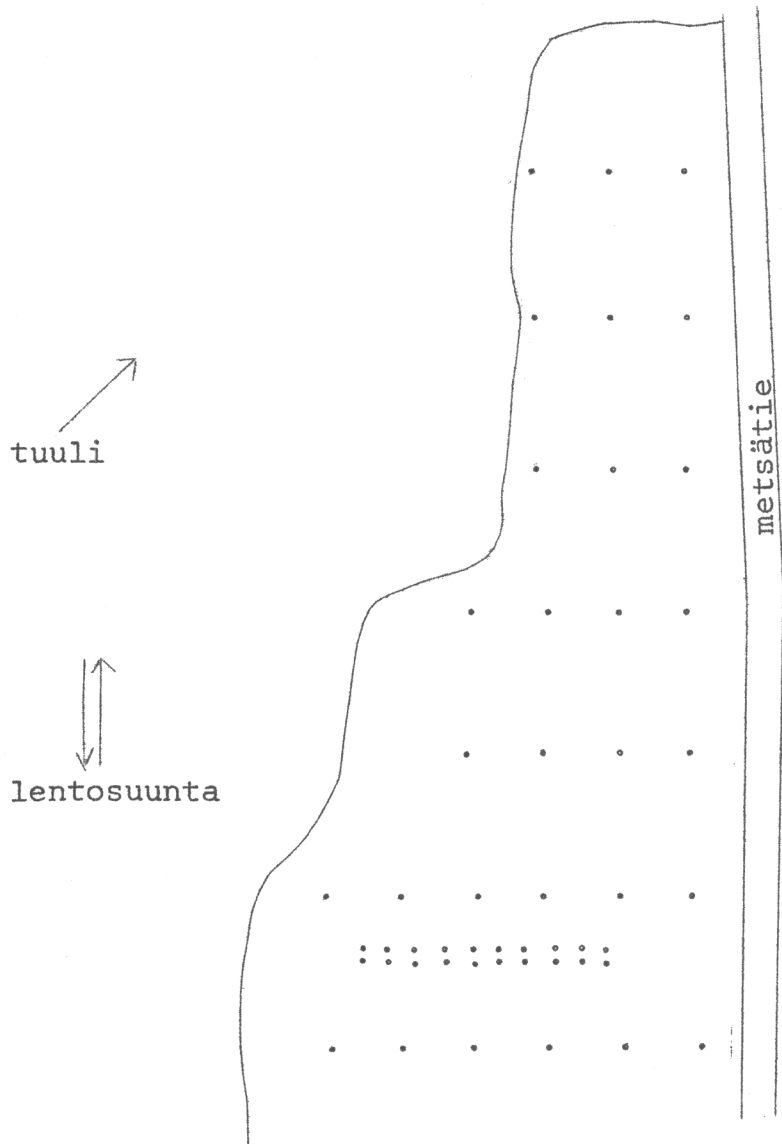
Mittakaava 1 : 2000

Kuvio 7, helikopterilevitys. Suppiloiden määrän ja sijoittelutavan vaikutus tulokseen. Levitys 9.10.-78, pilvinen ja tuulinen sää. Puusto 2 - 4 m:n pituista hoidettua mänyntaimistoa, paikoin aukkoista.



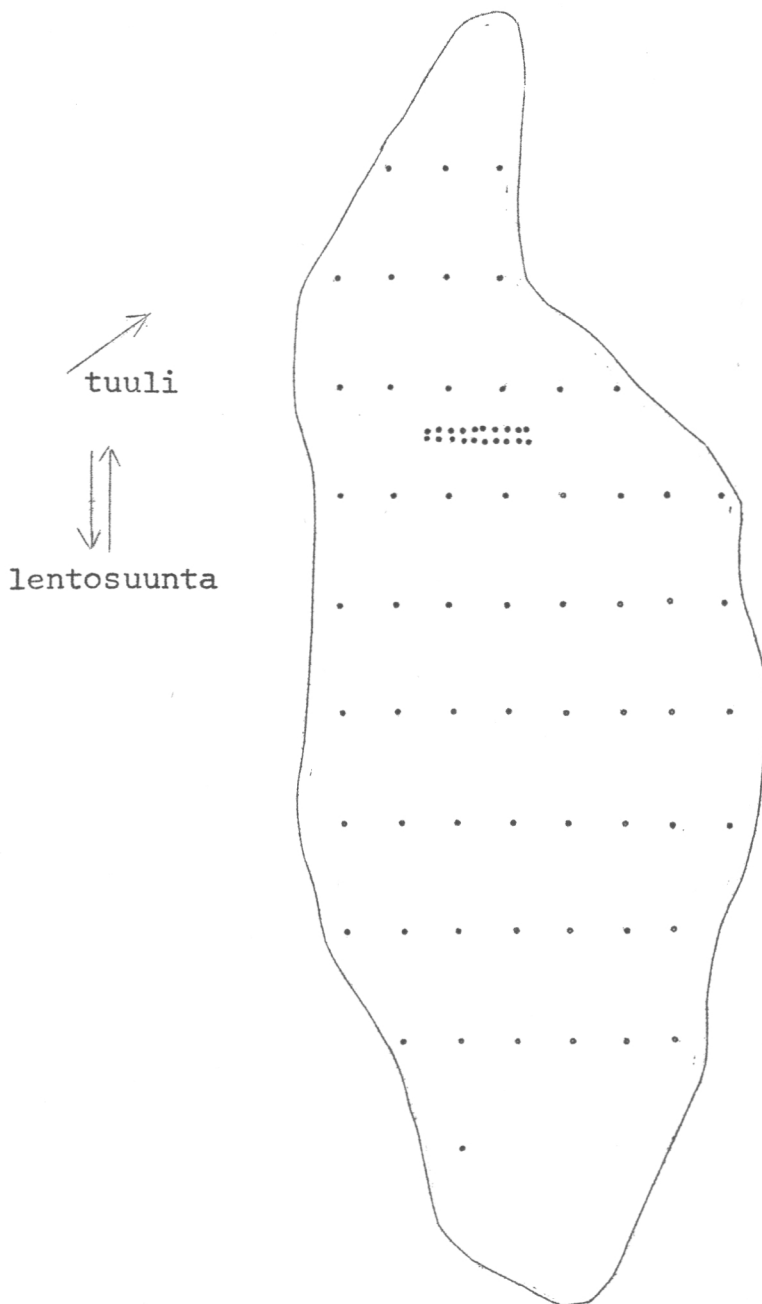
Mittakaava 1 : 1400

Kuvio 8, helikopterilevitys. Kuvion muodon vaikutus levitystasaisuuteen. Levitys 9.10.-78, jolloin pilvinen ja tuulinen sää. Puusto 2 - 4 m:n pituista mäennyntaimistoa.



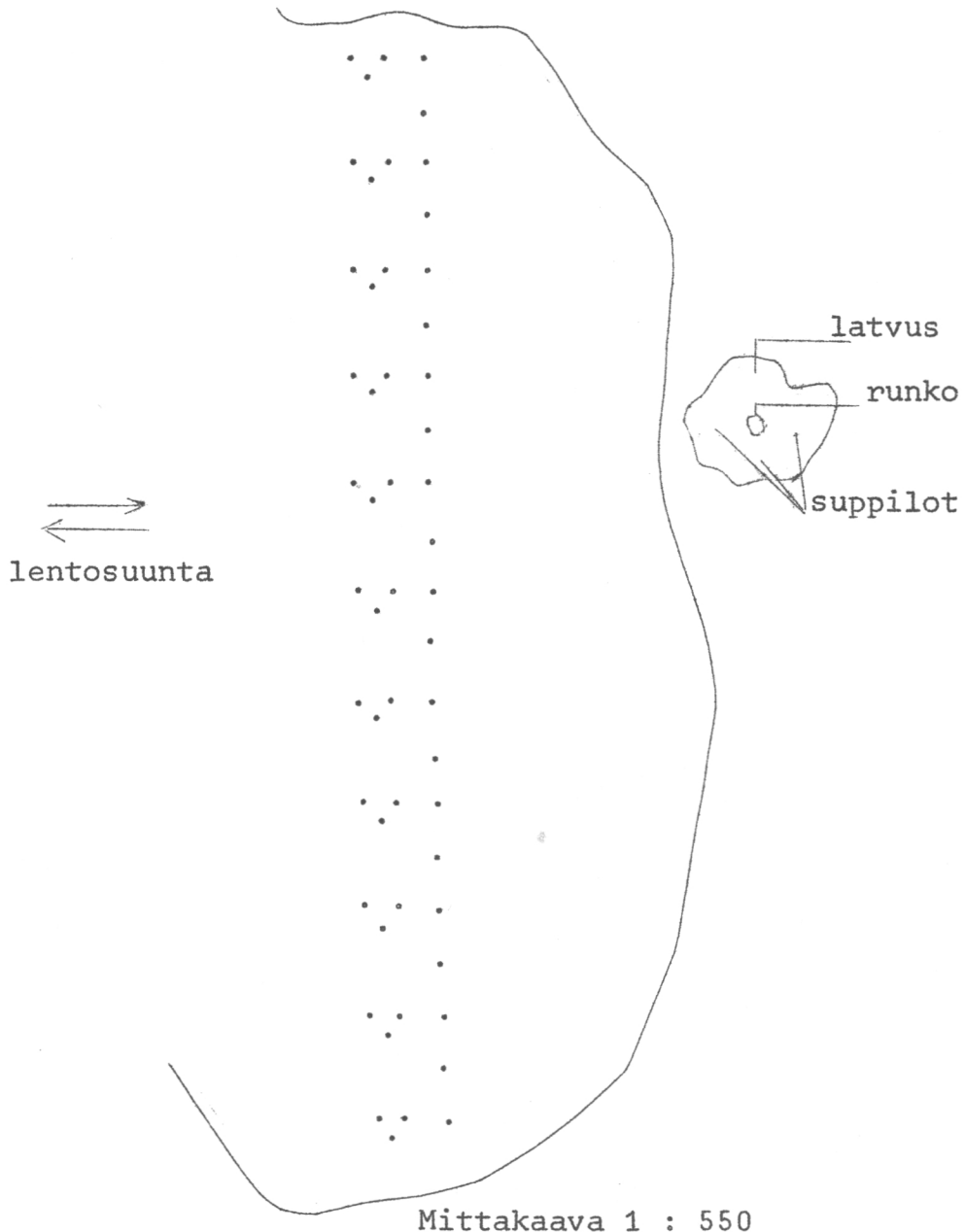
Mittakaava 1 : 1000

Kuvio 9, helikopterilevitys. Suppiloiden määrän ja sijoittelutavan vaikutus tulokseen. Levitys 11.10.-78, jolloin pilvinen ja tuulinen sää. Näytteitä kerättäessä satoi hieman räntää. Puusto harvahkoa 2 - 4 m:n mittaista männyntaimistoa.



Mittakaava 1 : 3000

Kuvio 10, helikopterilevitys. Puuston vaikutus levi-
tystasaisuuteen. Levitys 12.10.-78, aurinkoinen ja
tyyni sää. Puusto 9 - 15 m:n pituista männikköä,
kuutiomäärä 150 m³/ha, pohjapinta-ala 20 m²/ha.



Muhoksen tutkimusaseman tiedonantasarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- N:o 2. Tutkimuspäivän alustukset. 1972.
- N:o 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- N:o 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikoista. 1973.
- N:o 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- N:o 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- N:o 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- N:o 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- N:o 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- N:o 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- N:o 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- N:o 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- N:o 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- N:o 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- N:o 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- N:o 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaaressa 1977.
- N:o 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- N:o 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- N:o 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- N:o 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Teronen. 1980.
- N:o 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantasarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatusta Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.

