



Rauhankatu 15 * 00170 HELSINKI 17

Puhelin 90-661281

SELOSTE

8/1973

PIENTRAKTORIN KÄYTTÖ HARVENNUSPUUN KORJUUSSA PUUNKORJUUN JA -TUOTTAMISEN KANNALTA TARKASTELTUNA

S i s ä l t ö

	Sivu
TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	4
2 TUTKIMUSAINEISTO	4
2.1 Aineiston keruu ja käsittely	4
2.2 Tutkimustyömaat ja -olosuhteet	5
2.3 Korjuukalusto ja -miehistö	7
2.4 Tutkitut korjuumenetelmät	8
3 TUTKIMUSTULOKSET	14
3.1 Ajankäytön rakenne ja siihen vaikuttavat tekijät	14
3.1.1 Kuorman koko	14
3.1.2 Kuormaus ja kuorman kerääminen	17
3.1.3 Kuorman purkaminen	20
3.1.4 Kuormattuna- ja tyhjänäajo	22
3.1.5 Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä	25
3.1.6 Keskeytykset	27
3.2 Juontotuotokset	29
3.2.1 Puu- ja runkomenetelmä sekä laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä	29
3.2.2 Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä	34
3.3 Kustannukset	36
3.3.1 Juontokustannukset	36
3.3.2 Hakkuun ja juonnon yhteenlasketut kustannukset..	36
3.4 Korjuumenetelmien vaikutus puuston tuottoon	41
3.4.1 Ajourien vaikutus	41
3.4.2 Vaurioiden vaikutus	45
4 LOPPUPÄÄTELMÄT	49
Kirjallisuutta	50
Liite	51

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Agria Drabant -pienetraktorin käyttömahdollisuudet harvennuspuun korjuussa ottaen huomioon puuntuottamiseen liittyvät näkökohdat.

Aikatutkimusaineistoa kerättiin seuraavista pienetraktorikorjuumenetelmistä, joissa puutavaralajina oli 3...6 m kuusikuitupuu.

- I Laahusjuontoon perustuva puumenetelmä 15 m:n ajouravälillä
 - I a Kuljettajan suorittamaan kaatoon perustuen
 - I b Hakkuumiehen suorittamaan kaatoon perustuen
- II Laahusjuontoon perustuva runkomenetelmä 15 m:n ja 30 m:n ajouravälillä
- III Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä 15 m:n ja 30 m:n ajouravälillä
- IV Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä
- VI Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä ilman tieverkkoa

Menetelmä V oli vertailukohteeksi valittu kuormatraktorin käyttöön perustuva tavaralajimenetelmä, jossa ajouravälinä käytettiin 30 m:ä. Tässä menetelmässä valmistettiin puutavara noin 3-metriseksi kuormatraktoriajouriin varten.

Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä (menetelmä III), jossa juonto tapahtui ennakolta suunniteltuja ajouria myöten, todettiin tuotokseltaan selvästi edullisimmaksi. Tuotos on tässä menetelmässä ollut esimerkiksi 50 m:n matkalla 4.2 k-m³ ja 200 m:n matkalla 2.7 k-m³ tehollisessa tunnissa. Toteutettaessa samaa menetelmää ilman ajouria (menetelmä VI) on tuotos 50 m:n matkalla ollut lähes sama kuin edellisessä menetelmässä, mutta 200 m:n matkalla se on jäänyt ainoastaan 1.9 k-m³:iin. Sekä puu- että runkomenetelmässä (menetelmät I ja II) juontotuotos on ollut selvästi heikompi kuin edellä mainituissa tapauksissa (kuva 13, s. 33). Koska vinssausmenetelmä eroaa oleellisesti edellä mainituista menetelmistä, sen tuotokset on esitetty erillisessä kuvassa (kuva 14, s. 35). Tuotos on 50 m:n matkalla, jota on pidettävä menetelmän toteuttamiskelpoisuuden ylärajana, ollut vain 1.4 k-m³ tehollisessa tunnissa.

Mainittakoon, että ajouravälin leventämisen 15 m:stä 30 m:iin ei havaittu sanottavasti vaikuttavan ko. pienetraktorimenetelmien tuotokseen. Sen sijaan talviolosuhteet, ennen kaikkea lumi, ovat vaikeuttaneet juontoa ja seurauksena on ollut tuotoksen huomattava aleneminen lumettoman ajan olosuhteisiin verrattuna. Vinssauksessa tuotos on ollut likipitäen sama lumettomana aikana ja talvella.

Hakkuun ja juonnon yhteenlasketut kustannukset (kuva 16, s. 38) osoittivat, että myös taloudelliselta kannalta edullisin menetelmä on laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä, jossa puutavaran valmistus tapahtui 3...6 m kuitupuuna kasoihin palstalle. Taloudellisesti tämä pienetraktorimenetelmä pystyy kilpailemaan kuormatraktorimenetelmän kanssa alle 100 m:n matkalla, mutta tulee lasketulla vuoden 1972 kustannustasolla yli 100 m:n kuljetusetäisyyksillä jo kuormatraktoria kalliimmaksi. On kuitenkin korostettava, että tällöin ei ole otettu huomioon puuntuotannollisia näkökohtia.

Verrattaessa toisiinsa pelkkää kuormatraktorikuljetusta ja yhdistettyä pienetraktori-kuormatraktorikuljetusta (kuva 17, s. 40) 300 m:n matkalla,

jolloin ensimmäisessä tapauksessa pientraktori kuljettaisi 50 m ja toisessa 100 m, tulivat yhdistetyn pientraktori-kuormatraktorikuljetuksen kustannukset ensimmäisessä tapauksessa 2,25 mk/k-m³ ja jälkimmäisessä tapauksessa 2,50 mk/k-m³ kalliimmiksi kuin pelkässä kuormatraktorikuljetuksessa.

Tutkimustulosten arvioimiseksi myös puuntuotannollisten näkökohtien kannalta laskettiin ajourien takia poistettujen leimaamattomien puiden määrä sekä selvitettiin kasvatettavaksi jätetylle puustolle aiheutetut vauriot.

Ajourien vaikutusta vertailtaessa todettiin, että vaikka 15 m:n ajouraväliin perustuva pientraktoriajouraverkko on vaatinut saman kasvupinta-alan kuin 30 m:n ajouraverkko kuormatraktorimenetelmässä, on edellisessä tapauksessa kasvatettavaksi jätettyjä puita tarvinnut poistaa puolta vähemmän kuin kuormatraktorimenetelmässä (kuva 18, s. 43). Tässä suhteessa pientraktori on siis selvästi kuormatraktoria edullisempi. Saatu tulos osoittaa myös selvästi sen, että tieverkon vaatima pinta-ala ei pysty luotettavasti kuvaamaan tieverkon vaikutusta kasvatettavaksi jätetyn puuston tuottoon, vaan vaikutus riippuu oleellisesti teiden leveydestä, niiden mutkitelumahdollisuudesta ja leimikon rajauksesta.

Kasvatettavaksi jätetylle puustolle aiheutuneet vauriot osoittautuivat pientraktorikorjuumenetelmissä verraten suuriksi. Vaurionvaaran aiheuttavat pientraktorin tela-alustainen rakenne sekä kuorman laahaaminen maassa. Myös vaurioiden kannalta osoittautui laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä edullisimmaksi pientraktorimenetelmäksi. Puumenetelmää lukuun ottamatta vauriot ovat selvästi vähentyneet talvella lumen antaman suojan vuoksi. Kuormatraktorimenetelmässä vaurioita on ollut selvästi vähiten, mutta koska jäävän puuston määrä ko. menetelmän tutkimuspalstoilla oli muiden palstojen puumäärää jonkin verran alhaisempi ja ajouraverkon suunnittelu vähemmän kaavamainen kuin pientraktoripalstoilla, saattaa saatu tulos tämän takia olla ainakin jonkin verran kuormatraktoria suosiva.

Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että Agria Drabant -pientraktorin käyttöön perustuvista kokeilluista korjuumenetelmistä on selvästi edullisin palstalla suoritettuun puutavaran valmistamiseen ja laahusjuontoon perustuva menetelmä. Se antaa sekä korjuukustannukset että puuston tuottoon kohdistuvat vaatimukset huomioon ottaen taloudellisesti edullisimman kokonaistuloksen.

Pientraktorin käyttö voi tulla kysymykseen kuormatraktorin korvaavana vaihtoehtona ainoastaan aivan lyhyillä, alle 100 m:n, metsäkuljetusetäisyyksillä. Talviolosuhteissa tämä etäisyys vielä lyhenee, koska pientraktori on herkempi lumesta johtuville vaikeuksille kuin kuormatraktori.

Pientraktorin käyttö kuormatraktorikuljetukseen liittyvänä kasauskoneena on eräs mahdollisuus keventää nykyisin ihmistyönä suoritettavaa puutavaran kasausta. Tämän yhdistetyn menetelmän korjuukustannukset ovat kuitenkin tämän päivän palkka- ja hintatasolla suuremmat kuin ihmistyönä suoritettavan ajouran varteen kasauksen ja kuormatraktorikuljetuksen kustannukset. On kuitenkin muistettava, että pientraktorilla on mahdollista alentaa tieverkon vaatimaa poistumaa ja siten parantaa kasvatettavaksi jätettävän metsikön kasvuedellytyksiä, joskin tällöin on otettava huomioon aiheutetut vauriot. Jos ihmistyöhön perustuvasta kasauksesta joudutaan luopumaan, tilanne on arvioitava uudelleen ja verrattava pientraktoria muihin tämän jälkeen käytettävissä oleviin harvennuskorjuuvaihtoehtoihin.

1 JOHDANTO

Syksyllä 1971 Kymin Osakeyhtiö, Tehdaspuu Oy ja Metsäteho aloittivat pientraktorikorjuumenetelmiä harvennusmetsän puunkorjuussa koskevan tutkimuksen Kymin Osakeyhtiön omistamalla Nynäsin metsäkompleksilla. Tutkimuksella pyrittiin selvittämään erilaisten pientraktorikorjuumenetelmien väliset taloudelliset erot sekä niiden vaikutukset puuston tuottoon. Tuoton osalta kiinnitettiin huomiota ennen kaikkea ajouraverkon ja aiheutettujen vaurioiden merkitykseen.

Vertailun mahdollistamiseksi tällä hetkellä yleisimpään harvennusmetsän puunkorjuumenetelmään, kuormatraktorimenetelmään, tutkimukseen liitettiin myös kyseinen korjuumenetelmä.

Tutkimusta valvoi ja ohjasi johtoryhmä, johon kuuluivat metsänhoitaja Gunnar Andersson Kymin Osakeyhtiöstä puheenjohtajana ja jäsenenä metsänhoitopäällikkö Nils-Erik Bützow ja metsänhoitaja Juhani Järvinen Tehdaspuu Oy:stä sekä metsät. lis. Aulis E. Hakkarainen Metsätehosta. Kenttätöiden suorittamisesta vastasivat tämän selosteen tekijän lisäksi metsätekniikko Veikko Pihlanen Tehdaspuu Oy:stä ja metsätekniikko Eino Ritari Kymin Osakeyhtiöstä. Ajovauriot tutkittiin Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen toimesta metsänhoitaja Antti Isomäen johdolla.

2 TUTKIMUSAINEISTO

2.1 Aineiston keruu ja käsittely

Tutkimus suoritettiin pääosiltaan tavanomaista aikatutkimusmenettelyä käyttäen, siten että kutakin valittua pientraktorin käyttöön pohjautuvaa korjuumenetelmää seurattiin 3...4 päivän ajan erikseen lumettomana aikana ja erikseen talvella. Edellinen vaihe toteutettiin loka-marraskuussa 1971 ja jälkimmäinen helmi-maaliskuussa 1972. Lisäksi tehtiin joulukuussa 1972 täydentävä tutkimus yhden aikaisemmin tutkimattoman korjuumenetelmän osalta. Hakkuusta ei suoritettu aikatutkimusta yhtä korjuumene-

telmää lukuun ottamatta, koska tarvittavat tiedot saatiin aikaisemmin tehdyistä hakkuututkimuksista. Myöskään kuormatraktorimenetelmää ei seurattu aikaututkimuksella, vaan tyydyttiin kuljettajan kirjanpitoon perustuviin tietoihin.

Aikahavaintojen lisäksi selvitettiin kultakin tutkimuspalstalta korjattavaa ja kasvatettavaksi jätettyä puustoa sekä korjuuolosuhteita koskevat tiedot. Aineiston käsittelyn jälkeisessä tarkistuksessa todettiin aikaututkimuksen yhteydessä suoritettussa puumäärien mittauksessa hiukan systemaattista virheellisyyttä alaspäin, mutta virheen pienuuden vuoksi ei katsottu aiheelliseksi muuttaa jo laskettuja tuloksia.

Vauriotutkimuksessa laskettiin vaurioituneiden puiden lukumäärä ja niiden sijainti ajouriin nähden sekä vaurioiden laatu ja laajuus.

Lähes kaikki mittaustiedot käsiteltiin tietokoneilla siten, että puusto- ja muut leimikkotunnukset laskettiin Tehdaspuu Oy:n, aikaututkimusaineisto Metsätehon ja vauriotiedot Helsingin yliopiston toimesta. Aineiston laskennallisen loppukäsittelyn suoritti luonnont. kandidaatti Jaakko Peltonen Metsätehosta.

2.2 Tutkimustyömaat ja -olosuhteet

Tutkimustyömaat sijaitsivat Kymin Osakeyhtiön omistamaan Nynäsin metsäkompleksiin kuuluvalla Heinolan mlk:n Tähtiniemellä. Leimikko käsitti kaikkiaan noin $3\,500\text{ k-m}^3$ puuta noin 60 ha:n alueella. Pääosa leimikosta oli I ja II harvennusvaiheen istutuskuusikoita, joiden ikä oli 30... 45 vuotta. Mahdollisimman yhdenmukaisten olosuhteiden saamiseksi valittiin tutkimukseen ainoastaan 868.6 k-m^3 :ä edustava osa leimikosta tutkimuspinta-alan ollessa 12.36 ha. Alun perin tutkimusalue jaettiin 17 palstaan, mutta tutkimuksen aikana kolme palsta jaettiin edelleen kahdella tutkimussuunnitelmassa edellytettyä laajemman ajouraverkkotiheyden vaihtelemista varten. Joulukuussa 1972 suoritettussa täydennystutkimuksessa tutkittiin lisäksi kolme palsta, nimittäin palstat 18, 19 ja 20. Tutkimuspalstoja koskevat yleistiedot on esitetty taulukossa 1. Koska tutkimuspalstat olivat lähes kokonaan puhtaita kuusikoita, laskettiin tulokset pelkästään kuusta koskevinä.

TAULUKKO 1

Tutkimuspalstoja koskevat yleistiedot

Pals- ta, n:o	Pinta- ala, ha	Maas- tolk.	Poistettavaksi leimattu			Kasvatettavaksi jäänyt		Alkupuusto yhteensä	
			runk./ha	k-m ³ /ha	k-m ³ / runko	runk./ha	k-m ³ /ha	runk./ha	k-m ³ /ha
1a } 1b }	0.69	I	789	90.4	0.114	1 000	210.0	1 789	300.4
2	0.82	I	548	52.3	0.095	1 000	160.0	1 548	212.3
3	0.31	I	625	109.6	0.175	950	230.0	1 575	420.6
4	0.63	I	612	85.6	0.139	950	230.0	1 562	315.6
5	0.85	I	610	87.3	0.143	1 000	220.0	1 610	307.3
6	0.50	I	826	53.9	0.065	1 300	160.0	2 126	213.9
7	0.36	I	691	64.0	0.092	1 100	160.0	1 791	224.0
8	0.35	I	1 368	80.5	0.058	1 400	130.0	2 768	210.5
9	0.73	I	719	72.1	0.100	1 000	180.0	1 719	252.1
10	0.52	I	761	70.2	0.092	1 000	180.0	1 761	250.2
11	0.73	I	1 193	62.5	0.052	1 500	140.0	2 693	202.5
12	0.66	I	1 171	67.3	0.057	1 450	140.0	2 621	207.3
13a } 13b }	0.93	I	782	59.8	0.076	1 400	170.0	2 182	229.8
14	0.57	I	1 217	79.2	0.065	1 300	190.0	2 517	269.2
15a } 15b }	1.03	I	1 066	93.0	0.087	1 200	180.0	2 266	273.0
16	0.26	I	623	86.1	0.138	1 000	240.0	1 623	326.1
17	0.47	I	1 193	100.9	0.084	950	210.0	2 143	310.9
18	1.50	I	308	28.1	0.091	1 650	220.0	1 958	248.1
19	0.30	I-II	1 100	92.4	0.070	1 250	200.0	2 350	292.4
20	0.15	I-II	1 100	92.4	0.070	1 300	200.0	2 400	292.4

Taulukossa eivät ole mukana ajourilta poistettujen leimaamattomien puiden määrät, vaan ne esitetään vasta tutkimustulosten yhteydessä. Jäävää puustoa koskevat tiedot ovat arvioituja, mutta alkupuuston määrän esittämiseksi ne on kuitenkin laskettu yhteen tarkkaan mittaukseen perustuvien leimausmäärien kanssa.

Valittujen korjuumenetelmien kokeilemista ja tutkimussuunnitelman tarkistamista varten varattiin palstat 1, 16 ja 17 esitutkimusta varten. Koska tutkimuksen edetessä havaittiin niistä saatujen aineistojen hyvin vastaavan muiden tutkimuspalstojen aineistoja, ne liitettiin muuhun aineistoon. Palstat 12-15 tutkittiin talvella, muut lumettomana aikana.

Palstojen alku- ja poistopuustot edustavat määrältään huomattavasti ensimmäisten harvennusten tämän hetken keskitason yläpuolella olevaa metsikköä. Toisaalta on muistettava, että tehostettujen puuntuottamistoimenpiteiden kuten metsänviljelyn, rodunjalostuksen ja lannoituksen vaikutuksesta olosuhteet ensimmäisen harvennusvaiheen kuusikoissa todennäköisesti tulevat lähestymään tutkittuja olosuhteita.

2.3 Korjuukalusto ja -miehistö

Kokeiltu pientraktori oli norjalaisvalmisteinen Agria Drabant. Se on puutarhatraktorista kehitetty tela-alustainen laahustraktori, jonka ominaisuuksista on ennen kaikkea mainittava pieni koko ja verraten hyvä maastokelpoisuus. Traktorissa on 18 hv:n (13.2 kW:n) dieselmoottori, jonka polttoaineen kulutukseksi ilmoitetaan ainoastaan 0.6 l/h. Traktorin paino on valmistajan ilmoituksen mukaan 825 kg ja maksiminopeus 18.0 km/h. Traktori on varustettu 1 000 kp:n (9 806 N:n) vetotehoisella vintturilla, jonka kelalle mahtuu 40 m 8 mm:n paksuista juontovaijeria.

Agria Drabant -traktoria kuljetti koko tutkimusvaiheen ajan sama mies. Hän oli 39-vuotias ja oli aikaisemmin toiminut Tehdaspuu Oy:n vakituksena hakkuumiehenä. Hänelle annettiin tarpeellinen kuljettajakoulutus sekä työnantajan että traktorin maahantuojaan toimesta. Ottaen huomioon koulutuksen lyhytaikaisuuden ja traktorin rakenteen sekä sen käytön poikkeavuuden totutuista traktorityypeistä on luonnollista, että tulokset eivät vielä vastaa saavutettavissa olevaa tasoa. Kuljettaja työskenteli lähes yksinomaan aikapalkalla.

Vertailutraktorina oli Valmet 900 -maataloustraktori, joka oli varustettu omatekoisella yksiakselisella puutavaraperävaunulla sekä hydraulisella Joutsa-kuormajalla. Traktorin omisti sitä kuljettanut urakoitsija.

Tutkimuspalstojen hakkaamiseen osallistuneet hakkuumiehet olivat kaikki ammattitaitoisia.

2.4 Tutkitut korjuumenetelmät

Tutkimukseen valittujen korjuumenetelmien suunnittelussa pyrittiin siihen, että ne mahdollisimman hyvin peittäisivät laahuseriaatteella toimivan pientraktorin käyttöalueen. Vertailumenetelmän, kuormatraktorimenetelmän, osalta sen sijaan tyydyttiin pelkästään tällä hetkellä yleisimmän harvennusmetsien korjuumenetelmän tutkimiseen. Tutkitut korjuumenetelmät olivat seuraavat.

I P u u m e n e t e l m ä, mikä toteutettiin siten, että kuljettaja kaatoi puut moottorisahalla kuorman keräämistä ajatellen mahdollisimman edullisesti. Aluksi puut pyrittiin kaatamaan Norjasta saadun mallin mukaisesti siten, että ne jäivät kaadon jälkeen nojaamaan pystyyn jääviin puihin (konkelokaato), jolloin kuormaa traktorin perään vinssattaessa puut siirtyivät jonkin matkaa pystyasennossa ja siten ehkä vähiten vahingoittivat jäljelle jäävää puustoa. Tästä kaatovasta kuitenkin luovuttiin, koska se katsottiin työturvallisuuden kannalta vaaralliseksi. Kaato suoritettiin tämän jälkeen tavannoista suunnattua kaatoa käyttäen. Kaadon jälkeen kuljettaja asetti apuvaijerit (kettingit) puiden tyvien ympärille juoksuttaen ne samalla päävaijerin lukkojen läpi. Tämän jälkeen kuljettaja palasi traktorille suorittaen kuorman vinssauksen traktorin perään nostaen tyvet juontopukin varaan. Auto- tai traktoritien varteen saavuttuaan kuljettaja laski kuorman maahan ja irrotti apuvaijerit puista. Puut karsittiin, katkottiin 3...6-metrisiksi ja kasattiin hakkuumiehen toimesta tien varteen.

Traktoria varten avattiin 2.5 m:n levyiset ajourat (pientraktorijourat) 15 m:n välein. Koska maasto kaikilla palstoilla oli hyvä, ajouraverkko pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman säännölliseksi ja ajourat mahdollisimman suoriksi sekä tässä että myös muissa ajouria vaativissa menetelmissä.

Puumenetelmää kokeiltiin esitutkimusvaiheessa myös siten, että puut kaatoi erillinen kaatomies. Koska tämän vaihtoehdon tulokset katsottiin voitavan laskea kuljettajan suorittamaan kaatoon perustuvan aineiston pohjalta, ei tätä kokeilua jatkettu esitutkimusvaihetta pitemmälle.

- II Runkomenetelmä poikkesi edellä kuvatusta puumenetelmästä ainoastaan siinä, että puut kaatoi hakkuumies, joka myös karsi kaadetut puut. Pieni osa rungoista juonnettiin latva edellä, kun sen sijaan puumenetelmässä juonto tapahtui yksinomaan tyvi edellä. Auto- tai traktoritien varressa runkojen täydennyskarsinnan, katkonnan 3...6-metriseksi kuitupuuksi ja kasauksen jatkokuljetusta varten suoritti hakkuumies.

Runkomenetelmää kokeiltiin sekä 15 m:n että 30 m:n ajouravälillä.

- III Laahusjuontoon perustuvassa tavaramalajimenetelmässä hakkuumies suoritti puiden kaadon sekä niiden karsinnan ja katkonnan moottorisahalla 3...6-metriseksi kuitupuuksi sekä kasasi sen $0.3...0.5 \text{ k-m}^3$:n suuruisiin kasoihin palstalle asettaen aluspuun kasan ajouran puoleiseen päähän noin metrin etäisyydelle kasan päästä.

Ajo suoritettiin siten, että pientraktori kulki ajouralla ja sen saavuttua kasojen kohdalle kuljettaja veti vaijerin kasan luo ja kiersi päävaijerin kasan pään ympärille. Tämän jälkeen hän vinssasi kasan traktorin luo ja nosti sen juontopukin kannatukselle. Useampien kasojen ottaminen samaan kuormaan tapahtui apuvaijereita (kettinkejä) käyttäen.

Myös tässä menetelmässä suoritettiin juontoa sekä 15 m:n että 30 m:n ajouraväleihin.

Lisäksi kokeiltiin aikaisemmin mainitussa täydennystutkimuksessa tätä menetelmää siten, että tieverkkoa ei suunniteltu, vaan ajo tapahtui kuljettajan valitsemissa luontaisissa reittejä myöten (menetelmä VI).

- IV Vinssaukseen perustuvassa tavaramalajimenetelmässä pientraktori toimi pelkästään vintturin voimakoneena. Hakkuu suoritettiin tässä menetelmässä samalla tavalla

kuin edellisessäkin menetelmässä. Kasojen asettelussa pyrittiin siihen, että niiden esteetön vinssaaminen auto- tai traktoritielle oli mahdollista. Vinssausurien merkitsemistä ennakolta ei kuitenkaan suoritettu.

Pientractori liikkui tässä menetelmässä ainoastaan auto- tai kuormatractoriteitä myöten ja vinssasi kasat teiden varteen. Työ tapahtui siten, että kuljettaja vei vaijerin vinssattavien kasojen luo ja sitoi kasat vaijeriin kiertämällä päävaijerin tai useampaa kasaa yhtäikaa kasattaessa myös apuvaijereita vinssattavien kasojen päiden ympärille. Tämän jälkeen hän palasi tractorin luo ja suoritti varsinaisen vinssauksen tien varteen. Jos taakka vinssauksen aikana tarttui esteisiin, esimerkiksi jäi kiinni kantoon tai takertui pystypuuhun, kuljettaja joutui palaamaan taakan luo ja irrottamaan taakan esteestä joko vaijerista vetäen tai kankeamalla.

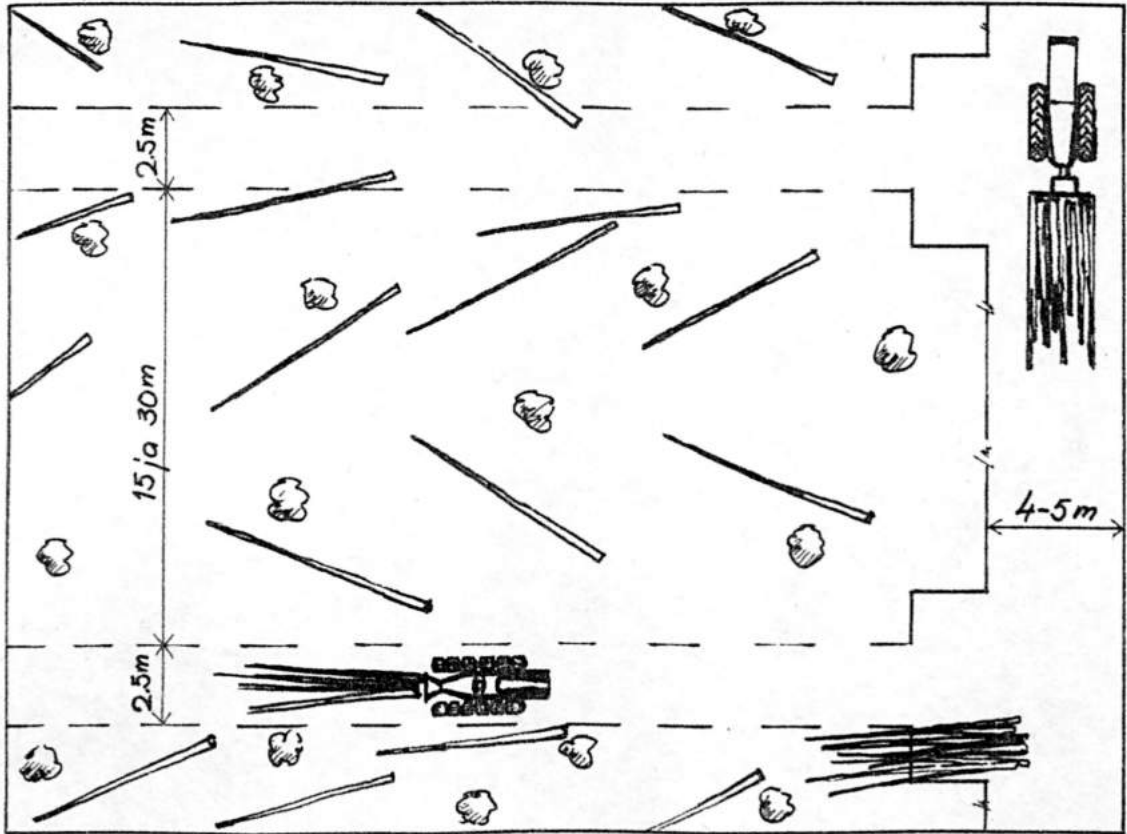
V Kuormatractorimenetelmässä suoritettiin puiden kaato, karsinta ja katkonta noin 3-metriseksi kuitupuuksi ja sahatukiksi palstalla. Hakkuumies kasasi kuitupuun kuormatractoriteiden varteen $0.5 \dots 1.0 \text{ k-m}^3$:n kourakasoihin. Sahatukki jätettiin palstalle ja kasattiin pientractorin vintturilla kuormatractoriteiden varteen. Tractorikuormat purettiin kasoihin autotien varteen.

Kuormatractorikuljetusta varten tehtiin 4.5 m:n levyiset kuormatractoriajourat 30 m:n välein, joskaan niitä ei suunniteltu aivan yhtä systemaattisesti kuin pientractoriajouria.

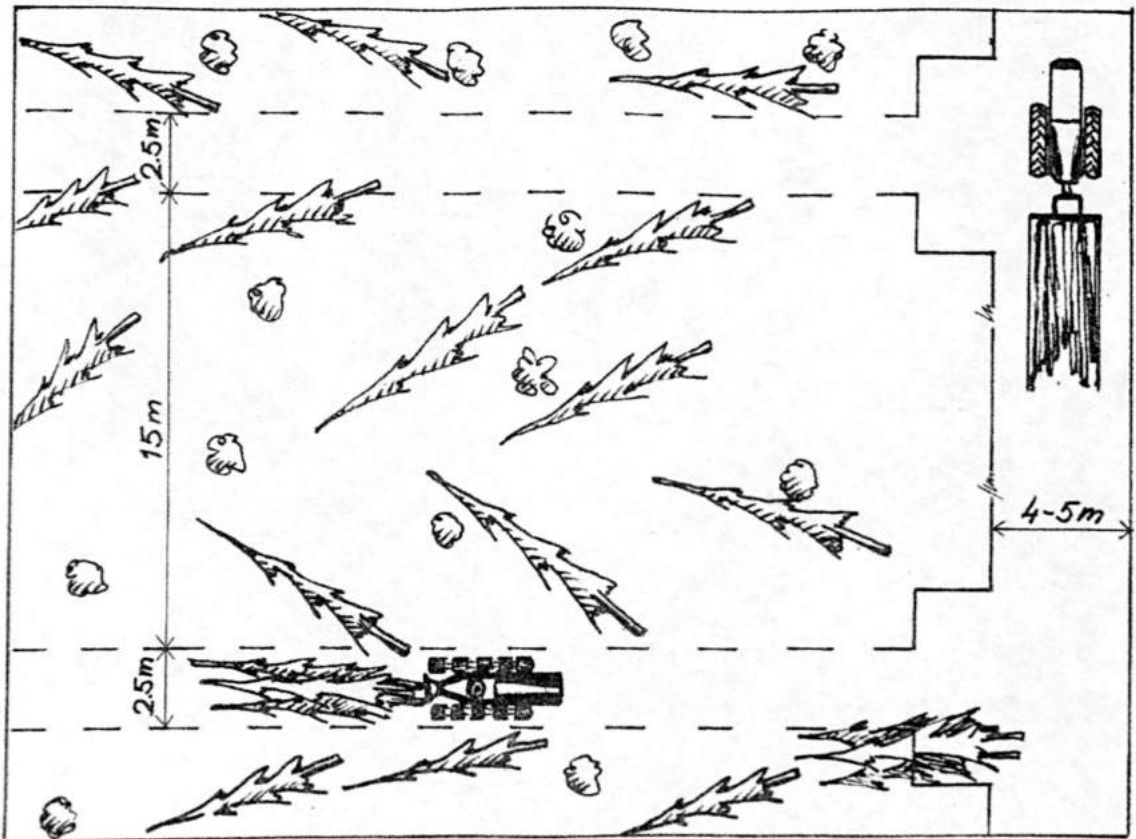
Edellä kuvattujen korjuumenetelmien toteuttamisesta on lisäksi mainittava seuraavaa.

- Kaikissa tapauksissa valmistettiin tynkäkarsittua ja silmävaraisesti katkottua puutavaraa.
- Ajourien pituus oli 50...150 m.
- Tractorit veloitettiin pysymään ajourilla niissä menetelmissä, joissa ajourat oli suunniteltu kuljetusta varten.
- Tractori- tai autotien varteen juonnettu tai kasattu puutavara varastoitiin näitä teitä vastaan kohtisuorasti. Eräissä tapauksissa jouduttiin tilan käytön takia tekemään myös teiden suuntaisia kasoja.

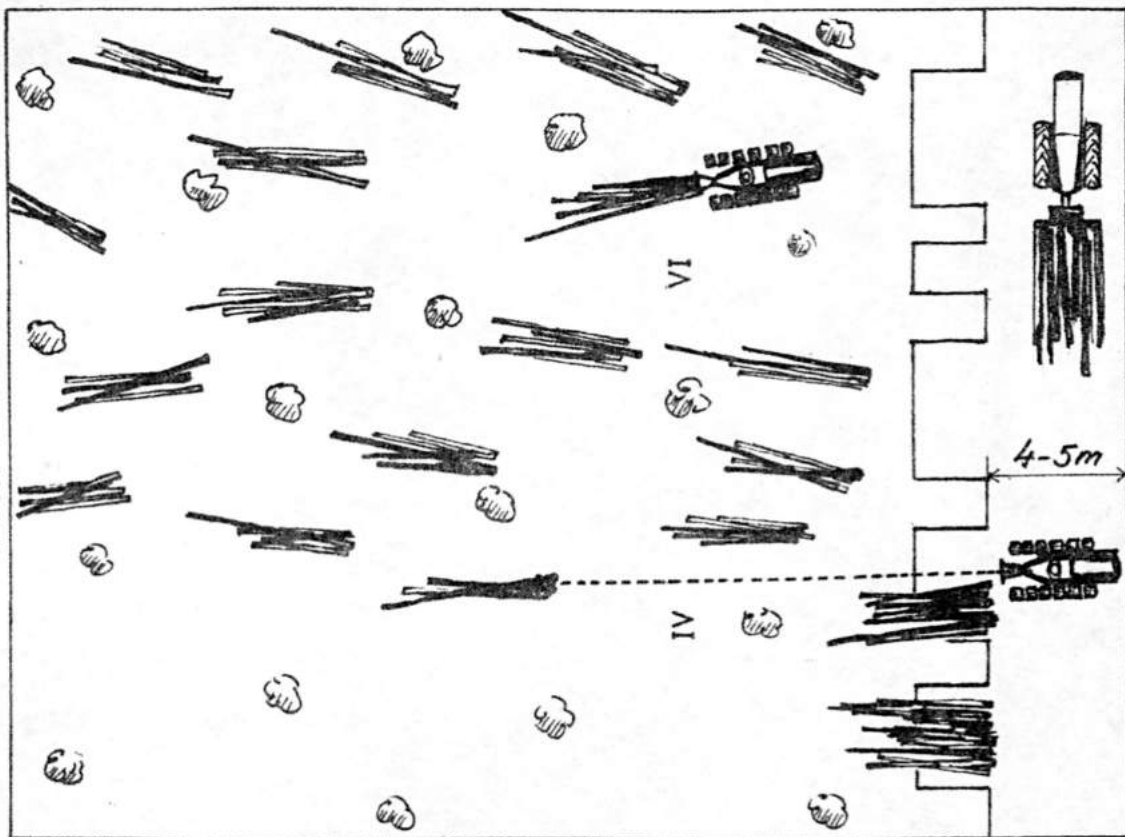
II RUNKOMENETELMÄ



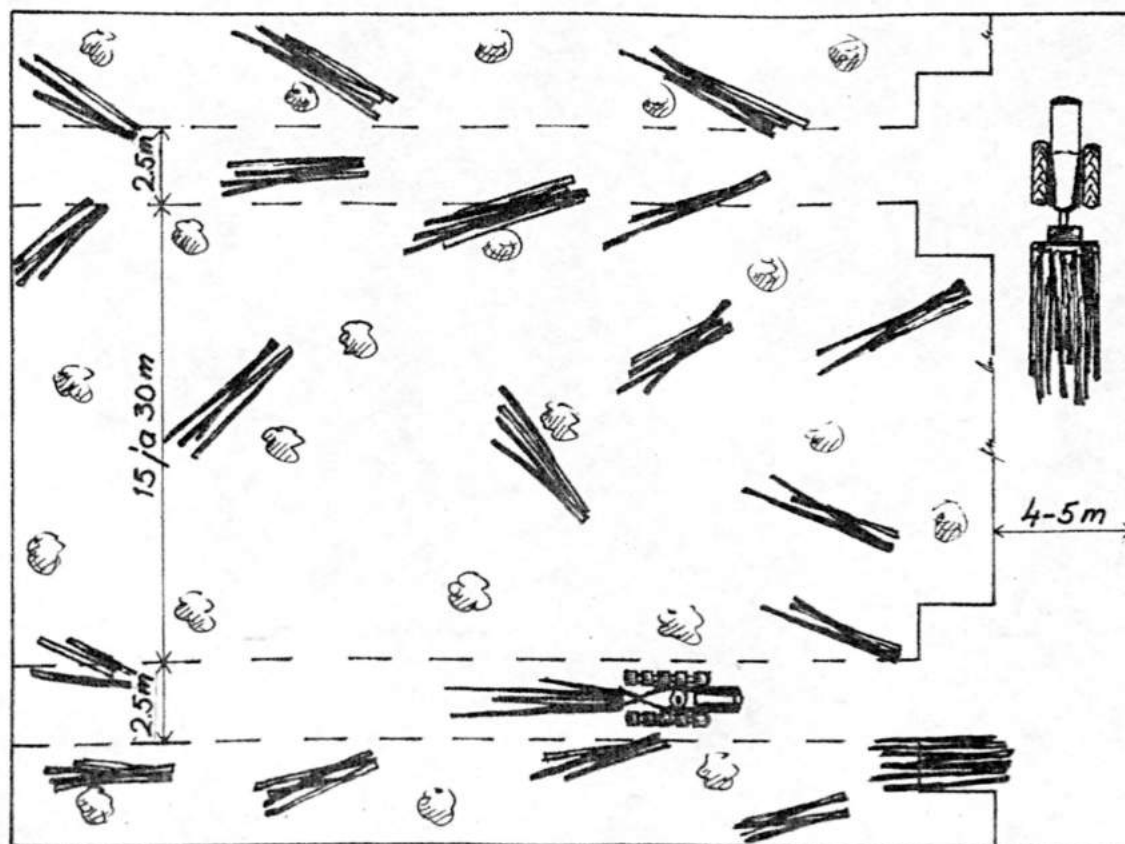
I PUUMENETELMÄ



IV JA VI { IV TAVARALAJIMENETELMÄ/VINSSAUS
TAVARALAJIMENETELMÄ/LAAHUSJUONTO
(ILMAN TIEVERKKOA)



III TAVARALAJIMENETELMÄ/LAAHUSJUONTO



TAULUKKO 2

Aikatutkimusaineiston määrän jakautuminen korjuumenetelmittäin

Korjuu- menetelmä	Ajo- ura- väli, m	Palstat n:ot		Ajetut puumäärät, k-m ³			Ajetut kuormat, kpl		Rungon tai kasan koko, k-m ³ /runk. tai k-m ³ /kasa	
		lumetto- mana aikana	tal- vella	lumet- tomana aikana	tal- vella	yh- teensä	lumet- tomana aikana	tal- vella	lumet- tomana aikana	tal- vella
I Puumenetelmä	15	6,16,17a	12	34.7	9.8	44.5	115	50	0.085	0.054
II Runkomenetelmä	15	7,17b	13a	34.0	22.2	56.2	90	71	0.090	0.090
"-	30	-	13b	-	23.6	23.6	-	70	-	0.065
III Laahusjuontoon perustuva tava- ralajimenetelmä	15	1a,9,11	15a	42.2	30.7	72.9	80	80	0.279	0.253
"-	30	5	15b	37.4	28.7	66.1	55	78	0.302	0.316
IV Vinssaukseen perustuva tava- ralajimenetelmä	-	1b,8,10	14	59.5	33.7	93.2	150	104	0.354	0.321
V Kuormatraktori- menetelmä	30	2,3,4	-	153.1	-	153.1	17	-	n.0.800	-
VI Laahusjuontoon perustuva tava- ralajimenetelmä (ei tieverkkoa)	-	18,19,20	-	76.9	-	76.9	170	-	0.353	-

Periaatepiirroksia tutkituista korjuumenetelmistä on esitetty sivuilla 11 ja 12 ja aikatutkimusaineiston määrä ja tärkeimmät tunnuksia menetelmittain taulukossa 2, sivulla 13.

3 TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Ajankäytön rakenne ja siihen vaikuttavat tekijät

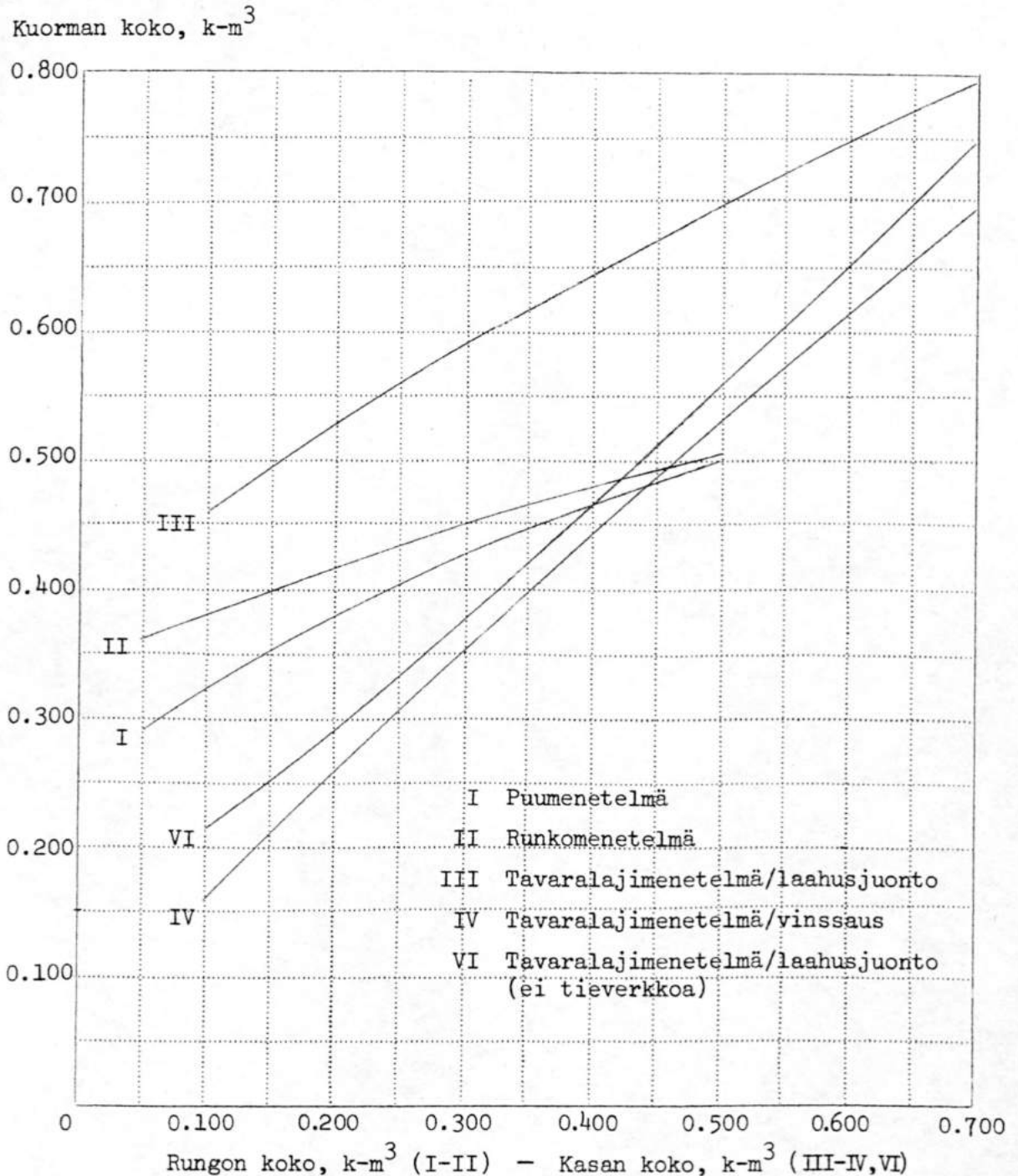
3.1.1 Kuorman koko

Kuvissa 1 ja 2 (s. 15 ja 16) on esitetty pientraktorin kuormien koon riippuvuus rungon tai kasan koosta eri menetelmissä lumettomana aikana ja talvella. Kasojen koko taas riippuu leimikon tiheydestä, mutta koska tiheyden vaihtelu tässä tapauksessa oli verraten pieni, sitä ei voitu erikseen selvittää.

Taulukosta 3 nähdään kuormien koon vaihtelu ja kuormien keskikoot. Laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä kuorman keskimääräinen koko on ollut lumettomana aikana huomattavasti muiden menetelmien kuormien kooka suurempi. Tähän on osittain vaikuttanut se, että kuormausyksiköt, tässä tapauksessa hakkuumiehen palstalle tekemät kasat, ovat olleet isompia kuin puu- ja runkomenetelmissä, joissa kuormausyksikkönä on ollut puu tai

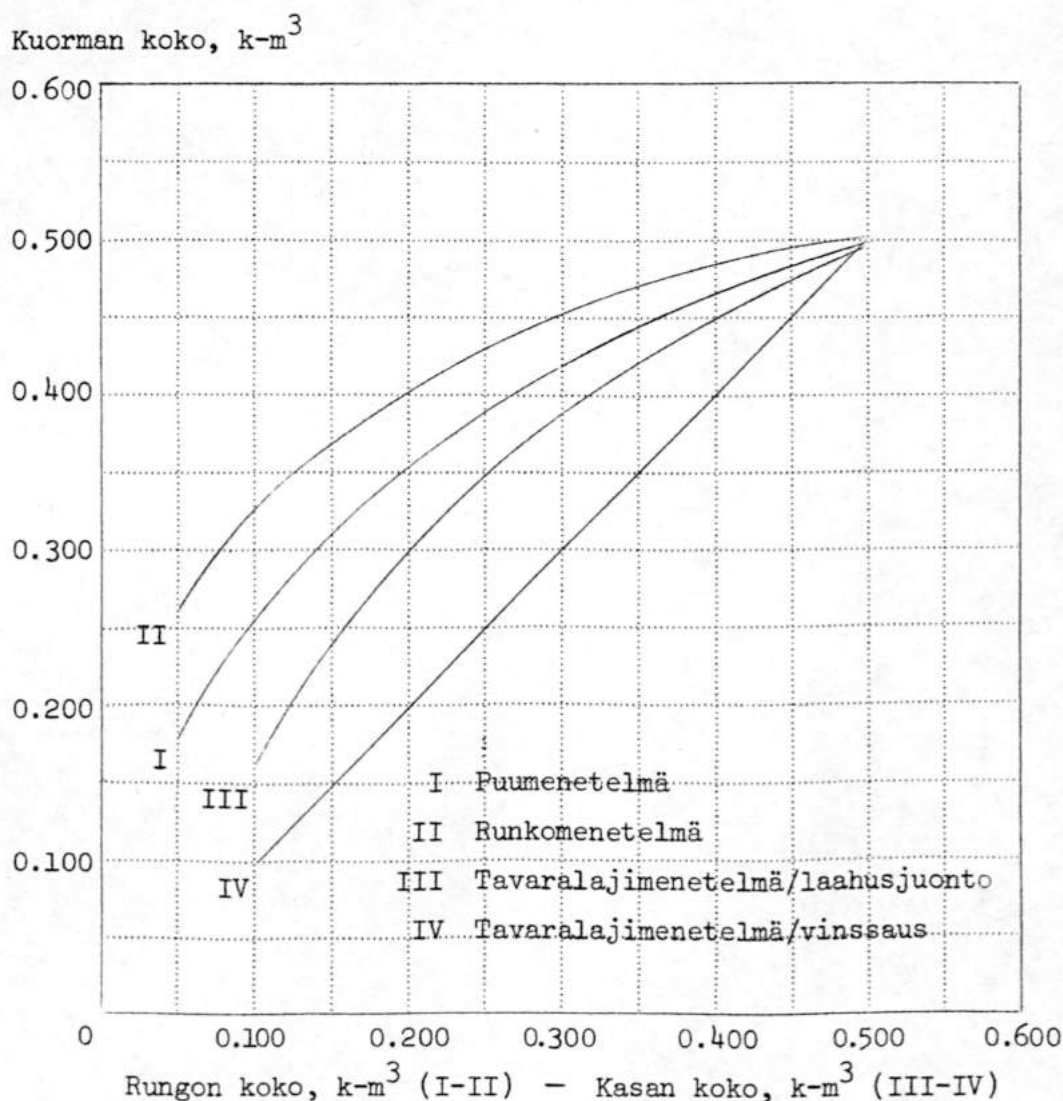
TAULUKKO 3 Kuormien koon vaihtelu ja keskikoko eri pientraktorikorjuumenetelmissä

Korjuumenetelmä	Kuorman koko lumettomana aikana		Kuorman koko talvella	
	min...maks.	keskim.	min...maks.	keskim.
	k-m ³			
I Puumenetelmä	0.150...0.600	0.300	0.100...0.300	0.200
II Runkomenetelmä	0.170...0.650	0.375	0.125...0.600	0.325
III Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä	0.400...1.000	0.600	0.150...0.600	0.375
VI Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä (ei tieverkkoa)	0.300...1.000	0.415	—	—
IV Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä	0.100...0.800	0.375	0.100...0.600	0.325



Kuva 1. Pientraktorin kuorman koon riippuvuus rungon (puu- ja runkomenetelmä) tai kasan (tavaralajimenetelmät) koosta lumetomana aikana

runko. Vinssaukseen perustuvassa tavaralajimenetelmässä on kuorman kokoa laskenut vastaavaan laahusjuontomenetelmään verrattuna se, että pitkän vinssausmatkan ja jäävän puuston vuoksi ei ole ollut mahdollista useinkaan ottaa yhtä kasaa enempää samaan kuormaan. Tämä käy selvästi ilmi ku-



Kuva 2. Pientraktorin kuorman koon riippuvuus rungon (puu- ja runkomenetelmä) tai kasan (tavaralajimenetelmät) koosta talvella

vasta 1(s. 15). Esimerkiksi kasan koon ollessa 0.200 k-m^3 vinssauskuorman koko on ollut ainoastaan 0.250 k-m^3 eli yhdessä kuormassa on ollut keskimäärin 1.25 kasaa ja juontokuorman koko on ollut 0.525 k-m^3 eli se on käsittänyt keskimäärin 2.65 kasaa. Todettakoon vielä, että lumettomana aikana kuorman maksimikooksi on saatu laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä noin 1 k-m^3 sen muissa menetelmissä jäädessä tätä pienemmäksi.

Kuormien koot ovat kaikissa menetelmissä selvästi alentuneet lumen aikana suoritettussa ajossa ja eri menetelmien väliset erot tasoittuneet. Huomiota kiinnittää etenkin laahusjuontoon perustuvan tavaralajimenetelmän kuorman koon pieneneminen lähes puoleen, vaikka kasojen ko'oissa ei lumettomana aikana ja talvella ole ollut sanottavaa eroa.

Kuvasta 2 (s. 16) havaitaan, että vinssaukseen perustuvassa tavaralajimenetelmässä kuorman koko noudattaa tarkasti kasan kokoa, joten talvella on vinssattu ainoastaan kasa kerrallaan ja muissakin menetelmissä on tehty samoin viimeistään silloin, kun kasan tai puun koko on noussut 0.5 k-m^3 :iin.

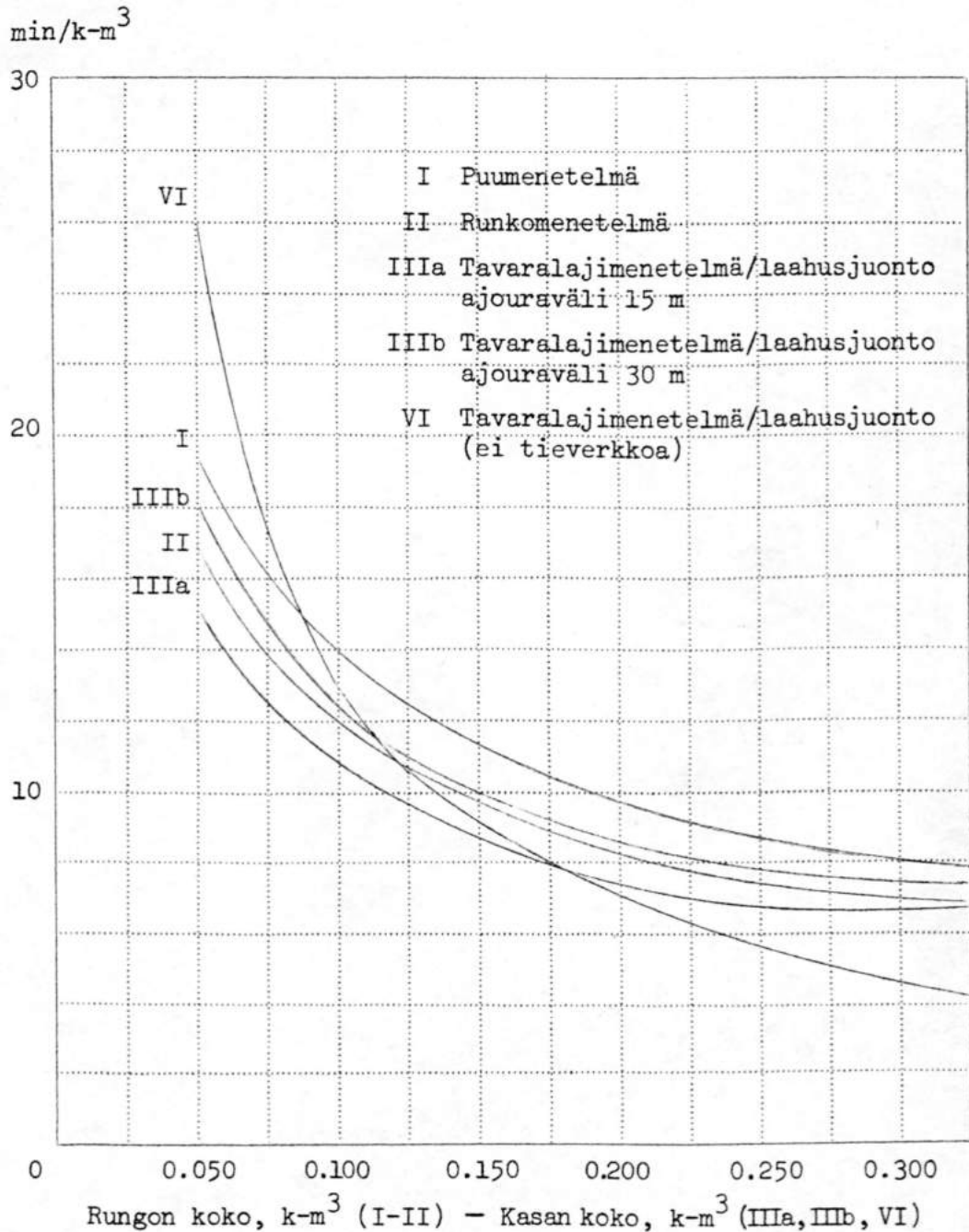
Täydennystutkimuksella selvitettyssä tavaralajimenetelmässä, jossa tieverkkoa ei ollut suunniteltu, kuorman koko jäi pienemmäksi kuin suunniteltuun tieverkkoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä, vaikka kasojen koot olivatkin likipitään samat. Syynä ovat osittain edellisen menetelmän lyhyemmät ajomatkat ja osittain tieverkon puuttumisesta johtuva kasojen epäedullisempi sijainti useamman kasan kuormaamista ajatellen.

3.1.2 Kuormaus ja kuorman kerääminen

Kuormaukseen ja kuorman keräämiseen kuluvaan aikaan sisältyvät kuormauksen valmistelu, pää- ja apuvaijereiden kiinnittäminen, kuorman vinssaus traktorin perään sekä mahdolliset siirtymiset useita puita tai kasoja samaan kuormaan kerättäessä. Tähän kuluva aika ilman keskeytyksiä on esitetty kuvissa 3 ja 4 (s. 18 ja 19). Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän ajankäyttötiedot esitetään erikseen. Kiintokuutiometrikohdaiset kuormausajat kasvavat sekä lumettomana aikana että talvella selvästi kuormausyksikön koon pienentyessä. Samoin voidaan todeta laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä kuormausajan lisääntyneen ajouravälin kasvaessa. Tähän on pääsyynä ollut kuormausetäisyyden kasvaminen. Talvella kuormausaika on pieniä yksiköitä kuormattaessa ollut selvästi suurempi kuin lumettomana aikana. Ero on suuri varsinkin laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä. Pääsyynä tähän on ollut huomattava kuormankoon pieneneminen talvella, jolloin kuormauksen vakioajat ovat lisänneet kiintokuutiometrikohdaista kuormausaikaa.

Samasta syystä poikkeaa täydennystutkimuksella selvitetyn tavaralajimenetelmän kiintokuutiometrikohdainen kuormausaika muiden menetelmien vastaavista ajoista. Kasan koon ylittäessä 0.200 k-m^3 :n kuormaus on tullut tässä menetelmässä nopeimmaksi.

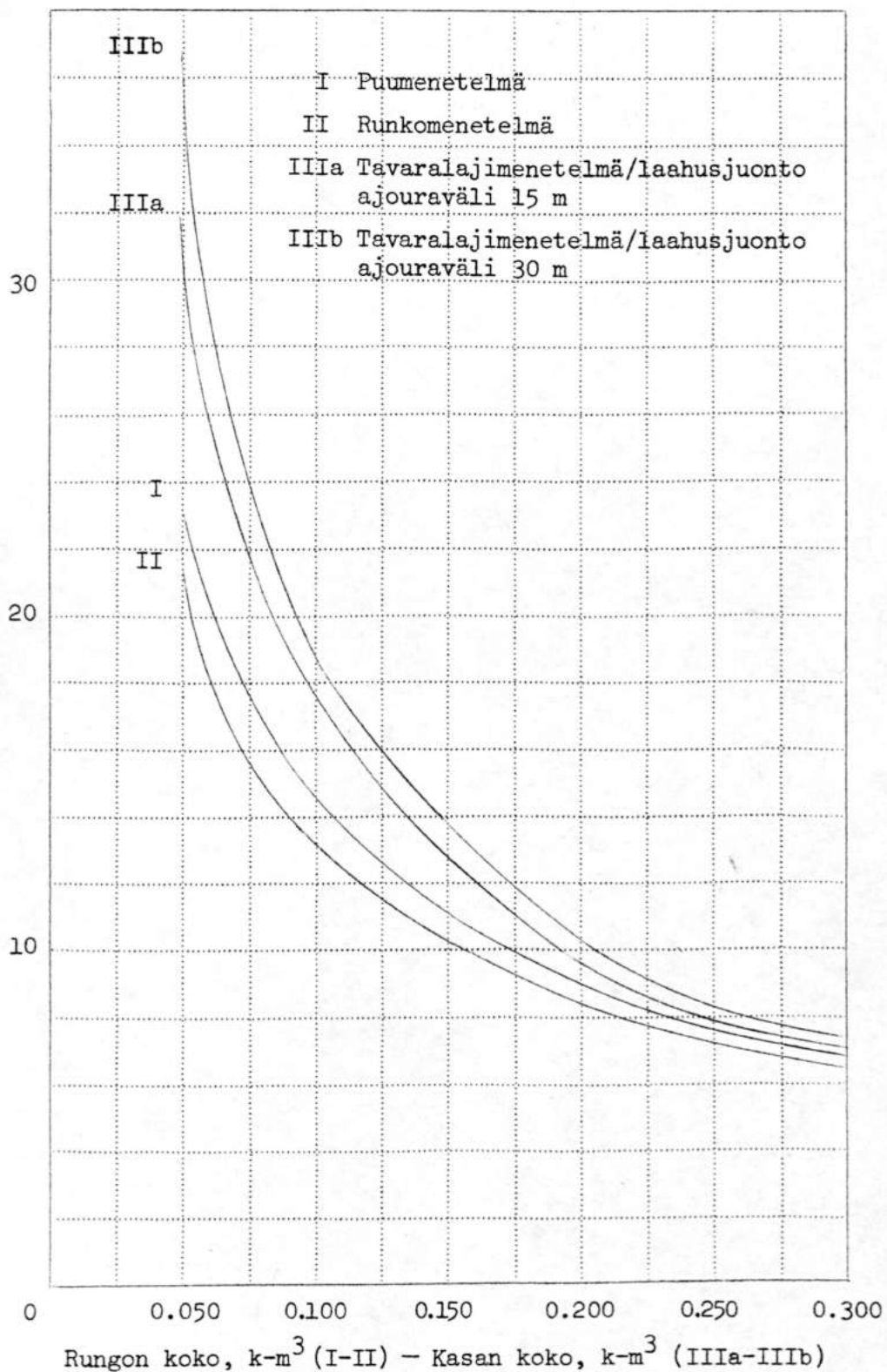
Kuormausyksiköiden koon ja ajouravälin lisäksi saattaa kuormausaikaan vaikuttaa myös jäävän puuston tiheys, mutta koska tutkimuspalstoilla ei



Kuva 3. Kuorman keräämisen ja kuormauksen yhteenlaskettu tehoaika eri pientraktorimenetelmissä rungon tai kasan koon funktiona lumettomana aikana

tässä suhteessa ollut suuria eroja, sitä ei pystytty selvittämään. Myöskään mahdollista maaston vaikutusta ei voitu osoittaa, koska maasto kaikilla tutkimuspalstoilla oli metsätraktorikuljetuksen ohjemaksuperusteiden I maastoluokkaa.

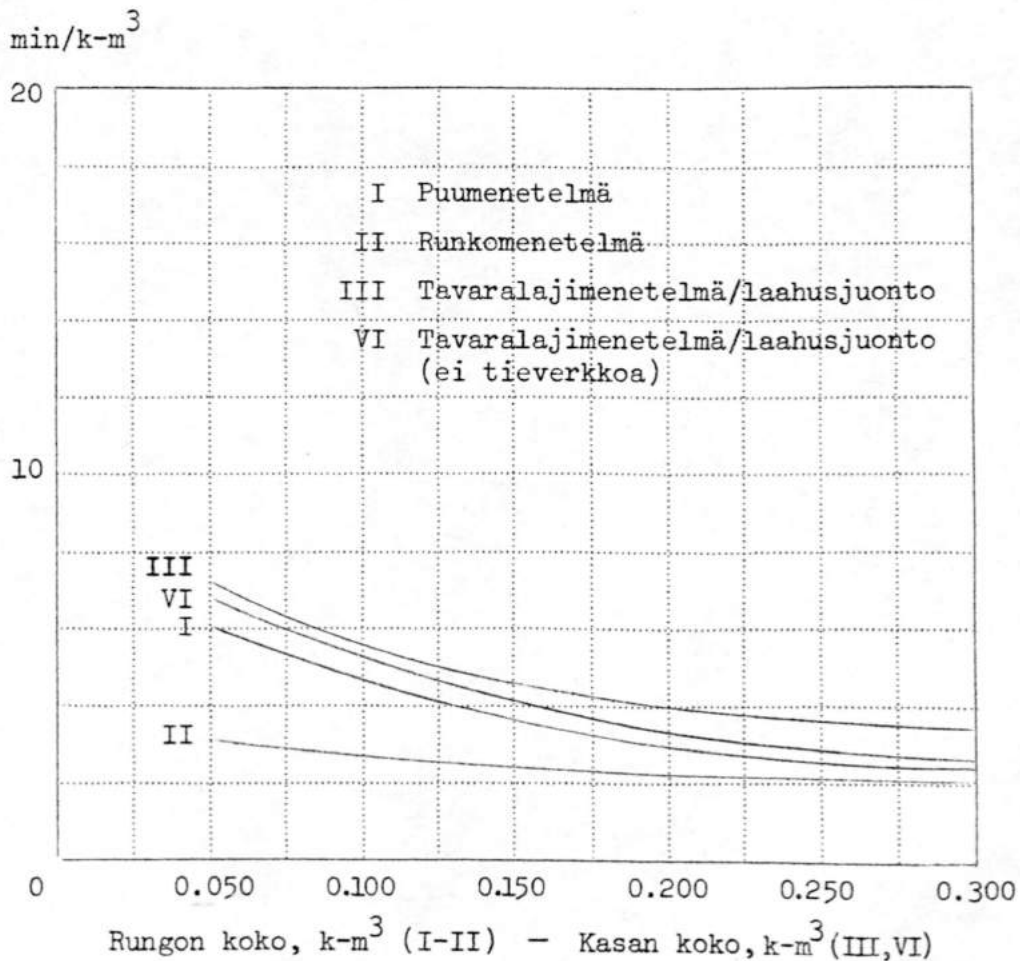
min/k-m³



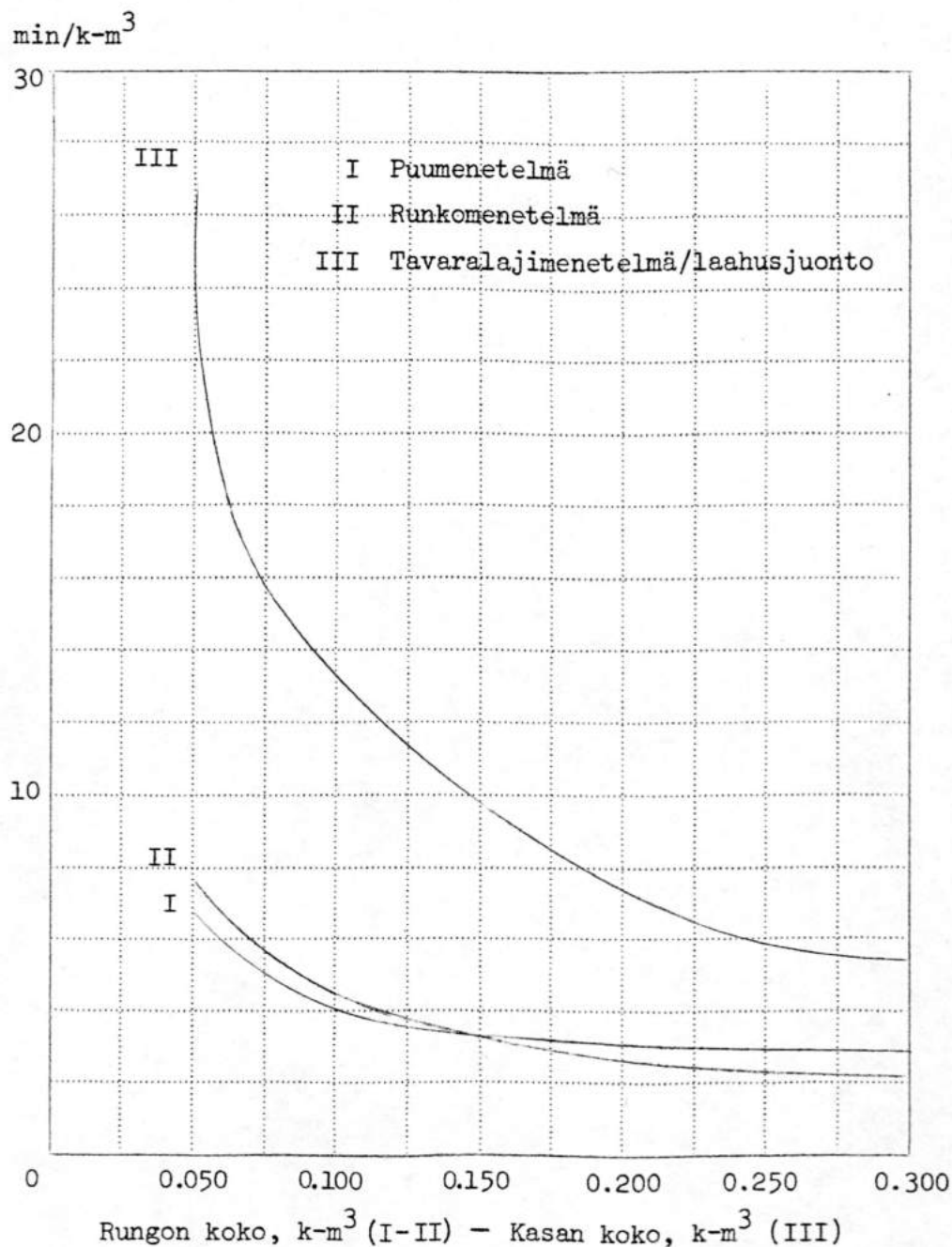
Kuva 4. Kuorman keräämisen ja kuormauksen yhteenlaskettu tehoaika eri pientraktorimenetelmissä rungon tai kasan koon funktiona talvella

3.1.3 Kuorman purkaminen

Purkamisaikaan on tässä laskettu purkamisen valmisteluun, apuvaijereiden ja päävaijerin irrottamiseen sekä purkamiseen liittyvään järjestelyyn kulunut aika. Purkamisen tehoaika on esitetty kuvissa 5 (lumettomana aikana) ja 6 (talvella). Myös purkamisessa ajankäyttö lisääntyy rungon tai kasan koon pienentyessä, mutta riippuvuus on vähäisempi kuin kuormauksessa. Puu- ja runkomenetelmässä ei purkamisajassa lumettomana aikana ja talvella ole paljonkaan eroa, mutta laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä sen sijaan kiintokuutiometrikohtainen purkamisaika on lisääntynyt talvella. Syynä ovat kuorman koon pieneneminen puoleen lumettoman ajan olosuhteisiin verrattuna sekä ahtaammat purkamistilat, koska tutkimuspalstat talvella sijaitsivat traktorijouran varressa ja lumettomana aikana autotien varressa.



Kuva 5. Purkamisen tehoaika eri pientraktorimenetelmissä rungon tai kasan koon funktiona lumettomana aikana



Kuva 6. Purkamisen tehoaika eri pientraktorimenetelmissä rungon tai kasan koon funktiona talvella

Purkaminen osoittautui pientraktorimenetelmissä vaikeaksi. Juonnettaessa puuta kuormatraktoriajourien varteen, jossa puuntuotannollisten syiden takia ei ole mahdollista raivata isoja varastoalueita, on laahusjuonto-kuorman purkaminen hankalaa. Jos useita kuormia pyritään purkamaan samaan kasaan, on ainoa mahdollisuus ajaa traktorilla kasan päälle. Tällä tavalla saadaan kuitenkin ainoastaan 2-3 kuorman kasoja, koska traktori ei

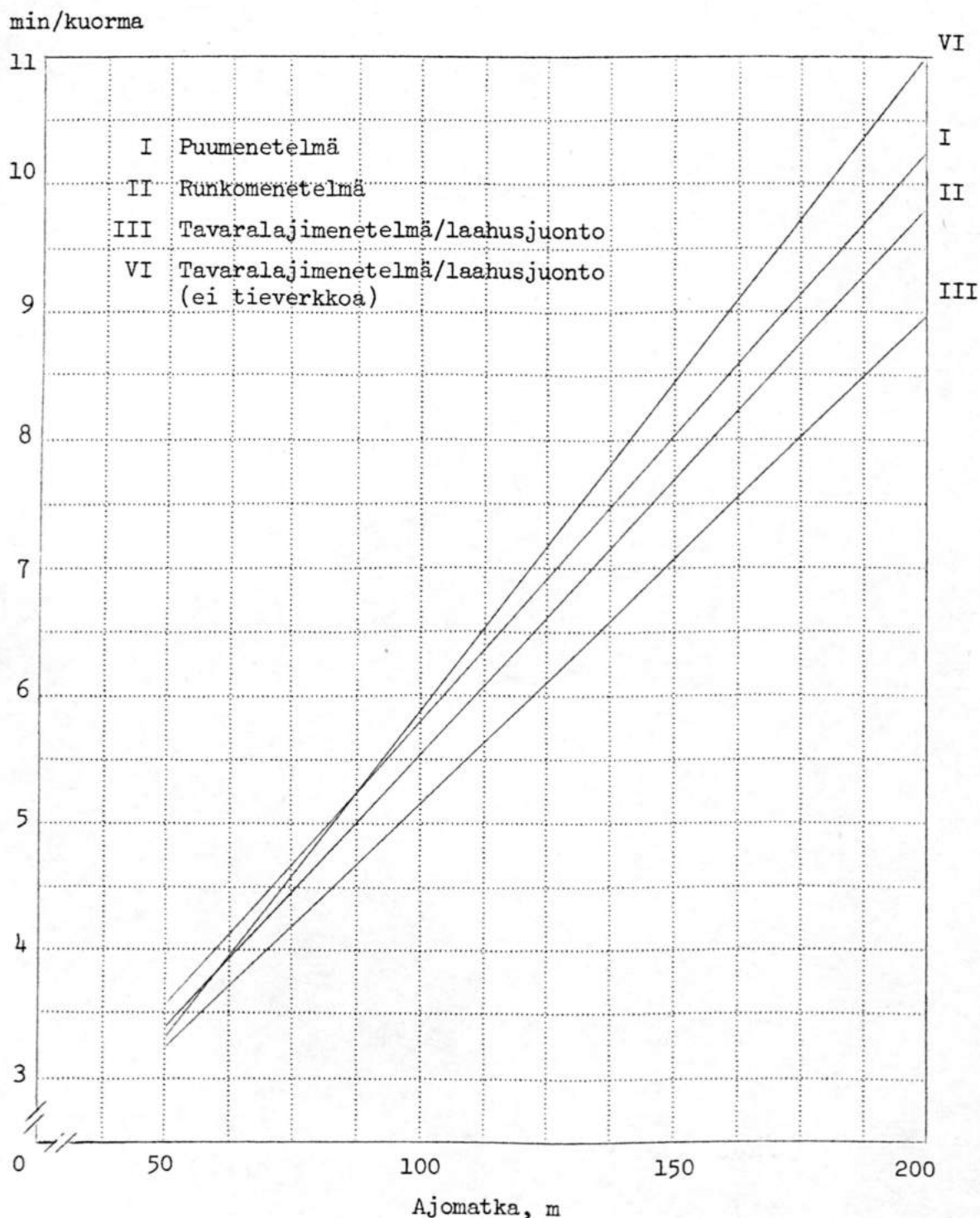
kykene nousemaan korkean kasan päälle. Kasan päälle ajaminen on sitä paitsi työturvallisuuden kannalta vaarallista. Puu- ja runkomenetelmässä, joissa hakkuumies valmisti puut tai rungot välittömästi purkamisen jälkeen, ongelma voitiin osittain ratkaista hakkuumiehen tekemällä kasauksella, esimerkiksi sijoittamalla valmistettu puutavara pois pientraktoriajouran päästä. Laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä tätä mahdollisuutta ei ollut, joten kuljettajan oli usein pakko suorittaa erillistä käsinkasausta kuormaa purettaessa. Usein kuorma purettiin myös muualle kuin ajouran päähän poikkeamalla ajouralta traktoritien läheisyyteen tullessa. Tällöin kuitenkin pystyvuuston vahingoittumisvaara lisääntyi.

Laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä purkamisaika oli suurempi kuin puu- ja runkomenetelmässä. Lisäksi on huomattava, että mitä pitempi on juontomatka, mitä harvemmassa ovat ajourat ja mitä tiheämpi on leimikko, sitä enemmän puuta kertyy kunkin pientraktoriajouran päähän ja sitä vaikeammaksi purkaminen käy. Tutkimuksessa purkamisajat eivät tosin eroa toisistaan esimerkiksi 15 m:n ja 30 m:n ajouraväleillä, mutta tämä johtuu ajouralta poikkeamisesta purkamispaikkaa lähestyttyä. Tämä selittää myös sen, että täydennystutkimuksella selvitettyssä tavaralajimenetelmässä, jossa tieverkkoa ei ollut, purkamisaika on jäänyt pienemmäksi kuin tieverkkoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä.

3.1.4 Kuormattuna- ja tyhjänäajo

Kuormattuna- ja tyhjänäajoon on luettu ajojen valmisteluun, kuormattunaajoon sekä purkamisen jälkeiseen kuormauspaikalle paluuseen kuluneet ajat. Kuormattuna-ajon aikana tapahtuneet kuormien mahdolliset irtoamiset ja uudelleen kuormaukset sekä muut vastaavat häiriöt on luettu keskeytyksiin lukuun ottamatta kuorman kiinni juuttumisesta johtuvaa vinssausta.

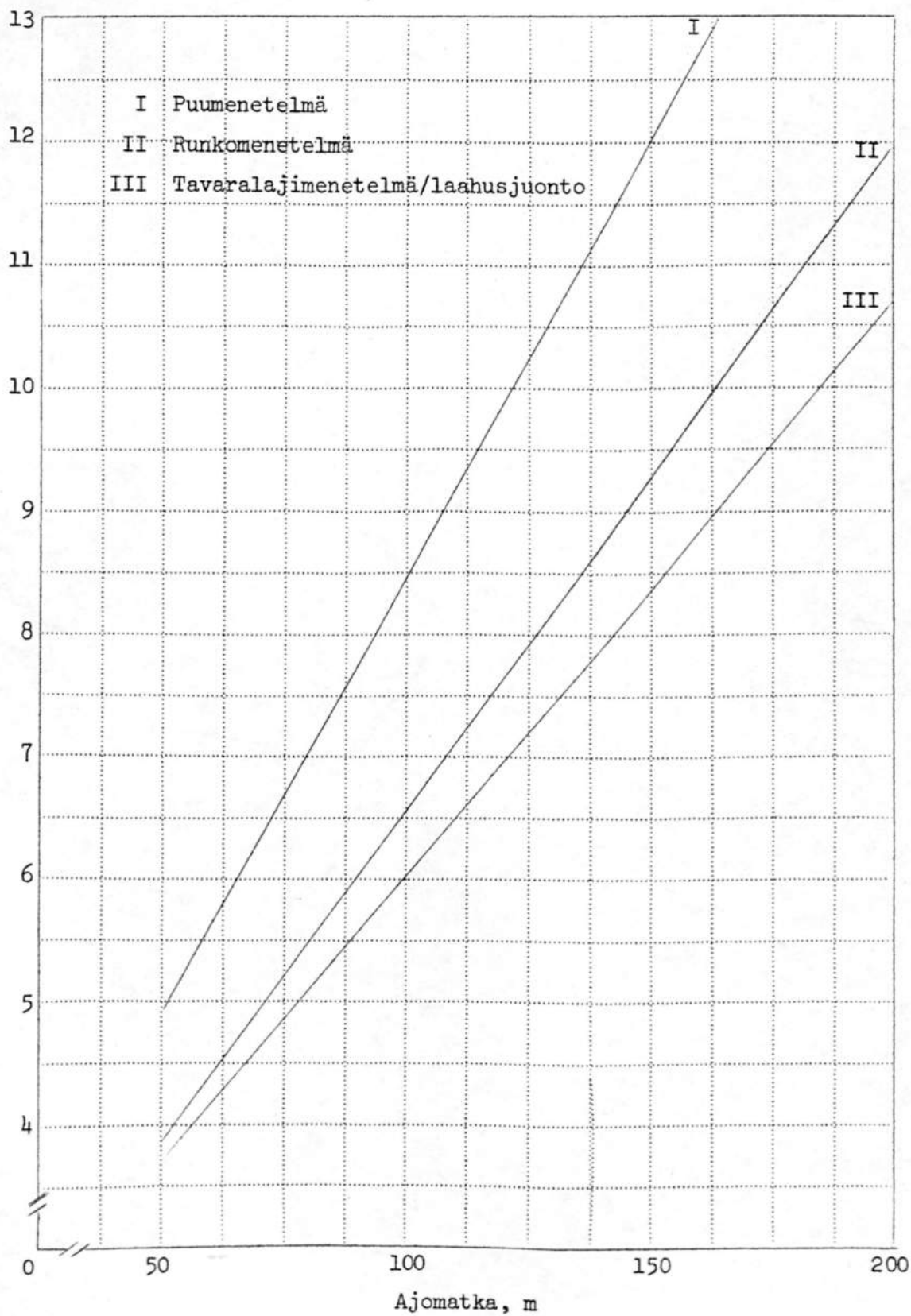
Kuvissa 7 (lumettomana aikana) ja 8 (talvella) (s. 24) on esitetty kuormattuna- ja tyhjänäajon yhteenlaskettu tehoaika matkan funktiona. Ajomatka tarkoittaa tällöin kuormaus- ja purkamispisteen välistä keskimääräistä etäisyyttä. Tehoaika on kuvissa esitetty kuormaus- ja purkamisajoista poiketen kuormakohtaisena aikana. Taulukosta 4 (s. 25) käyvät lisäksi ilmi ajonopeudet eri menetelmissä.



Kuva 7. Kuormattuna-ajon ja tyhjänäajon yhteenlaskettu kuormakoh-
tainen tehoaika ajomatkan funktiona lumettomana aikana. (Aikoihin
sisältyvät myös ajojen valmistelut)

Sekä lumettomana aikana että talvella ajoaikaa on kulunut eniten kokonais-
ten puiden juonnossa ja vähiten katkotun tavarankasojen juonnossa. Ajo-
aika on kaikissa ajouraverkkoon pohjautuvissa menetelmissä lisääntynyt tal-

min/kuorma



Kuva 8. Kuormattuna-ajon ja tyhjänäajon yhteenlaskettu kuormakoh-
tainen tehoaika ajomatkan funktiona talvella. (Aikoihin sisältyvät
myös ajojen valmistelut)

TAULUKKO 4 Ajonopeudet maastossa eri pientraktorimenetelmissä. Ajomatka 100 m, maastoluokka I

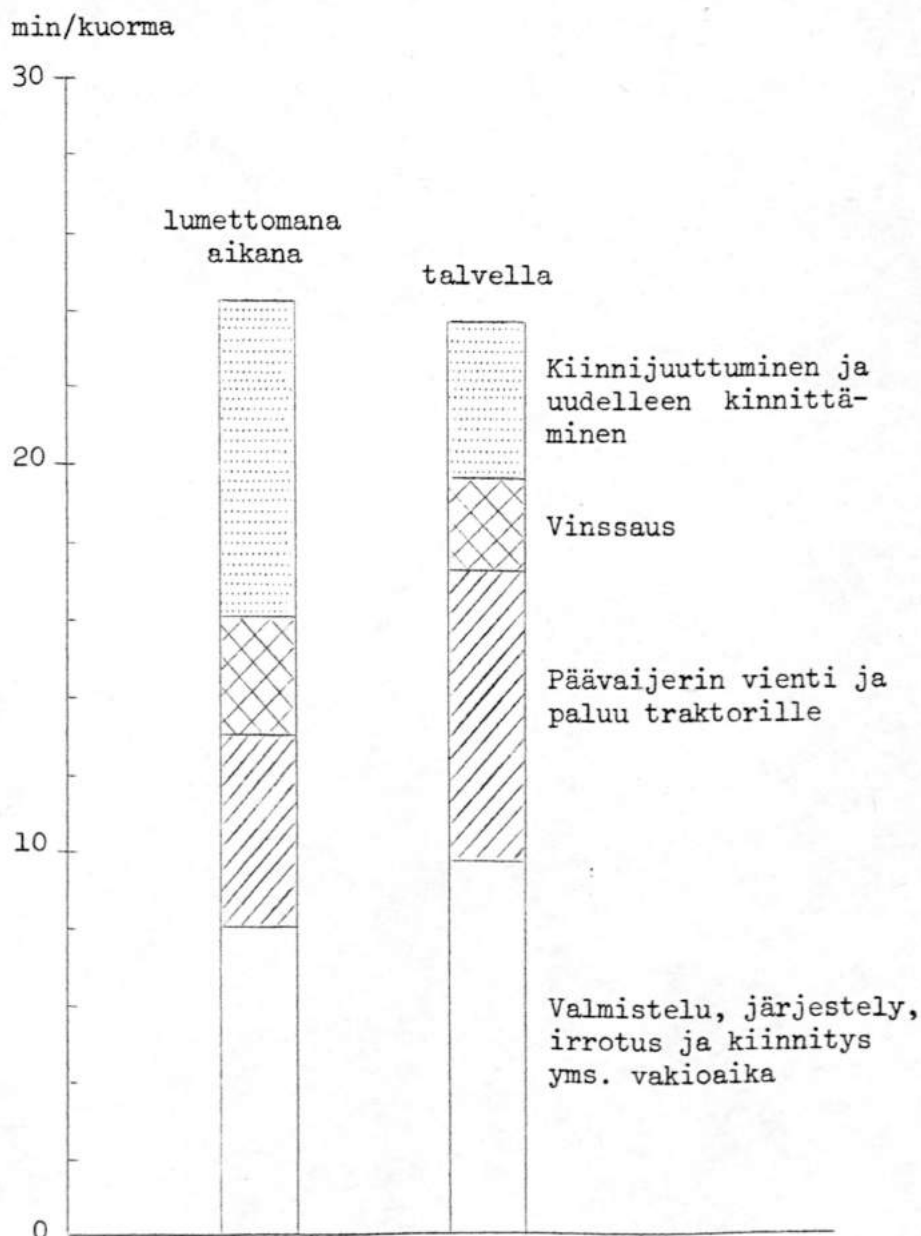
Mene- telmä	A j o	Ajonopeus	
		lumettoma- na aikana	talvella
		m/min	
I-III	Tyhjänäajo (tieverkko)	41.8	37.0
VI	Tyhjänäajo (ei tieverkkoa)	32.0	-
	Kuormattuna-ajo		
I	- puumenetelmä	31.7	14.1
II	- runkomenetelmä	32.4	26.0
III	- tavaralajimenetelmä/laahusjuonto	40.0	35.1
VI	- tavaralajimenetelmä/laahusjuonto (ei tieverkkoa)	28.0	-

vella, puumenetelmässä suhteellisesti eniten, kuorman koon pienenemisestä huolimatta. On huomattava, että menetelmiä toisiinsa verrattaessa erot johtuvat nimenomaan kuormattuna-ajosta, koska tyhjänäajoon eri menetelmillä ei ole vaikutusta. Ajon hidastuminen talvella on johtunut lähinnä lisääntyneestä vetovastuksesta ja traktorin heikentyneestä liikkumiskyvystä. Esimerkiksi puumenetelmässä oksiston lunta keräävä vaikutus aiheuttaa vastuksen lisääntymisen. Toisaalta traktorin telat pyörivät helposti tyhjää lumessa ja jäätyneessä maassa. Lumikerroksen vahvuus talvitutkimusvaiheessa oli 25...35 cm. Traktorin kulkukelpoisuutta pyrittiin parantamaan lisäämällä traktorin teloihin erityisiä tarttumariipoja, joiden todettiin selvästi helpottavan traktorin liikkumista lumessa.

Täydennystutkimuksella selvitettyssä menetelmässä, jossa tieverkkoa ei ollut, näkyy tieverkon puuttumisen vaikutus selvästi. Sekä tyhjänä- että kuormattuna-ajon nopeudet ovat pudonneet melkoisesti muihin menetelmiin verrattuna. Ainoastaan alle 50 m:n matkalla kuormakohtainen ajoaika on samaa suuruutta muiden menetelmien kanssa.

3.1.5 Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä

Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä eroaa oleellisesti edellä käsitellyistä menetelmistä siinä, että traktori liikkui tässä menetelmässä



Kuva 9. Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän yhteenlaskettu tehoaika 30 m:n matkalla. Kuorman koko 0.325 k-m^3 , maastoluokka I, tiheysluokka 1

ainoastaan kuormatraktoriajouraa tai autotietä myöten. Tämän liikkumisen voidaan muihin menetelmiin verrattaessa katsoa vastaavan lähinnä niissä tapahtunutta siirtymistä kuormaa kerättäessä. Kuljetusmatka (= vinssausmatka) sitä paitsi rajoittui tässä menetelmässä 40 m:iin.

Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän ajankäyttö käy esimerkin luonteisesti selville kuvasta 9. Tässä tapauksessa on kuorman kiinnijuuttuminen ja irrottaminen sekä mahdollinen uudelleen kiinnittäminen laskettu

kuuluviksi tehoaikaan, koska ne oleellisesti kuuluvat menetelmän luonteeseen ja menetelmä on siten ajankäytöltään paremmin verrattavissa muihin menetelmiin.

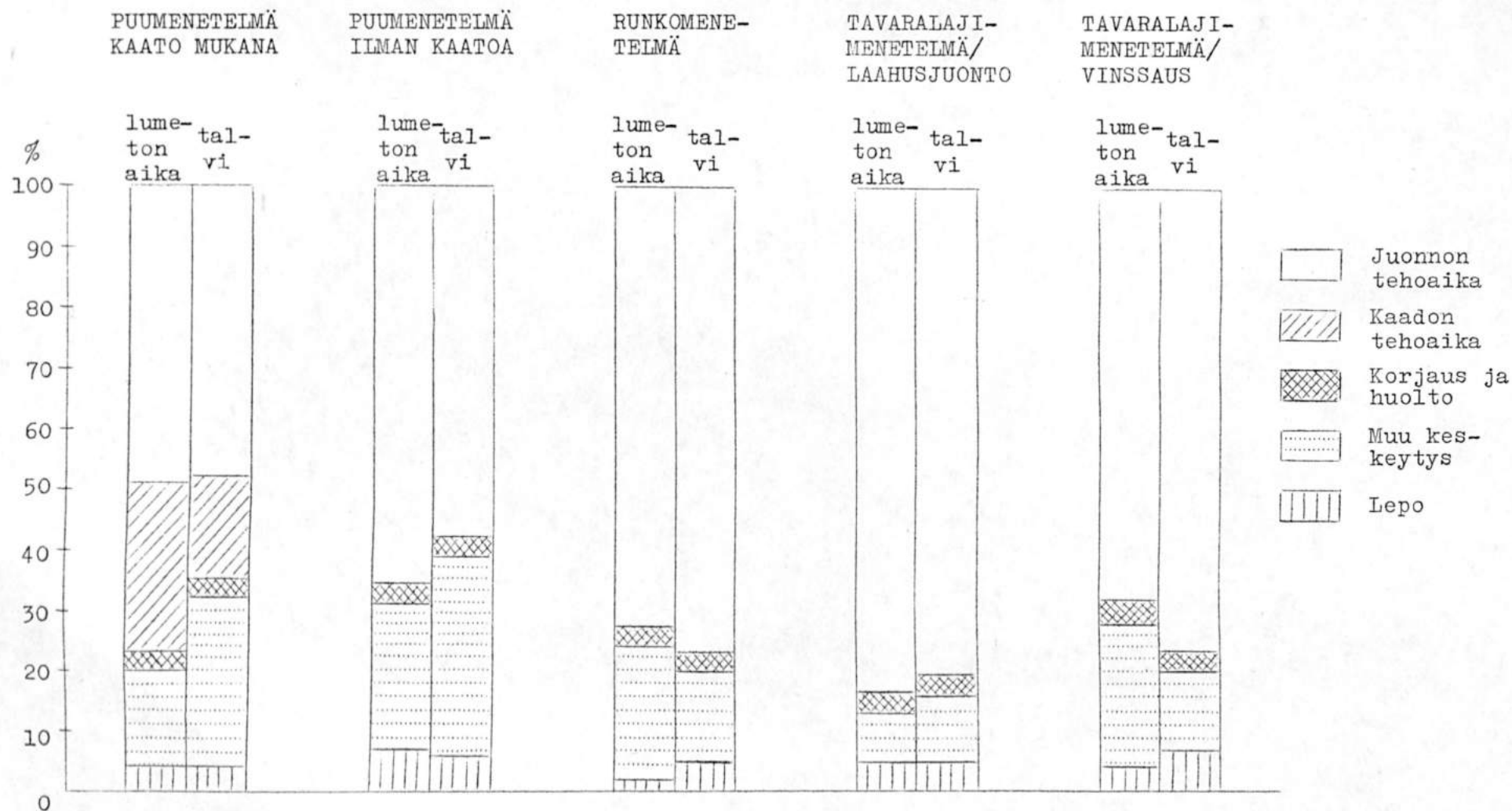
Verrattaessa lumettomana aikana ja talvella saatuja tuloksia toisiinsa todetaan kiintokuutiometrikohtaisen tehoajan olevan käytännöllisesti katsoen sama, joten vuodenaika ei ole vaikuttanut työtulokseen. Eri työvaiheiden vaatimissa tehoajoissa sen sijaan havaitaan eräitä oleellisia eroavuuksia. Vakioluonteiseen aikaan on luettu kaikki valmistelut ja järjestelyt sekä tässä tapauksessa myös vakioluonteisiksi katsottavat kiinnitys- ja irrotusajat. Sen osuus on ollut lumettomana aikana hiukan pienempi kuin talvella. Samoin vaijerin vienti ja paluu traktorille ovat talvella selvästi hidastuneet lumen vuoksi. Sen sijaan varsinainen vinssaus on talvella nopeutunut. Kuorma on nimittäin liukunut helpommin lumen päällä kuin paljaalla maalla. Suurin ero on kuitenkin ollut kiinnijuuttumisiin liittyvässä ajankäytössä. Kiinnijuuttumisia on ollut selvästi vähemmän talvella. Tähän on luontaisena selityksenä maan pinnan esteiden, kuten kivien ja kantojen, jääminen lumen alle. Suurin osa talvella tapahtuneista kiinnijuuttumisista on johtunut kuorman törmäämisestä pystypuihin.

Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän heikkoutena onkin kiinnijuuttumisen suuri osuus. On lisäksi todettava, että maaston huonontuessa tutkitusta I luokan maastosta kiinnijuuttumisen osuus todennäköisesti edelleen lisääntyy. Kiinnijuuttumista voitaisiin vähentää esimerkiksi aikaisemminkin käytetyillä juontosuppiloilla, mutta näiden kantaminen on sangen raskasta, minkä takia ne ovatkin jääneet pois käytöstä. Koska vinssausura on aina suora, ei myöskään esteiden väistäminen ole mahdollista.

3.1.6 Keskeytykset

Kuvassa 10 on esitetty työajan (= työmaa-ajan) rakenne eri pientraktorikorjuumenetelmissä lumettomana aikana ja talvella.

Kun kuljettajan suorittaman kaadon vaatima aika puumenetelmässä laskeetaan koneen kannalta keskeytysajan luonteiseksi ajaksi, todetaan keskeytysten osuuden tässä menetelmässä nousevan yli 50 %:n. Kaadon vaatima



Kuva 10. Työajan suhteellinen jakautuminen eri pientraktorikorjuumenetelmissä lumettomana aikana ja talvella

aikaosuus on ollut lumettomana aikana lähes 30 % ja talvella lähes 20 % kokonaistyöajasta. Jos kaatotyön vaatima aika jätetään tarkastelun ulkopuolelle, jää keskeytysten osuudeksi puumenetelmässä vähän yli 30 % lumettomana aikana ja vähän yli 40 % talvella. Keskeytykset koostuvat lähinnä kuorman irtoamisista, traktorin kiinni juuttumisista, erilaisista odotusajoista ja muista tämän tyyppisistä keskeytyksistä (= muut keskeytykset) korjaus- ja lepoajan ollessa melko pieni näihin keskeytysaikoihin verrattuna. Keskeytysten osuus onkin ollut suurin puumenetelmässä ja pienin laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä.

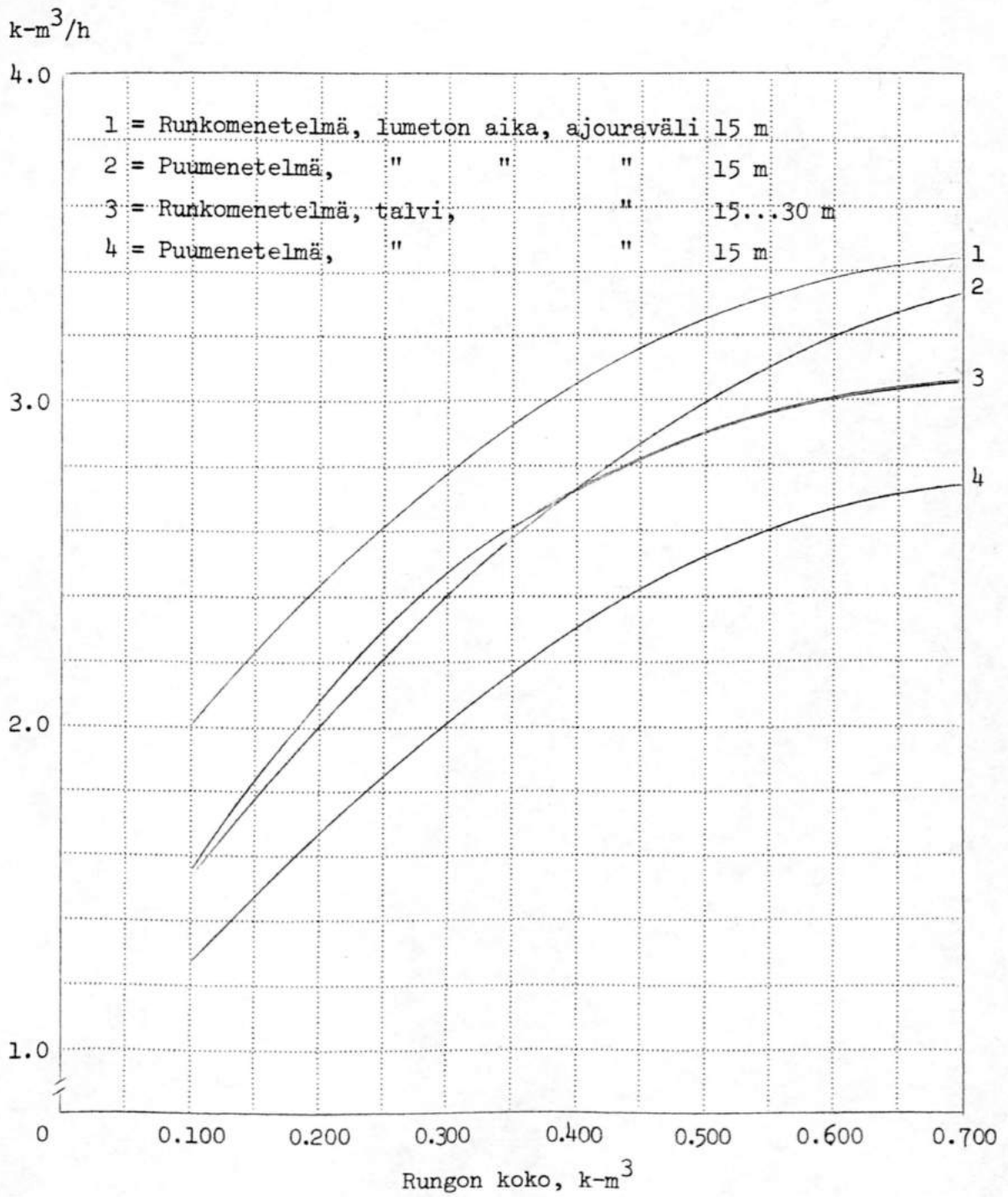
Vinssaukseen perustuvassa tavaralajimenetelmässä keskeytysten osuus kokonaistyöajasta on noussut keskimäärin jonkin verran suuremmaksi kuin laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä ja runkomenetelmässä. Korostettakoon vielä, että kuorman kiinni juuttumisesta ja uudelleen kiinnittämisestä johtuva aika ei tässä menetelmässä ole mukana keskeytysajassa, vaan se on laskettu kuuluvaksi tehoaikaan. Jos tämä aika luettaisiin keskeytysajaksi, keskeytysajan osuus nousisi 40...50 %:iin. Talvella ja lumettomana aikana ei keskeytysajan osuudessa eri menetelmissä ole ollut merkittävää eroa.

Työajan rakennetta koskevan selvityksen mukaan näyttää siltä, että tehoajan osuus kokonaistyöajasta on suurin laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä. Traktorin kokonaistalouden kannalta on tietysti sitä edullisempaa, mitä suurempi on tehoajan osuus. Esimerkiksi kaadon vaatima suhteellisen suuri aikaosuus puumenetelmässä on omiaan vähentämään kuljettajan suorittamaan kaatoon perustuvan menetelmän taloudellisia käyttömahdollisuuksia.

3.2 Juontotuotokset

3.2.1 Puu- ja runkomenetelmä sekä laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä

Kuvasta 11 nähdään puu- ja runkomenetelmien juontotuotokset 100 m:n juontomatalla. Tuotoksen voidaan havaita lisääntyvän melko voimakkaasti rungon koon kasvaessa 0.400 k-m³:n rungonkokoluokkaan saakka, minkä jälkeen koon vaikutus alkaa hieman vähentyä. Sekä puu- että runkomenetelmässä tuotokset ovat olleet lumettomana aikana suuremmat kuin talvella.



Kuva 11. Pientraktorin juontotuotokset tehotunnissa puu- ja runkomenetelmässä 100 m:n juontomatalla. Maastoluokka I, tiheysluokka 1

Runkomenetelmällä on päästy selvästi parempiin tuotoksiin kuin puumenetelmällä. Puumenetelmän tuotokset on kuvassa esitetty ilman kuljettajan suorittamaa kaatoa, joten tulokset näin ollen ovat vertailukelpoiset runkomenetelmän kanssa.

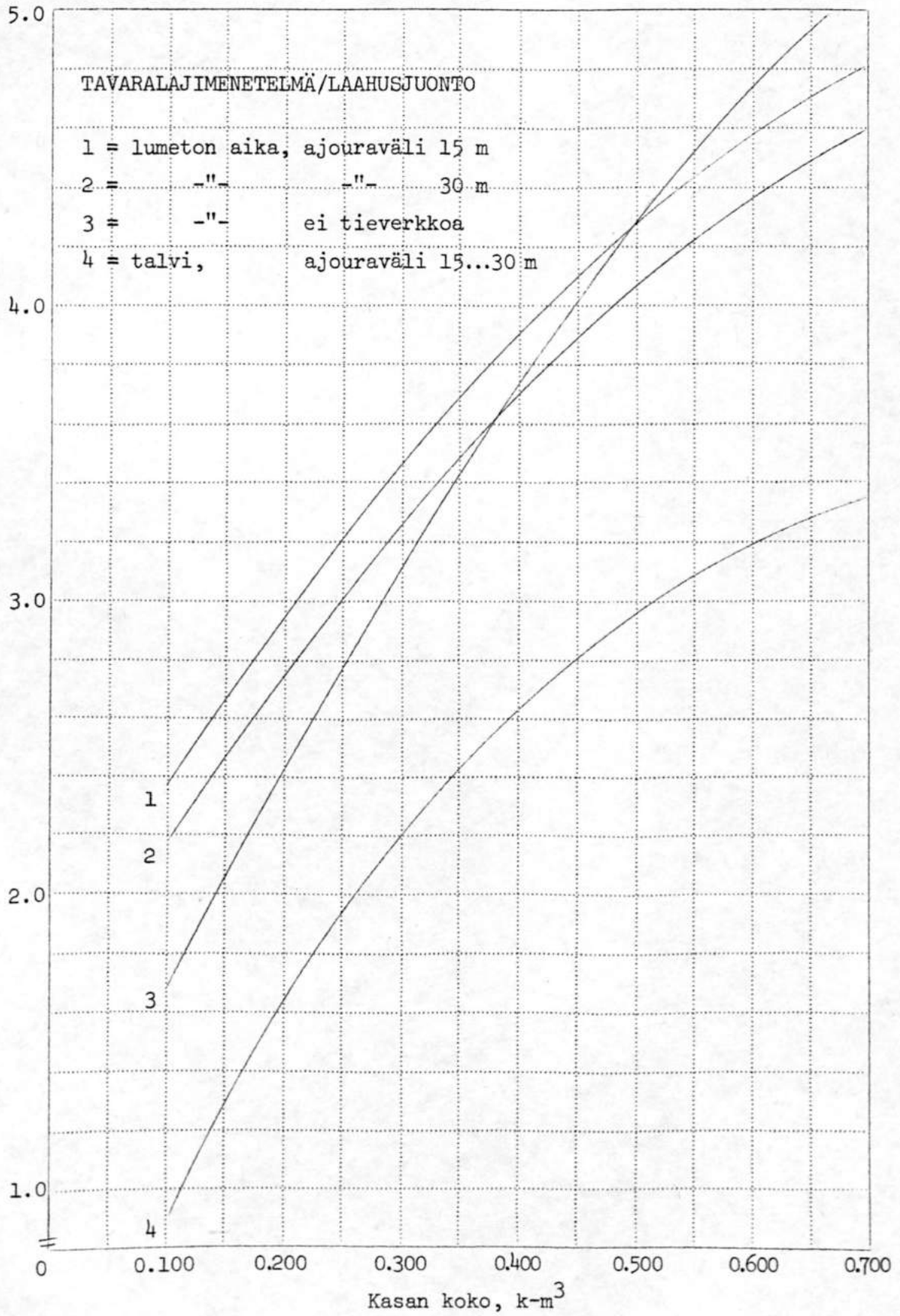
Runkomenetelmässä, jossa talvella kokeiltiin sekä 15 m:n että 30 m:n ajouravälin käyttöä, ei saatu tuotoksissa eroa näiden ajouravälien kesken. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että kapealla, 15 m:n, ajouravälillä kertyi runkoja, latvuksia ja oksia niin paljon itse ajouralle, että tämä "ruuhka" vaikeutti traktorin liikkumista ja kuorman keräämistä. Vaikka puumenetelmää ei kokeiltukaan leveämmällä, 30 m:n, ajouravälillä, voitaneen runkomenetelmässä saatua tulosta näiltä osin soveltaa myös puumenetelmään.

Laahusjuontoon perustuvan tavaralajimenetelmän vastaavat tuotokset on esitetty kuvassa 12. Juontotuotokset ovat lumettomana aikana olleet huomattavasti suurempia kuin puu- ja runkomenetelmän tuotokset. Ero on ollut vähäisin pienissä kasankokoluokissa, mutta siirryttäessä suurempiin kasan-
kokoihin ero on kasvanut. Talvella sen sijaan on pienten kasojen juonto ollut epäedullisempaa kuin puu- ja runkomenetelmässä vastaavan suuruisten puiden tai runkojen juonto. Vasta kasan koon ylittäessä 0.200 k-m^3 :n kasojen juonto on talvella tullut edullisemmaksi kuin puiden juonto ja kasan koon ylittäessä 0.400 k-m^3 :n edullisemmaksi kuin runkojen juonto.

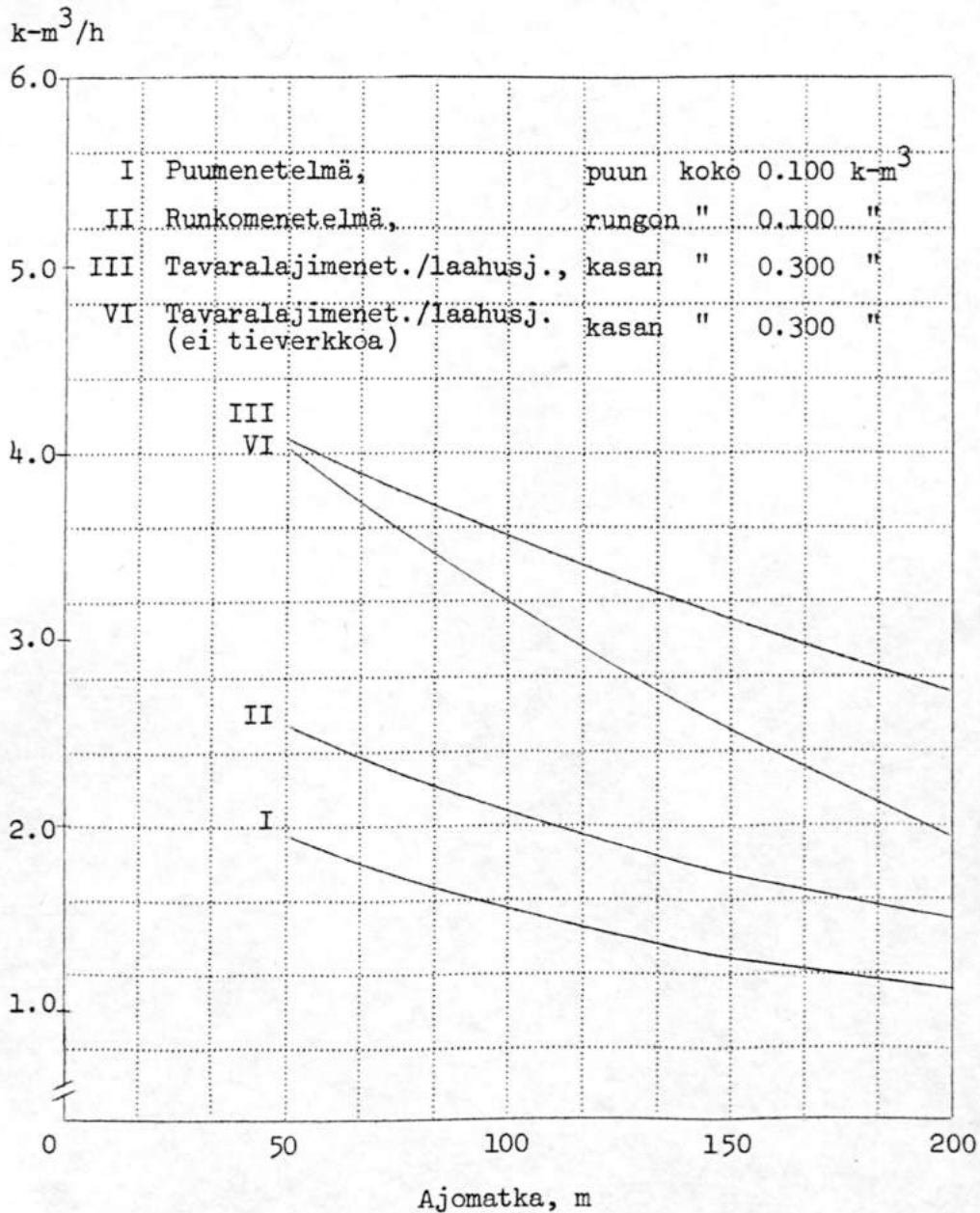
Ajouravälin voidaan todeta vaikuttavan jonkin verran tavaralajimenetelmän juontotuotoksiin lumettoman ajan olosuhteissa. Levennettäessä ajouraväli 15 m:stä 30 m:iin juontotuotos on pudonnut 6...7 %. Talviolosuhteissa sen sijaan ei ole saatu merkittävää tuotosten eroa kyseisten ajouravälien kesken. Tässäkään menetelmässä ei siis ajouravälin leventämisellä 15 m:stä 30 m:iin ole juontotuotoksen kannalta ollut kovinkaan paljon merkitystä.

Juontoetäisyyden vaikutus tuotokseen eri menetelmissä käy ilmi kuvasta 13 (s. 33). Koska tuotosten väliset suhteet eivät oleellisesti poikkea eri vuodenaikoina, esitetään kuvassa tuotokset ainoastaan lumettoman ajan olosuhteissa. Jotta tuotokset olisivat käytännön olosuhteiltaan vertailukelpoisia keskenään, on puu- ja runkomenetelmässä valittu kuormayksikön (puun tai rungon) kooksi 0.100 k-m^3 , mikä vastaa tutkimusaineiston rungonkokoja, ja laahusjuontoon perustuvissa tavaralajimenetelmissä kasan

$k\text{-m}^3/\text{h}$



Kuva 12. Pientraktorin juontotuotokset tehotunnissa laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä 100 m:n juontomatkalla. Maastoluokka I, tiheysluokka 1



Kuva 13. Pientraktorin juontotuotokset tehotunnissa eri korjuumenetelmissä lumettomana aikana. Maastoluokka I, tiheysluokka 1, ajouraväli 15 m

kooksi 0.300 k-m^3 , mikä vastaa tutkimusaineiston kasan keskikokoa.

Juontoetäisyyden kasvaessa 50 m:stä 200 m:iin juontotuotos putoaa kaikissa menetelmissä lähes suoraviivaisesti. Laahusjuontoon perustuvassa tavara-lajimenetelmässä tuotos on ollut lyhyellä (50 m:n) matkalla yli kaksinker-tainen puumenetelmään verrattuna ja yli puolitoistakertainen runkomenetel-mään verrattuna. Suhteellinen ero on sitä paitsi kasvanut juontoetäisyyden lisääntyessä. Ero johtuu – paitsi aikaisemmin esitetyistä näkökohdista –

laahusjuontoon perustuvan tavaralajimenetelmän suuremmasta kuormausyksikön koosta, minkä mahdollistaa hakkuumiehen palstalla suorittama kasaus. Kasaustyön merkitykseen menetelmän kokonaistalouden kannalta palataan kustannuksia käsittelevässä kohdassa.

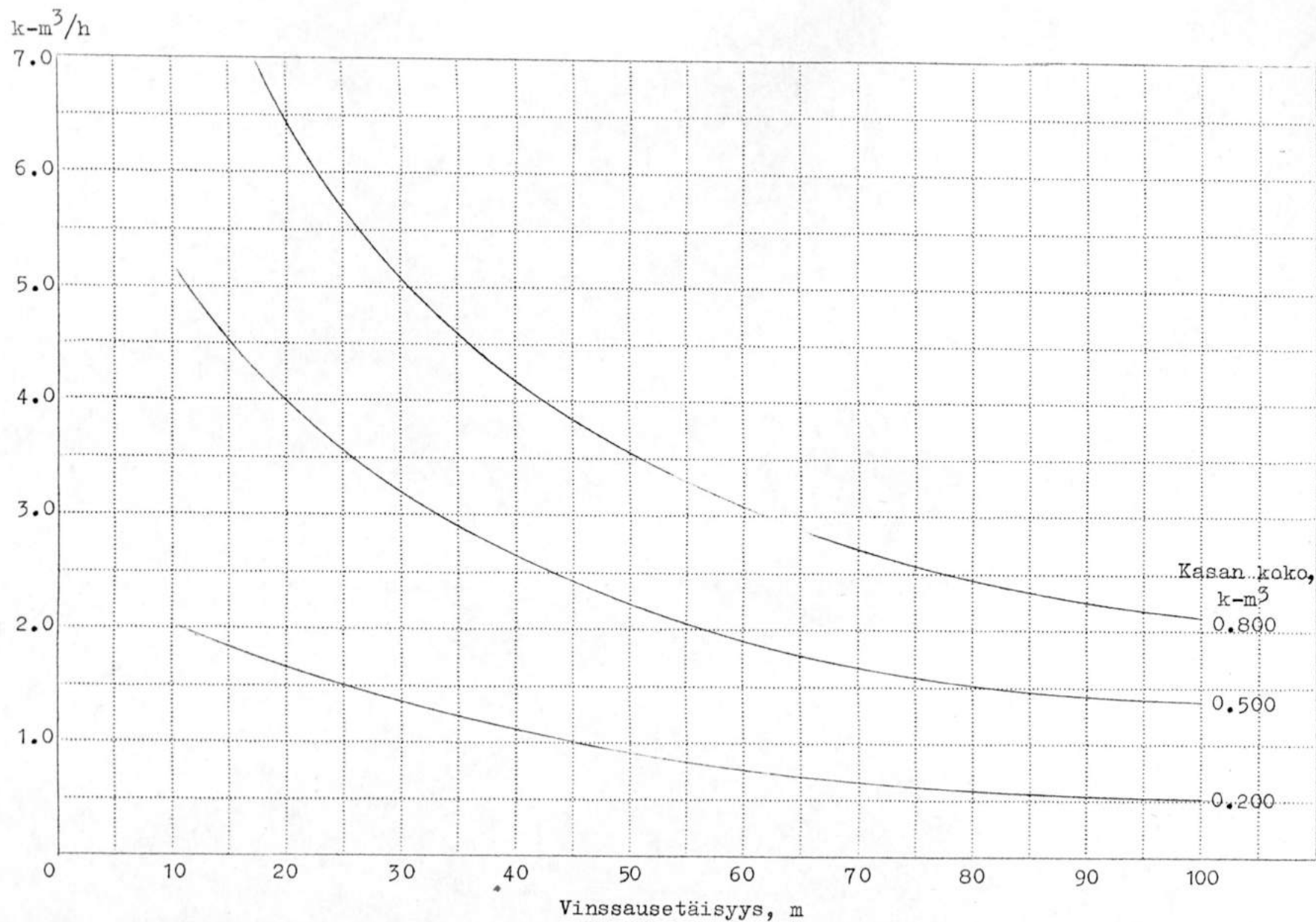
Täydennystutkimuksella selvitetyssä tavaralajimenetelmässä, jossa tieverkkoa ei ollut, tuotokset ovat jääneet jonkin verran alhaisemmiksi kuin tieverkon käyttöön perustuvassa vastaavassa menetelmässä, vaikka kuljettaja tätä menetelmää tutkittaessa olikin jo huomattavasti tottuneempi. Syyt ovat jo käyneet ilmi ajankäyttöä selvittävistä osasta. Todettakoon kuitenkin, että tieverkko antaa paremmat mahdollisuudet hakkuun tarkoituksenmukaiselle suorittamiselle kuljetusta ajatellen, millä on suuri merkitys varsinkin silloin, kun samaan kuormaan pyritään saamaan useita kasoja. Samoin tieverkko mahdollistaa suurempien ajonopeuksien käytön.

3.2.2 Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä

Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän tuotokset eri olosuhteissa on esitetty kuvassa 14. Koska vinssausmenetelmän käyttö rajoittuu ainoastaan lyhyille matkoille, tuotoksia ei ole laskettu 100 m:ä pitemmille matkoille.

Tuotoksen havaitaan selvästi alenevan vinssausetäisyyden kasvaessa, jyrkemmin lyhyillä matkoilla ja loivemmin pitkillä matkoilla. Kasan koon kasvaminen lisää huomattavasti tuotosta, mikä onkin luonnollista, koska vinssaaminen on lähes poikkeuksetta tapahtunut kasa kerrallaan.

Koska vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä poikkeaa oleellisesti muista kokeilluista menetelmistä, ei tuotosvertailua muihin menetelmiin katsota tarkoituksenmukaiseksi. Eräisiin maataloustraktorisoivteisten vinttureiden käyttöön pohjautuviin kasaustutkimuksiin (esim. TENHOLA 1969) verrattaessa näyttää siltä, että nyt saadut tuotokset ovat jääneet jonkin verran alhaisemmiksi kuin kysymyksessä olevissa tutkimuksissa saadut tuotokset.



Kuva 14. Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän tehotuntituotokset vinssausetäisyyden ja kasan koon funktiona. Maastoluokka I, tiheysluokka 1

3.3 Kustannukset

3.3.1 Juontokustannukset

Käyttäen laskuperusteena Agria Drabant -traktorille vuoden 1972 alkupuolella ilmoitettua hankintahintaa (n. 15 000 mk:aa) ja arvioituja käyttö-kustannuksia saatiin traktorin tehotuntikustannuksiksi 15,00 mk. Käytetyn kuormatraktorin käyttötuntikustannuksiksi laskettiin 47,00 mk.

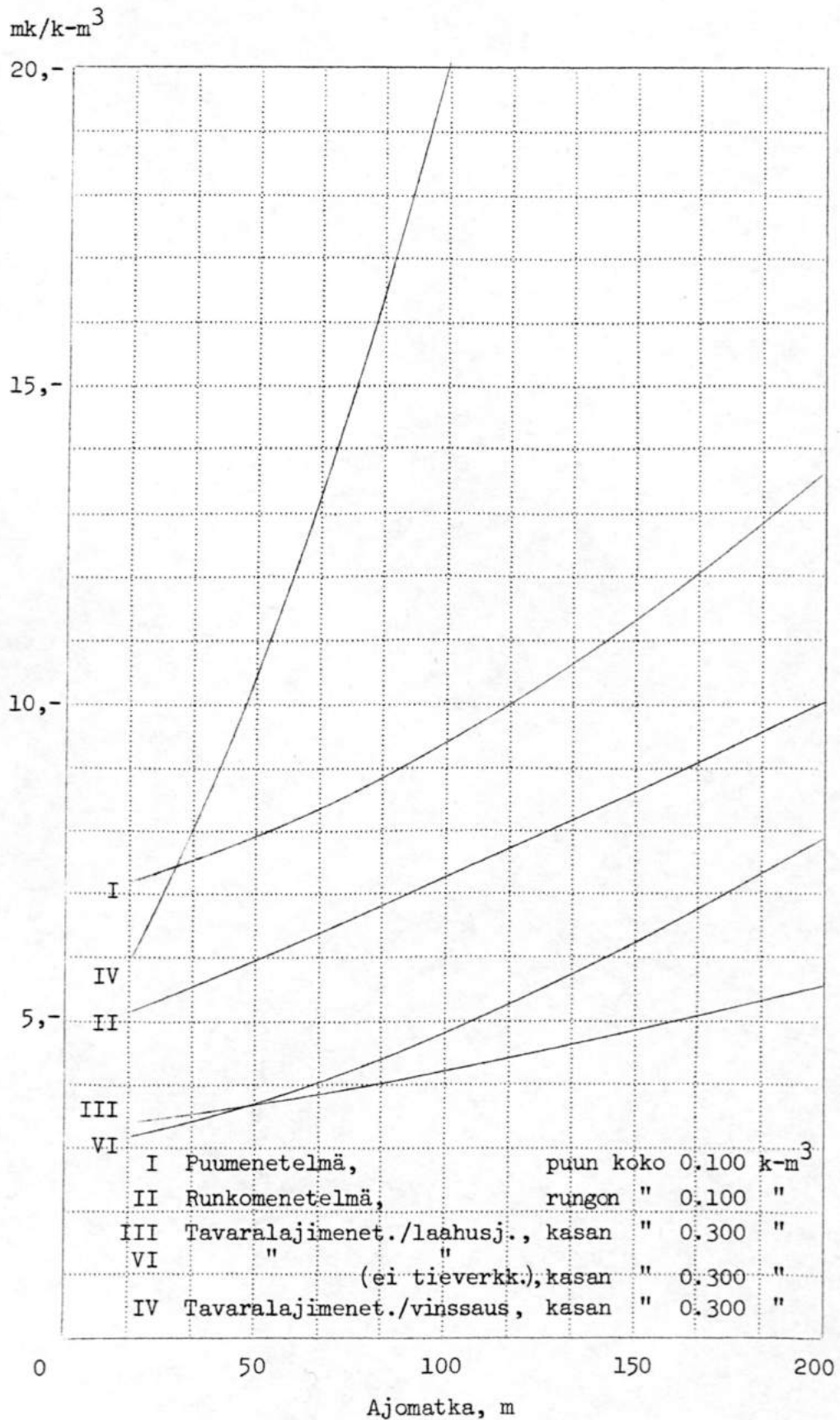
Kuvassa 15 on esitetty tutkittujen pientraktorimenetelmien yksikkökustannukset vuoden 1972 alkupuolen kustannustasolla lumettomana aikana saatujen tuotosten perusteella. Puumenetelmän kustannukset on laskettu erilliseen kaatoon perustuvina. Vinssaukseen perustuvan tavaralajimenetelmän kustannuksia ei ole laskettu 100 m:ä pitemmille matkoille.

Vinssaukseen perustuvan menetelmän voidaan todeta tulevan kalleimmaksi aivan lyhyitä, alle 30 m:n, etäisyyksiä lukuun ottamatta, jolloin se alittaa puumenetelmän kustannukset ja on kustannuksiltaan saman suuruisen runkomenetelmän kanssa. Aivan lyhyillä, alle 20 m:n, matkoilla muutkin menetelmät muuttuvat lyhyen etäisyyden vuoksi vinssausmenetelmäksi luonteeltaan. Joka tapauksessa voidaan havaita, että vaikka traktorin tuntikustannukset ovatkin suhteellisen alhaiset, nousevat yksikkökustannukset alhaisten tuotosten vuoksi melko korkeiksi. Niinpä esimerkiksi edullisimmaksi osoittautuvassa laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä laahusjuonnon kustannukset nousevat 100 m:n matkalla noin 4 mk:aan kiintokuutiometriltä ja juontoetäisyyden kasvaessa 200 m:iin juontokustannukset ovat $5,50 \text{ mk/k-m}^3$.

3.3.2 Hakkuun ja juonnon yhteenlasketut kustannukset

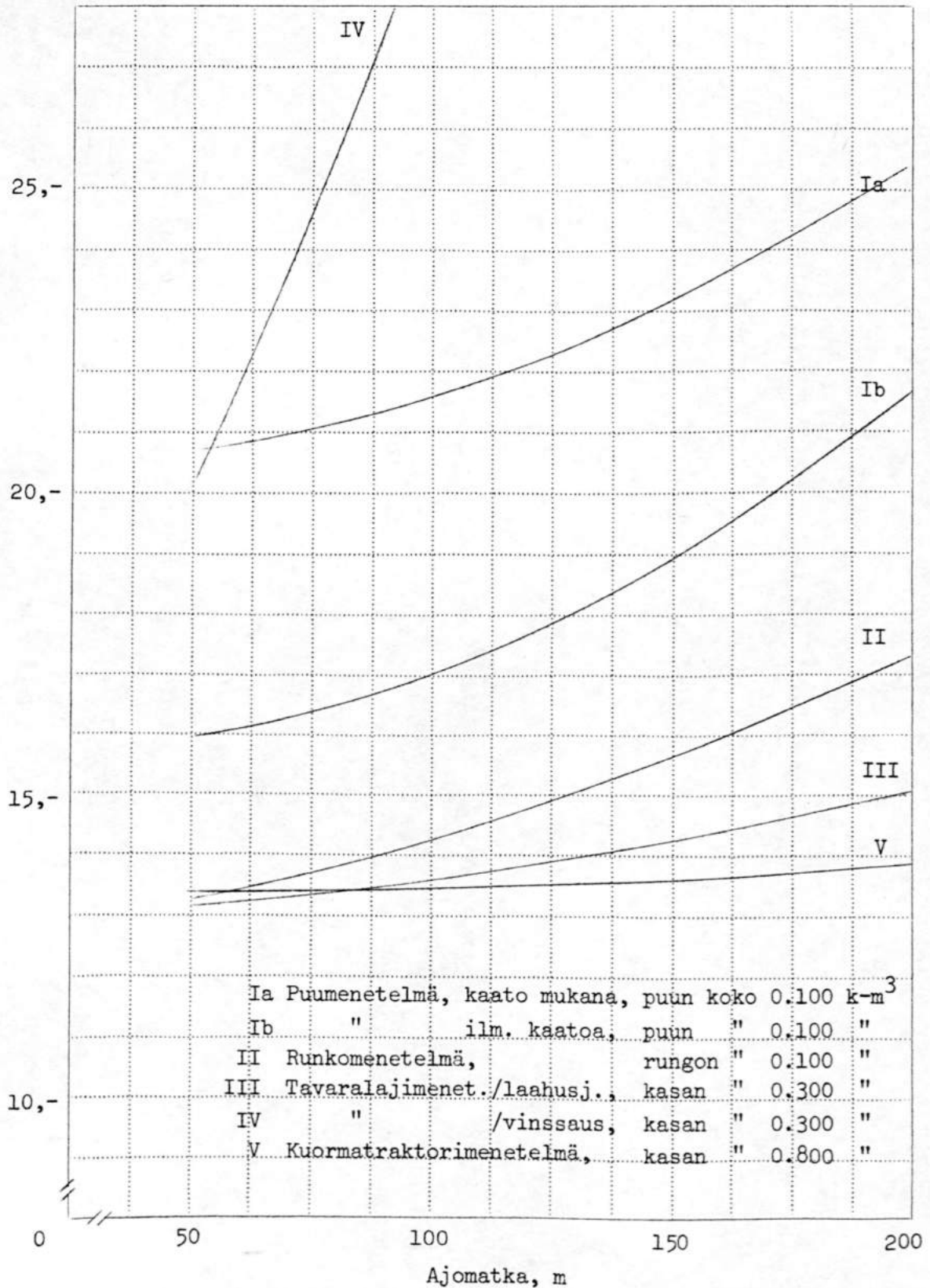
Kokonaiskäsityksen saamiseksi ja vertailun mahdollistamiseksi kuormatraktorimenetelmään on kuvassa 16 (s. 38) esitetty kuusikuitupuun hakkuun ja juonnon yhteenlasketut yksikkökustannukset 50...200 m:n matkalla.

Puu- ja runkomenetelmät perustuvat tutkimustyömaalla saatuihin keskimääräiseen 0.100 k-m^3 :n rungonkoko, mikä vastaa harvennusmetsän rungonkokoja myös käytännön olosuhteissa, ja puutavaran valmistamiseen tien varressa 3...6-metriseksi tynkäkarsintaa ja silmävaraista katkontaa käyttäen.



Kuva 15. Pientraktorimenetelmien juontokustannukset kiintokuutiometriä kohti ajomatkan funktiona lumettomissa olosuhteissa. Maastoluokka I, tiheysluokka 1, ajouraväli 15 m

mk/k-m³

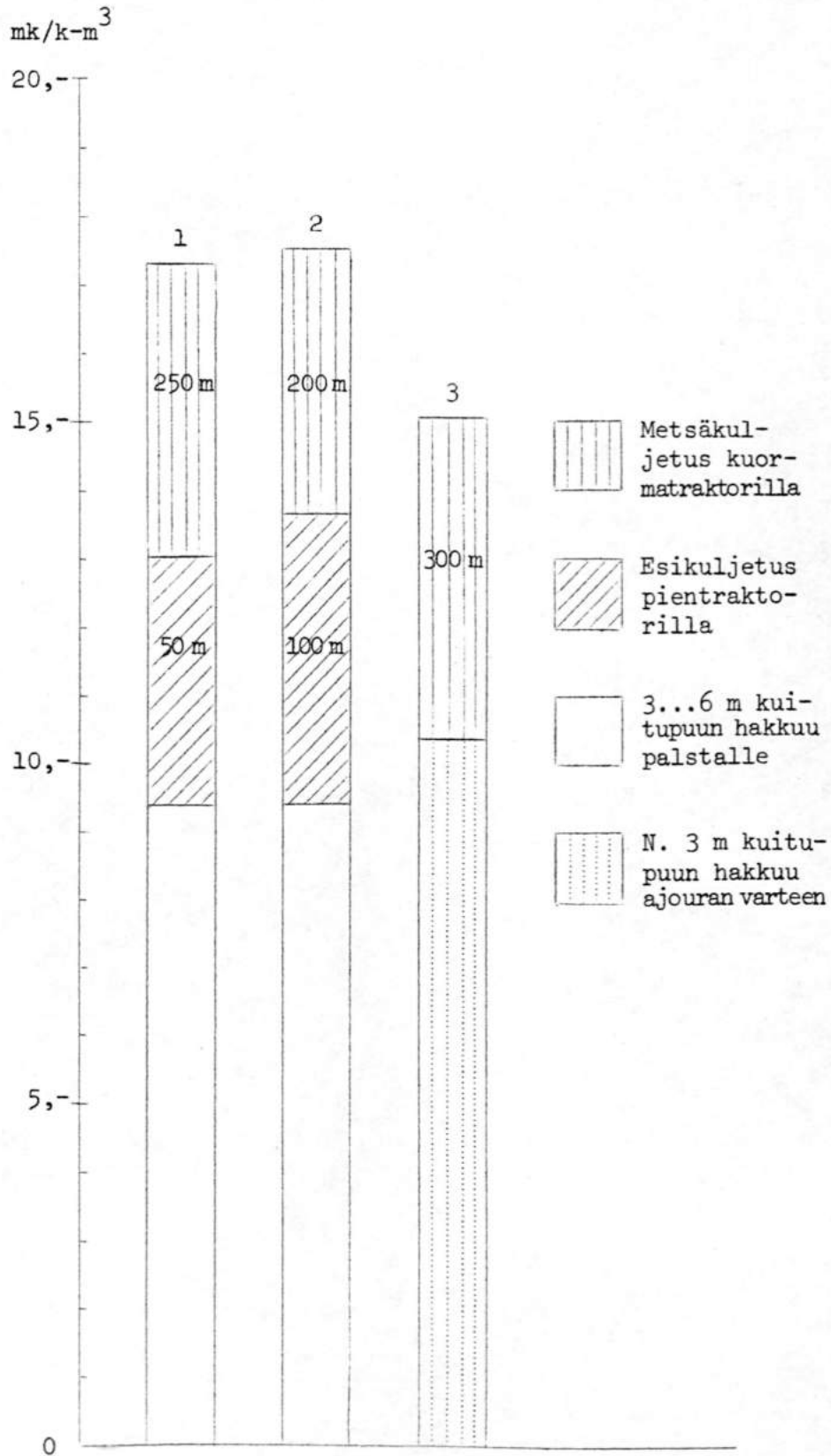


Kuva 16. Kuusikuitupuun hakkuun ja ajon yhteenlasketut kustannukset eri pientraktorimenetelmissä ja kuormatraktorimenetelmässä lummottomana aikana. Maastoluokka I, leimikon tiheys 70 k-m³/ha. Ajo-uraväli pientraktorimenetelmissä 15 m ja kuormatraktorimenetelmässä 30 m. Puutavaran pituus pientraktorimenetelmissä 3...6 m ja kuormatraktorimenetelmässä noin 3 m

Laahusjuontoon ja vinssaukseen perustuvassa tavaralajimenetelmässä on vastaavalla tavalla valmistettu puutavara kasattu 0.300 k-m^3 :n kasoihin palstalle kasan koon vastatessa tutkimustyömaalla saatua kasankokoa. Kuormatraktorimenetelmässä palstalla valmistettu, tynkäkarsittu noin 3 m kuitupuu on kasattu 30 m:n päässä toisistaan sijaitsevien ajourien varteen kasan koon ollessa 0.800 k-m^3 . Tämä kasankoko vastaa nimittäin aikaisempien tutkimusten (mm. KAHALA 1972 a) tuloksena saatua kasankokoa kysymyksessä olevaa ajouraväliä käytettäessä ja tiheysluokan ollessa vastaava. Hakkuun yksikkökustannukset on laskettu työvaihetaksoihin pohjautuen ja kuormatraktorikuljetuksen yksikkökustannukset aikaisemmin esitettyjen käyttötuntikustannusten ja kuormatraktorikuljetusta koskevien tutkimusten (KAHALA 1972 a) antamien tuotoslukujen perusteella.

Verrattaessa toisiinsa kuljettajan suorittamaan kaatoon pohjautuvaa puumenetelmää ja erillisen kaatomiehen käyttöön pohjautuvaa puumenetelmää todetaan kustannuseron olevan $4...5 \text{ mk/k-m}^3$ jälkimmäisen menetelmän hyväksi. Traktorin seisottaminen kaatovaiheen ajan ei näyttäisi siis olevan taloudellisesti motivoitavissa. Runkomenetelmä pystyy kustannuksissa kilpailemaan laahusjuontoon perustuvan tavaralajimenetelmän kanssa lyhyellä matkalla, mutta etäisyyden kasvaessa ero jälkimmäisen menetelmän hyväksi kasvaa jatkuvasti. Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä on myös hakkuun ja ajon yhteenlasketut kustannukset huomioon ottaen pientraktorimenetelmistä edullisin. Keskimääräisen kuljetusetäisyyden ylittäessä 100 m:n tulee kuormatraktorimenetelmä kuitenkin jo edullisimmaksi. Laahusjuontoon perustuvaa tavaralajimenetelmää käytettäessä säästetään kuormatraktorimenetelmään verrattaessa hakkuukustannuksissa, koska valmistettu puutavara voidaan kasata palstalla eikä sitä tarvitse kantaa ajourien varteen. Myös mahdollisuus valmistaa pitkää puutavaraa merkitsee säästön syntymistä katkontakustannuksissa. Nämä säästöt eivät kuitenkaan näytä riittävän korvaamaan kuormatraktorin suurempaa tehokkuutta käytännössä kysymykseen tulevilla kuljetusetäisyyksillä.

Aineiston perusteella pyrittiin selvittämään, mitä taloudellisia mahdollisuuksia on käyttää pientraktoria kuormatraktorin kasauskoneena, jolloin saavutettaisiin se etu, että leveähkijä kuormatraktoreita tarvittaisiin vain vähän, esimerkiksi 100...200 m:n välein. Samalla lisättäisiin kuormatraktorin kuljettaman puutavaran tienvarsitiheyttä, jolloin kuormaustavaihetta voitaisiin nopeuttaa.



Kuva 17. Kuusikuitupuun hakkuun ja ajon yhteenlasketut yksikkökustannukset pelkkää kuormatraktorikuljetusta (3) tai yhdistettyä pientraktori-kuormatraktorikuljetusta (1-2) käytettäessä. Maastoluokka I, tiheysluokka 1. Pientraktoriurat 15 m:n, kuormatraktoriurat 30 m:n välein kuormatraktoriomenetelmässä ja 100 tai 200 m:n välein yhdistetyssä menetelmässä. Rungon koko 0.100 k-m³

Kuvassa 17 (s. 40) on esimerkin luonteisesti verrattu 0.100 k-m^3 :n rungonkokoluokassa pelkkään kuormatraktorin käyttöön (3) ja yhdistettyyn pientractori-kuormatraktoriketjuun pohjautuvia korjuumenetelmiä toisiinsa. Keskimääräiseksi kuljetusetäisyydeksi on otettu 300 m, josta pientractori-kuljetuksen osuudeksi on ensimmäisessä vaihtoehdossa (1) laskettu 50 m ja toisessa (2) 100 m. Ajouravälien erilaisuudesta (pientractorilla 15 m ja kuormatractorilla 30 m) johtuvaa pientä vaikutusta kuljetusetäisyyteen ei ole otettu huomioon. Painotettakoon, että pelkkää kuormatractoria käytettäessä on kysymyksessä noin 3 m kuusikuitupuu ja pientractoriesikuljetusta käytettäessä 3...6 m kuusikuitupuu. Edellinenhän on sekä metsä- että kaukokuljetuksen kannalta hiukan edullisempaa (KAHALA 1972 a). Esimerkitapauksessa pelkkään kuormatractorin käyttöön pohjautuva menetelmä on tullut noin $2,25 \text{ mk/k-m}^3$ edullisemmaksi 50 m:n ja noin $2,50 \text{ mk/k-m}^3$ edullisemmaksi 100 m:n pientractorikasauksen ja kuormatractorin yhdistettyyn käyttöön verrattuna, kun tarkastellaan vaihtoehtoja pelkästään korjuun kannalta.

3.4 Korjuumenetelmien vaikutus puuston tuottoon

3.4.1 Ajourien vaikutus

Tutkimuksellahan pyrittiin selvittämään myös eri korjuumenetelmien vaikutusta puuston tuottoon. Tarkasteltaessa ensin ajouravälin merkitystä on todettava, että korjuuta varten joudutaan harvennusmetsissä aina perustamaan puun kuljetusta palveleva ajouraverkko, jolloin ajourien alle jäävä leimikon osa on hakattava paljaaksi. Tämä taas merkitsee sitä, että vastaava pinta-ala jää kiertoajan loppuosaksi pois puun tuottamisesta. Se, missä määrin ajourien varsilla olevat reunapuut pystyvät käyttämään hyväksi näin vapautuneen kasvutilan tai päin vastoin korjuun mahdollisesti aiheuttamien vaurioiden takia menettävät kasvuaan, jätetään tämän tarkastelun ulkopuolelle. Ajourien alle jäävän alueen osuus riippuu tietenkin siitä, kuinka leveät ajourat ovat ja kuinka tiheässä niitä on.

Koska ajourien vaatima pinta-ala voidaan ajouraleveyden ja -tiheyden perusteella teoreettisesti laskea, ei tätä tutkimuksessa selvitetty mittauksilla. Seuraavassa esitetty laskelma on laadittu tutkimuksessa käytettyihin ajouraleveyksiin ja -pituuksiin perustuen.

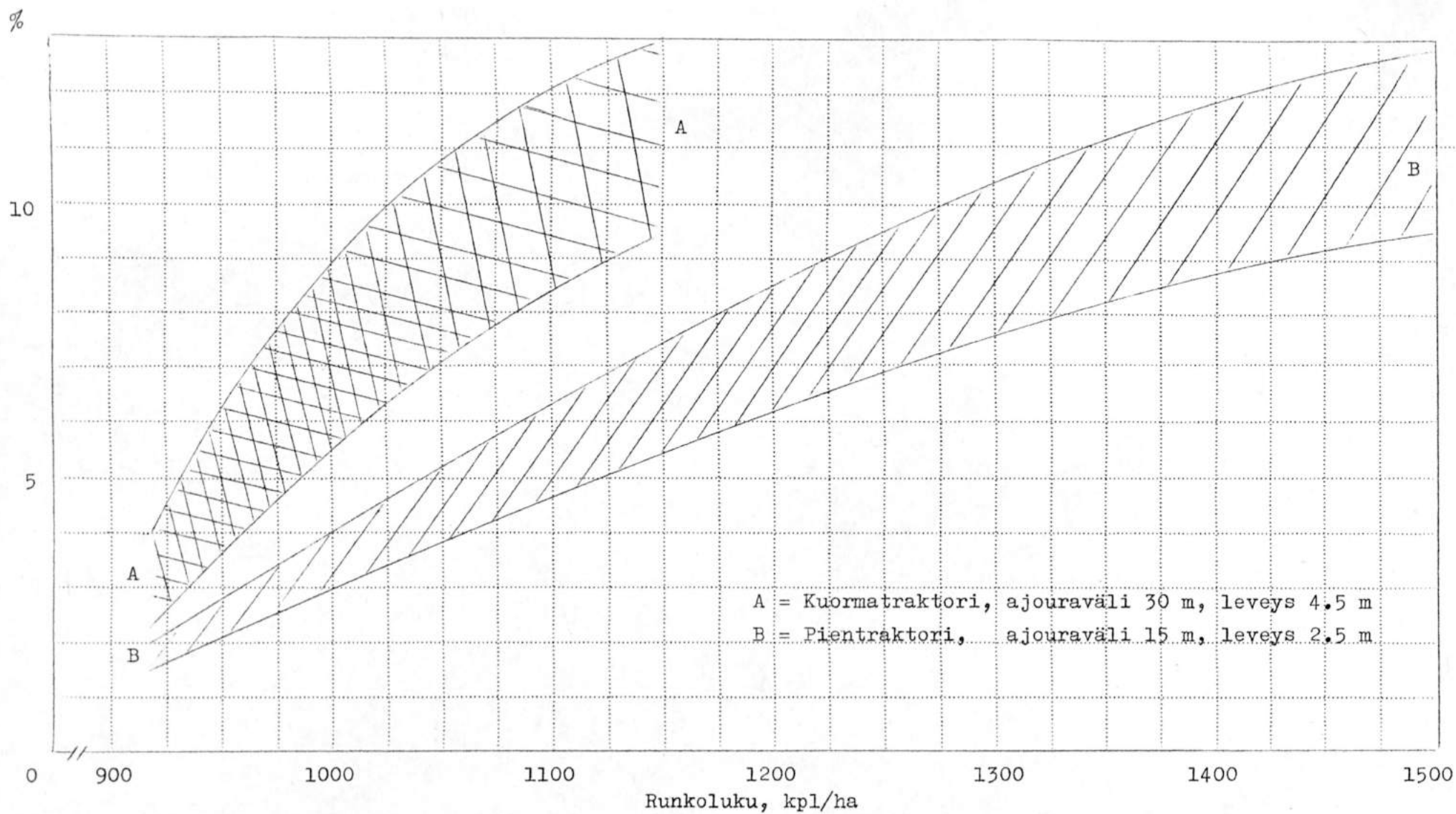
Menetelmä	Ajourien väli,	Ajourien leveys,	Ajourapituus hehtaarilla,	Ajourien vaatima pinta-ala,
	m	m	m	%
Pientraktorimenetelmä	15	2.5	726	18.2
"-	30	2.5	363	9.1
Kuormatraktorimenetelmä	30	4.5	363	19.3

Koska tutkimuspalstojen maasto oli lähes kauttaaltaan hyvää, pientraktorijourat suunniteltiin mahdollisimman suoriksi eikä "lenkkejä" käytetty. Tämän takia edellä olevassa laskelmassa on niille käytetty mutkittelukerrointa 1.1. Kuormatraktoriajourien suunnittelussa otettiin jonkin verran huomioon maaston vaikutus sekä käytettiin "lenkkejä". Tämän takia niille on mutkittelukertoimeksi laskettu 1.3.

Laskelmasta voidaan nähdä, että käytettäessä pientraktorimenetelmässä 15 m:n ajouraväliä ja 2.5 m:n tieleveyttä nousee teiden vaatima pinta-alaosuus teoreettisesti asiaa tarkastellen lähes saman suuruiseksi kuin kuormatraktorimenetelmässä käytettäessä 30 m:n ajouraväliä ja 4.5 m:n tieleveyttä. Jos pientraktorijourat ovat 30 m:n välein, on pinta-alanmenetys sen sijaan pienin. Tavaralajimenetelmässä, jossa tieverkkoa ei ollut, ei myöskään tarvinnut kuljetuksen takia poistaa kasvatettaviksi jätettyjä puita, joten menetelmä on tässä suhteessa sangen edullinen. Sama koskee luonnollisesti myös vinssausmenetelmää.

Ajourien todellisesta vaikutuksesta puuston tuottoon antaa kuitenkin oikeamman kuvan se, kuinka paljon ajourien takia joudutaan poistamaan sellaisia puita, jotka muuten olisi jätetty kasvatettaviksi kyseisessä harvennusvaiheessa. Tämä riippuu korostetusti ajourien leveydestä, niiden mutkittelumahdollisuudesta ja kasvatettavaksi jätetyn puuston tiheydestä. Mitä kapemmat ajourat ovat, mitä enemmän niitä on mahdollista mutkitella ja mitä harvempi on jäävä puusto, sitä helpommin voidaan käyttää hyväksi kasvatettaviksi jätettävien puiden väliin jäävää tilaa.

Kuvassa 18 asiaa on tarkasteltu edellä esitetyltä kannalta. Aineiston pienuuden vuoksi tuloksia on pidettävä suuntaa antavina, mutta sen perusteella on kuitenkin mahdollista esittää karkea vertailu kuormatraktorimenetelmässä käytetyn ja pientraktorimenetelmissä käytetyn ajouraverkon vaikutuk-



Kuva 18. Ajourilta poistettujen leimaamattomien puiden kuutiomäärän osuus jäävän puuston kuutiomäärästä jäävän puuston runkoluvun funktiona

sen kesken. Koska ajourat suunniteltiin leimauksen jälkeen ja poistettavien puiden määrä laskettiin ennen korjuun toteuttamista, eivät korjuumenetelmät sinänsä vaikuttaneet poistettavien puiden määrään, vaan menetelmien väliset erot ovat lähinnä erilaisesta ajouravälistä ja -leveydestä johtuvia. On syytä korostaa, että koska pientraktorajourat suunniteltiin mahdollisimman suoriksi korjuumenetelmästä riippumatta ja ajouravälistä tiukasti kiinni pitäen, nousee pientraktorimenetelmien ajourilta poistettujen puiden määrä suuremmaksi kuin käytännössä olisi tarpeellista. Esimerkiksi katkottua tavaraa juonnettaessa lyhyehkö kuorma ja kapea ajoura antavat ainakin jonkin verran mahdollisuuksia kasvatettaviksi jätettyjen puiden väistämiseen ajouria suunniteltaessa.

Kuvasta 18 nähdään, että ajourilta poistettavan puuston osuus nousee jäävän puuston runkoluvun kasvaessa. Kuormatraktorimenetelmässä, jossa ajourat olivat leveämmät, nousu on selvästi jyrkempi kuin pientraktorimenetelmien kapeammalla ajouraleveydellä, mikä vastaakin aikaisemmin esitettyä teoreettista arviointia. Kuvasta voidaan todeta, että esimerkiksi jäävän puuston runkoluvun ollessa 1 000 pientraktorimenetelmässä käytetty ajouraverkko on aiheuttanut 3...4 %:n vähennyksen kasvatettavaksi jätetyn puuston kuutiomäärään, kun se kuormatraktorimenetelmässä on vastaavalla runkoluvulla noussut 6...9 % eli siis suurin piirtein kaksinkertaiseksi. On kuitenkin huomattava, että pientraktorin käytettäessä on lisäksi perustettava kuormatraktoritiet esimerkiksi 100...200 m:n välein, mutta näiden poistoa lisäävä vaikutus jää melko vähäiseksi. Tulokset osoittavat siis joka tapauksessa sen, että pientraktorin vaatima ajouraverkko on vaikuttanut selvästi vähemmän kasvatettavan puuston rakenteeseen kuin kuormatraktorin vaatima ajouraverkko, vaikka ajourien vaatimassa pinta-alassa ei ole ollut merkittävää eroa.

Voidaan siis epäilemättä väittää, että ajourien vaatima pinta-ala ei pysy luotettavasti kuvaamaan niiden vaikutusta puuston tuottoon, vaan vaikutus riippuu oleellisesti jäävän puuston tiheydestä, käytetystä ajouraleveydestä ja ajourien mutkittelumahdollisuudesta.

Ajourien kokonaisvaikutus puuston kiertoaikaiseen tuottoon riippuu luonnollisesti siitä, kuinka kauan ajourien takia ensimmäisessä harvennuksessa poistetut puut olisivat pysyneet mukana metsikön kasvatuksessa. Tähän liittyviä arviointeja ei kuitenkaan tässä yhteydessä suoriteta.

3.4.2 Vaurioiden vaikutus

Puunkorjuun aiheuttamien vaurioiden taloudellinen merkitys on kaksita-
hoinen. Vaurioista mahdollisesti lähtevä laho aiheuttaa puutavaran
laadun alenemisen sekä lisäksi saattaa syntyä kasvuhäiriöitä, joiden
seurauksena on myös tuoton väheneminen. Koska lopullisen taloudellisen
tappion selvittäminen vaatisi koko kiertoaikaa koskevan vaurioiden ja
niiden seurannaisvaikutusten tutkimisen, ei taloudellisten menetysten
esittäminen ole tässä yhteydessä mahdollista.

Taulukossa 5 on esitetty vauriopuiden lukumäärä hehtaaria kohti tutkittu-
ja korjuumenetelmiä edustavilla palstoilla sekä niiden osuus jäävän puus-
ton runkoluvusta. Vaurioiden määrä on selvästi vähentynyt talvella. Tä-
mä on johtunut maan jäätymisen ja lumen antamasta suojasta juurille ja
juuren niskalle, sillä talvella ei näihin kohdistuneita vaurioita ole
ollut juuri lainkaan.

TAULUKKO 5 Vauriopuiden lukumäärä ja niiden osuus
jäävän puuston runkoluvusta

Menetelmä	Ajo- ura- väli, m	Vauriopuiden määrä			
		lumett. aikana	talvella	lumett. aikana	talvella
		kpl/ha		% jäävän puuston runkoluvusta	
I Puumenetelmä	15	138	158	11.7	10.9
II Runkomenetelmä	15	128	92	12.6	6.6
"-	30	-	86	-	6.1
III Laahusjuontoon perust. tavaralajimenetelmä	15	45	33	3.8	2.7
"-	30	118	20	11.8	1.7
VI "- (ei tieverkk.)	-	70	-	4.6	-
IV Vinssaukseen perust. tavaralajimenetelmä	-	69	39	6.1	3.0
V Kuormatraktorimenet.	30	24	-	2.5	-

Verrattaessa eri korjuumenetelmiä keskenään voidaan havaita, että puu-
ja runkomenetelmissä vahingoittumisvaara on ollut selvästi suurempi kuin
lyhyttä tavaraa edustavissa tavaralajimenetelmissä. Kuormatraktoria

käytettäessä vaurioituminen on kuitenkin ollut vähäisin, joskaan tulos ei ole täysin vertailukelpoinen muihin menetelmiin tiesuunnittelun pienen poikkeavuuden ja jäävän runkoluvun vähäisemmän määrän vuoksi.

Ajouravälin vaikutusta vaurioiden lukumäärään pientraktorimenetelmissä voidaan tarkastella ainoastaan runkomenetelmässä ja laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä. Talvella siirtyminen kapeammasta (15 m:n) ajouravälistä leveämpään (30 m:n) ajouraväliin on merkinnyt vauriopuiden lukumäärän pientä alenemista. Tämä selittyy sillä, että talvella ei ole ollut ajouralla juuri- eikä juurenniskavaurioita, vaan lähinnä ajourien reunuspuille aiheutuneita runkovaurioita, jolloin pinta-alakohtaisen tiepituuden putoaminen puoleen on myös vähentänyt vaurioiden määrää. Sen sijaan verrattaessa lumettomana aikana laahusjuontoon perustuvassa tavaralajimenetelmässä saatuja tuloksia toisiinsa havaitaan vahingonvauran huomattavasti kasvaneen siirryttäessä kapeasta ajouravälistä leveään ajouraväliin, mikä johtuu pääasiassa ajokertojen lisääntymisestä ajourilla.

Tavaralajimenetelmässä, jossa tieverkkoa ei ole ollut, vauriopuiden lukumäärä on asettunut 15 m:n ja 30 m:n ajouravälin vauriopuiden määrän puoliväliin. Vaurioalttiutta on tässä menetelmässä omiaan lisäämään ajamisen useasta paikasta, joskin vauriot tällöin jäävät pieniksi kooltaan, mikä inventoinnissa voitiin todeta.

Vaurioiden laatu on esitetty taulukossa 6, josta voidaan todeta, että lumettomana aikana juuriin ja juurenniskoihin kohdistuneet vauriot ovat olleet kaikissa menetelmissä 40...45 % ja runkoihin kohdistuneet vauriot 55...60 % kaikista aiheutetuista vaurioista leveällä ajouravälillä (30 m) toteutettua laahusjuontoon perustuvaa tavaralajimenetelmää lukuun ottamatta. Talvella taas vauriot ovat lähes poikkeuksetta olleet pelkästään runkovaurioita. Eri menetelmillä ei siis ole ollut huomattavaa vaikutusta vaurioiden laatuun.

Taulukossa 7 on esitetty vaurioiden sijainti ajouraan nähden eri korjauksimenetelmissä. Ajouralla sijaitsevat vauriot käyvät ilmi nollalla merkitystä sarakkeesta, joka sisältää siis lähinnä kuormattuna- ja tyhjänä-ajossa aiheutetut vauriot. Vauriot, jotka ovat sijainneet 1...2 m:n päässä ajourasta, edustavat lähinnä kuormauksessa syntyneitä vaurioita. Yli 2 m:n etäisyydellä sijaitseviin vaurioihin kuuluvat lähinnä kuormaan ke-

TAULUKKO 6

Vaurioiden laatu eri korjuumenetelmissä
lumettomana aikana ja talvella

Menetelmä	Ajo- ura- väli, m	Vaurioiden laatu					
		lumettomana aikana			talvella		
		juuri- vaurio	juuren- niskav.	runko- vaurio	juuri- vaurio	juuren- niskav.	runko- vaurio
		% vaurioista					
I Puumenetelmä	15	35	8	57	0	1	99
II Runkomenetelmä	15	22	18	60	0	0	100
"-	30	-	-	-	0	0	100
III Laahusjuontoon perust. tavara- lajimenetelmä	15	17	16	67	0	4	96
"-	30	48	13	39	0	0	100
VI "- (eitieverkk.)	-	79	-	21	-	-	-
IV Vinssaukseen pe- rust. tavaralaji- menetelmä	-	20	25	55	0	7	93
V Kuormatraktori- menetelmä	30	33	9	58	-	-	-

TAULUKKO 7

Vaurioiden sijainnin suhteellinen jakautuminen
ajouran reunasta mitatun etäisyyden perusteella

Menetelmä	Ajoura- väli, m	Vaurioiden sijainti ajouraan nähden		
		Etäisyys ajourasta, m		
		0	1...2	yli 2
		% vaurioista		
I Puumenetelmä	15	54	21	25
II Runkomenetelmä	15	68	17	15
"-	30	43	38	19
III Laahusjuontoon perustuva tavaralajimenetelmä	15	61	25	14
"-	30	44	35	21
IV Vinssaukseen perustuva tavaralajimenetelmä	-	0	21	79
V Kuormatraktori- menetelmä	30	34	30	36

räämiseen liittyvät vauriot sekä mahdolliset kaato- tai valmistusvaiheessa palstalla syntyneet vauriot, joita ei kuitenkaan pystytty erittelemään.

Pientraktorin laahusjuontoon perustuvissa menetelmissä vauriot ovat keskittyneet ajouralla syntyneisiin vaurioihin, joista osa on ollut tien alle jääneiden juurien ja osa tienvarsipuiden juurenniskoihin ja runkoihin kohdistuneita vaurioita. Leveämpää ajouraväliä käytettäessä ajouravaurioiden suhteellinen osuus on selvästi vähentynyt ja ajourien ulkopuolella syntyneiden vahinkojen suhteellinen osuus kasvanut. Onkin luonnollista, että kuormankeräämismatkan kasvaessa vahingonvaara kasvaa ajourien väliin jäävällä alueella.

Vinssaukseen perustuvassa tavaralajimenetelmässä ajouravaurioita ei ole syntynyt, koska vinssauspalstat rajoittuivat autoteihin. Muutenkin ajouravauriot jäävät tässä menetelmässä todennäköisesti vähäisiksi, koska menetelmästä johtuu, että traktori liikkuu ainoastaan tyhjänä kuormatraktoriajouralla. Vauriot ovat tässä menetelmässä syntyneet pääasiassa kuorman vinssausvaiheessa palstalla.

Kuormatraktorimenetelmässä vauriot ovat jakautuneet tasaisesti ajouralle, ajouran läheisyyteen ja palstalle. Palstalla syntyneet vauriot ovat johtuneet siitä, että näillä tutkimuspalstoilla vinssattiin niillä esiintynyt tukkitavara pientraktorin vintturilla kuormatraktoriajourien varteen, jolloin tämä aiheutti kyseiset vahingot. Tämä vastaa kuitenkin kuormatraktorimenetelmän käytännöllistä toteuttamista, joten tulokset ovat vertailukelpoisia pientraktorimenetelmien tulosten kanssa. Todettakoon, että kuormatraktori on aiheuttanut suhteellisesti vähemmän vaurioita ajouralla kuin pientraktori.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kuormatraktori osoittautui tutkituissa olosuhteissa vaurioiden kannalta pientraktoria edullisemmaksi. Pientraktorin aiheuttamien vaurioiden määrää ovat kuormatraktoriin verrattuna omiaan lisäämään telarakenteen maata ja juuria repivä vaikutus sekä kuorman laahusperiaatteen tuoma lisäriski. Koska kuormatraktorimenetelmää koskeva tutkimuksen osa toteutettiin suhteellisen suppeana ja sitä paitasi jäävä puusto tällä alueella oli hiukan harvempi kuin pientraktorialueilla, saattaa saatu tulos tämän vuoksi olla ainakin jonkin verran kuormatraktorimenetelmää suosiva.

Korostettakoon vielä tässä yhteydessä, että vaurioiden taloudellista merkitystä menetelmien kannattavuuteen vaikuttavana tekijänä ei pystytä arvioimaan.

4 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että Agria Drabant -pienetraktorin käyttöön perustuvista kokeilluista korjuumenetelmistä on selvästi edullisin palstalla suoritettuun puutavaran valmistamiseen ja laahusjuontoon pohjautuva menetelmä. Se antaa sekä korjuukustannukset että puuston tuottoon kohdistuvat vaatimukset huomioon ottaen taloudellisesti edullisimman kokonaistuloksen.

Pienetraktorin käyttö voi tulla kysymykseen kuormatraktorin korvaavana vaihtoehtona ainoastaan aivan lyhyillä, alle 100 m:n, metsäkuljetusetäisyyksillä. Talviolosuhteissa tämä etäisyys vielä lyhenee, koska pienetraktori on herkempi lumesta johtuville vaikeuksille kuin kuormatraktori.

Pienetraktorin käyttö kuormatraktorikuljetukseen liittyvänä kasauskoneena on eräs mahdollisuus keventää nykyisin ihmistyönä suoritettavaa puutavaran kasautusta. Tämän yhdistetyn menetelmän korjuukustannukset ovat kuitenkin tämän päivän palkka- ja hintatasolla kalliimmat kuin ihmistyönä suoritettavan ajouran varteen kasauksen ja kuormatraktorikuljetuksen kustannukset.

On kuitenkin muistettava, että pienetraktorilla on mahdollista alentaa tieverkon vaatimaa poistumaa ja siten parantaa kasvatettavaksi jätettävän metsikön kasvuedellytyksiä, joskin tällöin on otettava huomioon aiheutetut vauriot. Jos ihmistyöhön perustuvasta kasauksesta joudutaan luopumaan, tilanne on arvioitava uudelleen ja verrattava pienetraktoria muihin tämän jälkeen käytettävissä oleviin harvennuskorjuuvaihtoehtoihin.

Aarne Elovainio

Kirjallisuutta

BJAANES, HANS 1970. Forsøk med mekaniserte tynningsdrifter. Norske Skogforsøksvesen, Driftsteknisk Rapport nr. 9 s. 31-54. Oslo

KAHALA, MIKKO 1969. Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Palkkaperustetutkimus. Metsäteho, Julkaisu n:o 44. Helsinki

" 1972 a. Puutavaran metsäkuljetus kuormatraktorilla. Metsätehon tiedotus 310. Helsinki

" 1972 b. Laahusjuonto metsä- ja maataloustraktorilla. Metsätehon tiedotus 315. Helsinki

TENHOLA, JUHANI 1969. Tutkimus erilaisista hakkuu- ja juontomenetelmistä harvennusmetsissä. Metsätehon tiedotus 284. Helsinki



Kuva 1. Kuorman kerääminen puunetelmässä lumettomana aikana.
Kaikki kuvat valok. Metsäteho



Kuva 2. Puukuorma saapumassa kuormatraktoritien varteen



Kuva 3. Kuorman kerääminen laahusjuontoon perustuvassa tavaramenettelyssä talvella



Kuva 4. Kuormatraktoritien varteen pientraktorilla juonnettua 3...6 m kuitupuuta