

Puutavaran pituuden ja karsinnan laadun vaikutus korjuukustannuksiin

THE EFFECT OF LOG LENGTH AND LIMBING QUALITY
ON LOGGING COSTS

UNTO VÄISÄNEN

HELSINKI 1968

M E T S Ä T E H O

Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton metsätyöntutkimusosasto
Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish
Woodworking Industries

P U U T A V A R A N P I T U U D E N

J A K A R S I N N A N L A A D U N V A I K U T U S

K O R J U U K U S T A N N U K S I I N

The Effect of Log Length and Limbing Quality
on Logging Costs

Unto Väisänen

S i s ä l l y s

C o n t e n t s

	Sivu
Tiivistelmä	2
Johdanto	5
Hakkuu	7
Metsäkuljetus	12
Autokuljetus	17
Kokonaistyöpanokset ja -kustannukset . . .	18
Eri tavaralajien vertailu leimikoittain . .	26
Kirjallisuutta - B i b l i o g r a p h y .	30
S u m m a r y (in English)	32

T i i v i s t e l m ä

Metsätehon suorittamien tutkimusten ja kirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella on esillä olevassa työssä pyritty selvittämään puutavaran pituuden ja karsinnan laadun vaikutus korjuukustannuksiin. Vertailun kohteena on paperipuun osalta yhdeksän ja tukkien osalta kolme menetelmää (kuva 1, s. 6). Paperipuulaskelmat on rajoitettu kuuseen, mutta tukkipuurunkojen osalta on käsitelty sekä kuusen että männyn korjuuta. Kaikki työvaiheet on oletettu suoritettavan nykyisin käytössä olevilla konetyypeillä.

Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että kaluston ja menetelmien kehitys aiheuttaa jatkuvasti muutoksia tuotoksissa ja kustannuksissa, joten luvut on käsiteltävä lähinnä suuntaa antaviksi. Kaikki laskelmat koskevat keskinkertaisia olosuhteita, ja joissakin ääritapauksissa, kuten erityisen helpossa tai vaikeassa maastossa, eri menetelmien suhteet voivat huomattavastikin poiketa esitetyistä luvuista.

Korjuumenetelmäketsjuun on tutkimuksessa sisällytetty hakkuu, metsäkuljetus ja autolla tapahtuva kaukokuljetus. Tavaralajien välisissä vertailuissa olisi mainittujen työvaiheiden lisäksi otettava huomioon ainakin mittauksen, työnjohdon ja tehdaskäsittelyn kustannukset, mutta tietojen puuttuessa näitä ei ole voitu sisällyttää laskelmiin.

Tulokset

- Hakkuu. Paperipuu- ja tukkirunkojen teon ihmistyöpanokset on esitetty taulukoissa 1 ja 2 (s. 8 ja 9) sekä vastaavat kustannukset kuvissa 2 ja 3 (s. 10 ja 11). Määrämittaisen paperipuun hakkuussa on 3-metrinen tavaran teko edullisinta, kun taas 4-metrinen tavaran teko on jonkin verran kalliimpaa ja kalleinta on 2-metrinen tavaran teko. Silmävaraisesti katkotun noin 3-metrinen tavaran teko on edellisiä taloudellisempaa. Vaihtelevan pituisen 3...6-metrinen tavaran teko on halvempaa kuin kaikkien edellä mainittujen tavaralajien teko. Edullisinta on kokonaisten runkojen hakkuu. Tappikarsittuina näiden tavaralajien edullisuusjärjestys on sama kuin hyvin karsittuina, mutta kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin hyvin karsitun tavaran kustannukset. Isojen tukkipuunkokoa olevien runkojen hakkuussa on edullisin menetelmä se, jossa välivarastolla rungon tukkiosa erotetaan pinotavaraosasta silmävaraisesti, mutta tukkien katkontaa ei suoriteta.

- Metsäkuljetus. Paperipuun metsäkuljetuksessa on 4-metrinen tavaran kuljetus halvinta (kuva 4, s. 14). Vaihtelevan pituisen 3...6-metrinen tavaran kuljetus on lyhyen tavaran kuljetusta kalliimpaa, koska kuormaus suoritetaan hajamuodostelmista, kun taas lyhyt tavara on koottu palttien varten. Kokorunkojen juonto on huomattavasti kalliimpaa kuin

lyhyen tavarän metsäkuljetus paperipuurunkojen osalta, mutta tukkirunkojen juonto on halvempaa kuin katkottujen tukkien kuljetus.

- Autokuljetus. Autokuljetuksessa ovat katkottujen tavaralajien kuljetuskustannusten erot vähäisiä (kuva 5, s. 16). Runkojen autokuljetus on katkotun tavarän kuljetusta kalliimpaa, pienemmän kuorman ja pienten runkojen osalta myös hitaamman kuormauksen johdosta. Runkojen autokuljetus on sitä epäedullisempaa, mitä pitempi on kuljetusmatka.

- Kokonaistyöpanokset ja -kustannukset. Hakkuun, metsäkuljetuksen ja autokuljetuksen ihmistyöpanokset sekä kustannukset yhteensä on paperipuurunkojen osalta esitetty taulukoissa 3 ja 5 (s. 19 ja 22) sekä kuvassa 6 (s. 21). Tukkirunkojen korjuukustannukset on esitetty taulukossa 4 (s. 20) ja kuvassa 7 (s. 23). Korjattaessa paperipuu määrämittaisena on 3-metrinen tavara selvästi edullisinta. Silmävaraisesti katkotun noin 3-metrisen tavarän korjuu on kannattavampaa kuin määrämittaisten tavaralajien korjuu ja metsäkuljetuksen ansiosta edullisempaa kuin vaihtelevan pituisen 3...6-metrisen tavarän korjuu. Kokonaisina runkoina korjuu on ainoastaan suurimmissa paperipuun rungonsuuruusluokissa tavaralajeittaita korjuuta taloudellisempaa. Tappikarsittuina näiden tavaralajien edullisuusjärjestys on suunnilleen sama kuin hyvin karsittuina. Vaihtelevan pituinen huonosti karsittu 3...6-metrinen tavara on tosin suurten runkojen kohdalla halvempaa kuin noin 3-metrinen vastaava tavara.

Tukkipuunkokoa olevien runkojen korjuussa (taul. 4 ja kuva 7, s. 20 ja 23) on sellainen menetelmä edullisin, jossa välivarastolla rungon pino-tavaraosa irrotetaan tukkiosasta silmävaraisesti. Runkojuonto ja tukkien katkominen välivarastolla on halvempaa kuin palstalla tapahtuva tukkien katkominen ja katkottujen tukkien metsäkuljetus. Jälkimmäinen menetelmä tulisi näin ollen kysymykseen lähinnä harvennusleimikoissa, missä jäävän puuston suojelemiseksi ei haluta käyttää runkojuontoa.

Edellä olevat vertailut on suoritettu 50 km:n autokuljetusmatkalla. Jos autokuljetusmatka on tätä lyhyempi, niin runkoina korjuun edullisuus katkotun tavarän menetelmiin verrattuna paranee ja pitemmillä matkoilla huononee.

Tutkimusta varten koottiin eräitä tyyppimetsiköitä koskevat runkolukujakautumat (taul. 6, s. 27). Näiden jakautumien perusteella laskettiin tyyppileimikoiden korjuukustannukset tehtäessä eri tavaralajeja. Laskelman mukaan (taul. 7, s. 29) on harvennusmetsiköissä edullisinta tehdä paperipuu tappikarsittuna noin 3-metriseksi tavaraksi ja katkoa tukit palstalla. Avohakkuissa taas on runkomenetelmä taloudellisin.

J o h d a n t o

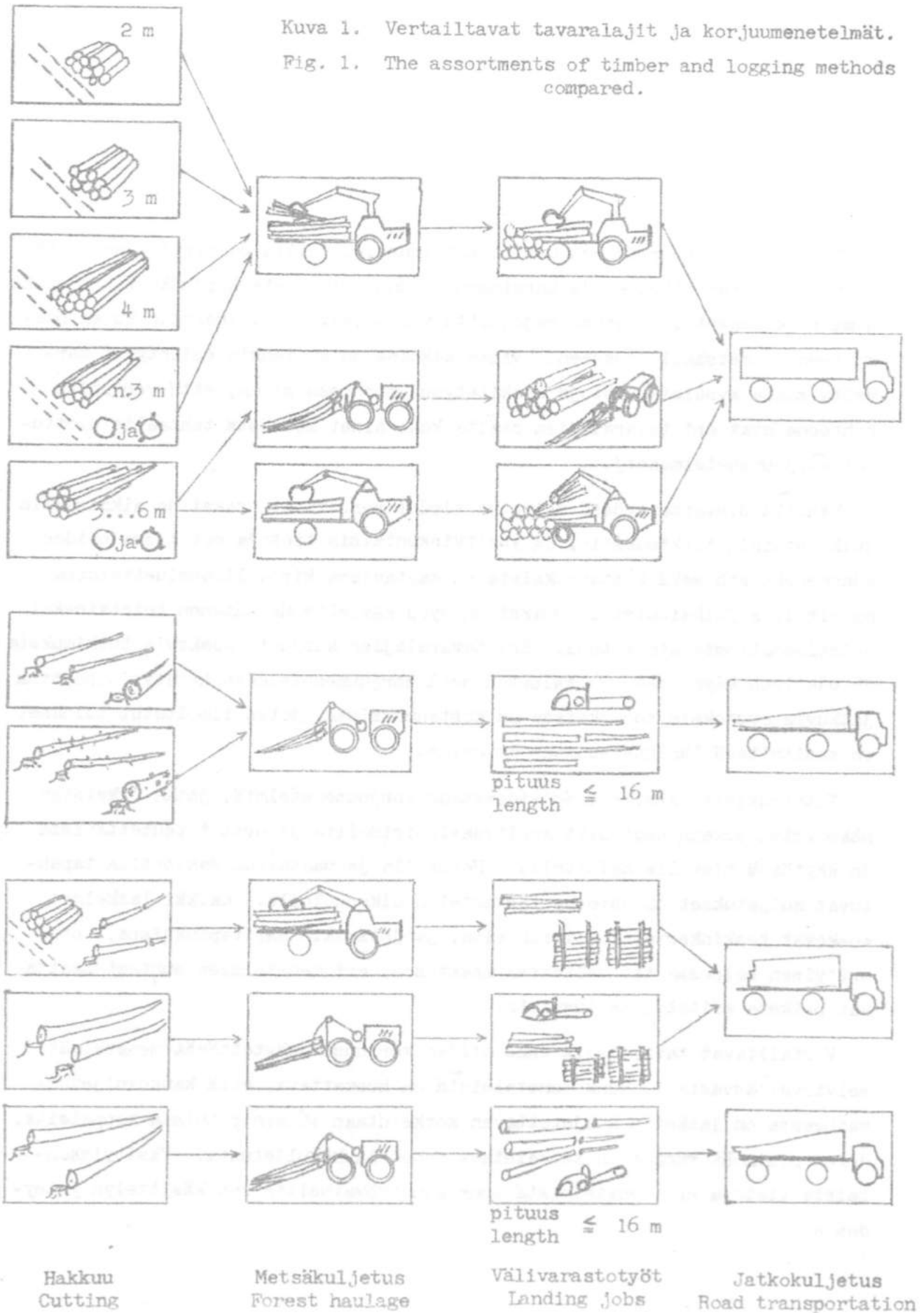
Metsäteho on suorittanut useita tutkimuksia, joilla on pyritty selvittämään puutavaran pituuden ja karsinnan laadun vaikutusta korjuukustannuksiin. Nämä tutkimukset on yleensä rajoitettu yksityisiin työvaiheisiin kuten hakkuuseen ja metsäkuljetukseen. Viime aikoina on kuitenkin esiintynyt tarvetta saada kyseisiä tietoja keskitetyssä muodossa siten, että vertailun kohteena ovat eri tavaralajien osalta kokonaiset metsästä tehtaalle ulottuvat korjuumenetelmäkettut.

Käsillä olevassa työssä esitetyt tiedot perustuvat osaksi jo aikaisemmin julkaistuihin tutkimuksiin, ja yksityiskohtaisia tietoja eri työvaiheiden ajanmenekeistä sekä kustannuksista on saatavissa kirjallisuusluettelossa mainituista julkaisuista. Osaksi on myös käytetty Metsätehon toistaiseksi julkaisemattomia aineistoja. Eri tavaralajien korjuuta koskevia tutkimuksia on edelleen käynnissä, ja kaluston sekä korjuumenetelmien kehitys aiheuttaa jatkuvia muutoksia tuotoksissa ja kustannuksissa, joten ilmoitetut tulokset on käsiteltävä lähinnä suuntaa antavina.

Tutkimuksessa käsitellään ainoastaan korjuumenetelmiä, jotka nykyisten näkemysten mukaan näyttävät kehityskelpoisimmilta ja ovat toteutettavissa jo käytössä olevalla kalustolla. Hevosella ja maataloustraktorilla tapahtuvat kuljetukset on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Kaikki laskelmat koskevat keskinkertaisia olosuhteita, ja joissakin ääritapauksissa, kuten erityisen helppossa tai vaikeassa maastossa, eri menetelmien suhteet saattavat poiketa esitetyistä luvuista.

Vertailtavat tavaralajit sekä niiden korjuussa käytettävät menetelmät selviävät kuvasta 1. Runkomenetelmistä on huomattava, että kaukokuljetusvaiheessa on laskettu kuljetettavan korkeintaan 16 m:n pituisia kappaleita, joten pisimmät rungot on katkaistava ennen kaukokuljetusta. Yksityiskohtaisia tietoja eri menetelmistä annetaan työvaiheittaisen käsittelyn yhteydessä.

Kuva 1. Vertailtavat tavaralajit ja korjuumenetelmät.
Fig. 1. The assortments of timber and logging methods compared.



H a k k u u

Eri tavaralajien hakkuutuotokset on laskettu KAHALAN (1966, 1967 ja 1968), hakkuun perustutkimuksen ja eräiden Metsätehon toistaiseksi julkaisemattomien aineistojen perusteella. Laskelmat on suoritettu siten, että hakkuun perustutkimukseen osallistuneiden 38 hakkuumiehen tuotokset 2-metrisen kuorellisen kuusipaperipuun teossa valittiin lähtökohdaksi. Muiden tavaralajien tuotokset laskettiin tutkimuksista saatujen suhteiden avulla, jolloin kaikkien tavaralajien hakkuutuotokset vastaavat samaa suoritustasoa. Hakkuukustannusten laskennassa otettiin perustaksi palkkataulukoiden (Etelä-Suomi 1.1.1968) taksa 2-metrisen kuusipaperipuun teossa, ja ajanmenekkisuhteiden avulla laskettiin muiden tavaralajien kustannukset. Laskentatavasta johtuu, että esitetyt tuotokset vastaavat ammattitaitoisen hakkuumiehen suoritustasoa ja kustannukset vuoden 1968 alkupuolen kustannus- ja palkkatasoa. Kustannuksiin on sisällytetty myös työnantajan maksamat sosiaalikulut ja muut palkan sivukustannukset.

Paperipuun teossa 2, 3 ja 4 metrin määrämittaisen sekä noin 3-metrisen tavarahan hakkuumies siirtää kourakasoisiin palstatien varteen. Vaihtelevan pituisen 3...6-metrisen tavarahan hakkuumiehet kokoavat palstalle 0.3...0.5 k-m³:n juontotaakoihin. Kokonaisia runkoja ei hakkuumiehen ole laskettu siirtelevän lainkaan.

Noin 3-metrisen tavarahan, vaihtelevan pituisen 3...6-metrisen tavarahan ja kokonaisten runkojen osalta on vertailtu myös karsinta-asteen vaikutusta tuotoksiin ja kustannuksiin. Määrämittaisen tavarahan osalta ei tällaista vertailua ole tehty, koska tutkimukset osoittavat, että karsinnan huonontamisella ei määrämittaisen tavarahan teossa saavuteta sanottavia etuja.

Taulukossa 1 on esitetty eri paperipuulajien teon ihmistyöpanos ja taulukossa 2 (s. 9) ovat tukkien tekoa koskevat luvut. Laskelmissa on käytetty työpäivän pituutena 7.0 tuntia. Tuotoksia vastaavat kustannukset ilmenevät kuvista 2 ja 3 (s. 10 ja 11). Paperipuu- ja tukkirunkojen rajaksi on valittu rungonsuuruusluokka 0.250 k-m³. Paperipuun osalta käsitellään ainoastaan kuusen hakkuuta, sillä mäntyä koskevia tietoja ei kaikista tavaralajeista ole vielä käytettävissä.

Taulukko - Table 1

Ihmistyöpanos eri paperipuulajien hakkuussa.
Labour-input into the cutting of different pulpwood assortments.

Tavaralaji Assortment	Rungon käyttöosa, k-m ³ Utilisable part of stem, cu.m.(s)					
	0.025	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250
MÄÄRÄMITTAINEN PAPERIPUU Standard length pulpwood	miestyöpäivää/100 k-m ³ man-day/100 cu.m.(s)					
2 m kuusi, hyvä karsinta spruce, good limbing	27.4	20.7	16.6	14.8	13.7	12.7
3 m " - " -	26.2	18.7	14.6	12.9	11.7	10.8
4 m " - " -	26.9	19.1	15.2	13.7	12.8	12.2
SIILÄVARAISESTI KATKOTTU PAPERIPUU Pulpwood bucked by eye						
n. 3 m kuusi, hyvä karsinta c. 3 m spruce, good limbing	23.2	17.4	13.8	12.3	11.2	10.4
n. 3 m " tappikarsinta c. 3 m " poor limbing	20.8	15.3	12.2	10.8	10.0	9.3
3...6 m " hyvä karsinta good limbing	22.5	16.8	14.1	11.8	10.8	9.9
3...6 m " tappikarsinta poor limbing	19.3	14.3	11.0	9.8	8.8	8.1
KUUSIRUNGOT Spruce tree-lengths (rangan pituus korkeintaan 16 m) (long log length ≤ 16 m)						
Hyvä karsinta - Good limbing	17.5	12.9	9.9	8.6	7.7	7.0
Tappikarsinta - Poor limbing	15.2	10.7	7.9	6.9	6.2	5.7

Taulukko - Table 2

Tukkirunkojen hakkuun ihmistyöpanos.
Labour-input into the cutting of sawlog-sized trees.

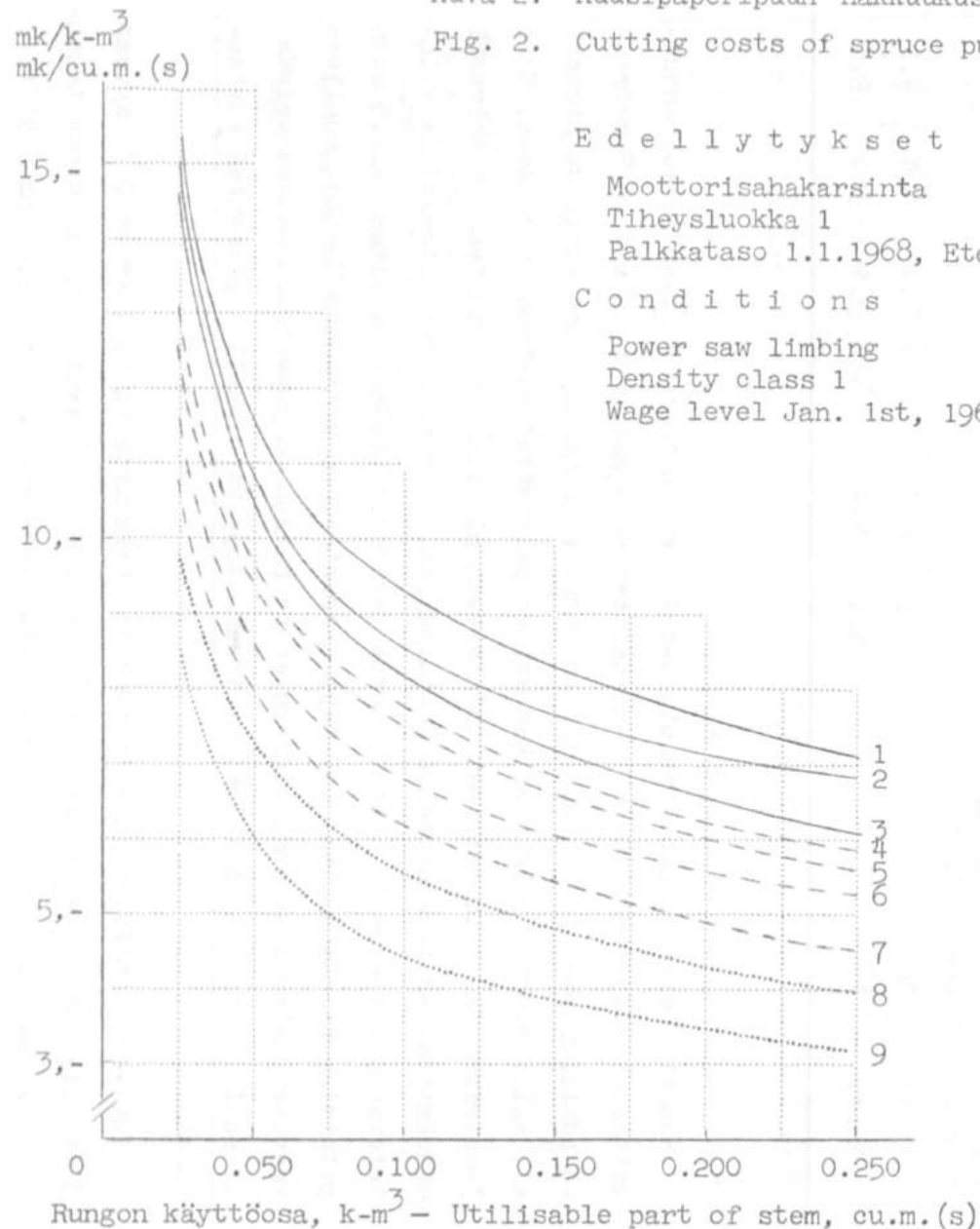
Tavaralaji Assortment	Rungon käyttöosa, k-m ³ Utilisable part of stem, cu.m.(s)					
	0.250	0.350	0.450	0.550	0.650	0.750
TUKIT - Sawlogs	miestyöpäivää/100 k-m ³ man-day/100 cu.m.(s)					
Kuusi, katkonta palstalla Spruce, bucking at the stump	9.4	8.2	7.3	6.6	6.0	5.5
Mänty, Pine, - " -	7.2	6.2	5.4	4.9	4.4	3.9
RUNKOMENETELMÄ Tree-length system						
(Rungon tukkiosa erotetaan väli- varastolla - Sawlog part of stem cut at the landing)						
Kuusi - Spruce	7.1	6.1	5.4	4.9	4.4	4.1
Mänty - Pine	5.1	4.4	3.8	3.4	3.1	2.8

Määrämittaisesta paperipuusta 3-metrinen on tuotokseltaan ja kustannuksiltaan selvästi edullisin. Määrämittainen 4-metrinen tavara on 2-metristä edullisempaa, joskin suurimpien runkojen kohdalla ero supistuu pieneksi, sillä suurten pölkkyjen kantaminen palstatien varteen on vaikeaa. Noin 3-metrinen ja 3...6-metrinen vaihtelevan pituisen tavaran teko on selvästi määrämittaisen tavaran tekoa joutuisampaa. Jos noin 3-metrisessä ja vaihtelevan pituisessa 3...6-metrisessä tavarassa lisäksi sallitaan 2...5 cm:n pituisia oksantynkiä eli ns. tappikarsintaa, on kustannussäästöjä edelleen saavutettavissa. Kokonaisina runkoina hakkuu on paperipuun teossa selvästi edullisinta, ja tällöinkin voidaan tappikarsinnalla pienentää kustannuksia.

Tukeiksi tehtävien suurten runkojen hakkuusta on taulukkoon 2 ja kuvaan 3 (s. 11) otettu menetelmät, joissa tukkien ja latvatavaran katkonta tapahtuu joko palstalla tai välivarastolla, sekä runkomenetelmä, jossa väliva-

Kuva 2. Kuusipaperipuun hakkuukustannukset, mk/k-m³.

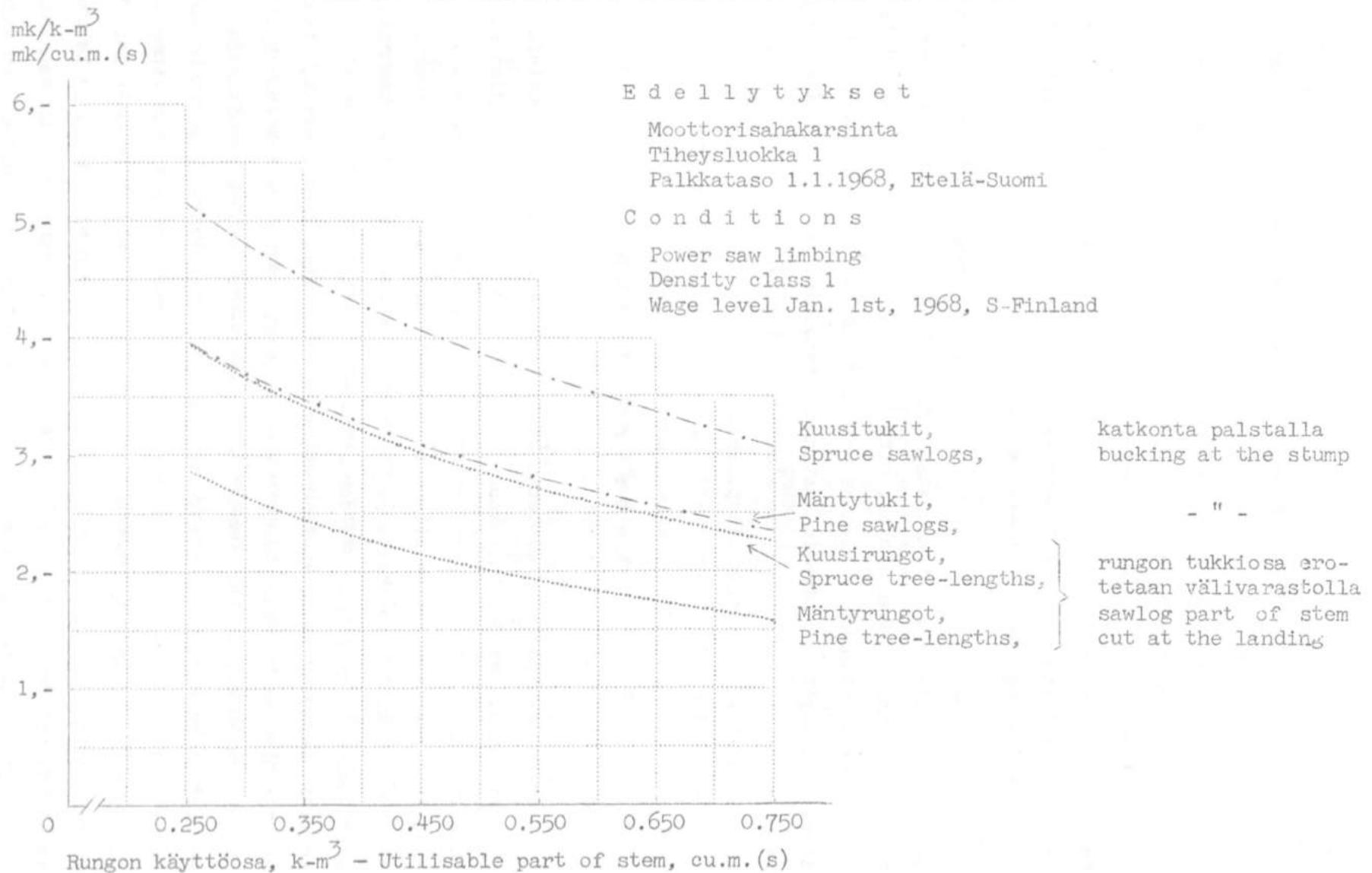
Fig. 2. Cutting costs of spruce pulpwood, mk/cu.m.(s).



- | | | | | |
|---|---|----------------------|-------------------------------|---------------|
| 1 | = | 2 m | kuusipaperipuu, hyvä karsinta | |
| | | | spruce pulpwood, good limbing | |
| 2 | = | 4 m | - " - | - " - |
| 3 | = | 3 m | - " - | - " - |
| 4 | = | n. 3 m | - " - | - " - |
| | | c. | | |
| 5 | = | 3.6 m | - " - | - " - |
| 6 | = | n. 3 m | - " - | tappikarsinta |
| | | c. | | poor limbing |
| 7 | = | 3.6 m | - " - | - " - |
| 8 | = | kuusirungot, | hyvä karsinta | |
| | | spruce tree-lengths, | good limbing | |
| 9 | = | - " - | tappikarsinta | |
| | | | poor limbing | |

Kuva 3. Tukkirunkojen hakkuukustannukset, mk/k-m³.

Fig. 3. Cutting costs of sawlog-sized stems, mk/cu.m.(s)



rastolla erotetaan rungon tukkiosa pinotavaraosasta yhdellä katkaisulla pölyn maksimipituuden ollessa 16 metriä. Tutkimusten mukaan on hakkuun ajamenekki $k\text{-m}^3$:ä kohti pienten runkojen osalta pienin silloin, kun tukit ja latvustavara tehdään palstalla, mutta suurten runkojen osalta on pölkytys edullisinta suorittaa välivarastolla. Koska menetelmien väliset erot ovat suhteellisen vähäiset, on taulukossa 2 (s. 9) ja kuvassa 3 (s. 11) esitetty ainoastaan se menetelmä, jossa pölkytys tapahtuu palstalla. Rungon latvaosa on oletettu tehtävän 3-metriseksi paperipuuksi, ja esitetyt luvut koskevat koko rungon teon ihmistyöpanosta ja kustannuksia.

Myös sahatukkien teossa on karsinnan ja apteerauksen yksinkertaistamisella saavutettavissa hakkuukustannusten säästöjä. AHOSEN (1968) ennakkotietojen mukaan voidaan laskea, että tällä tavoin voitaisiin mäntytukkirunkojen hakkuukustannuksia alentaa noin $0,80 \text{ mk}/k\text{-m}^3$. Metsätehon tutkimuksissa on päädytty pienempiin kustannussäästöihin. Koska näistä kysymyksistä on käytettävissä ainoastaan alustavia tuloksia, on ne esillä olevassa työssä jätetty käsittelyn ulkopuolelle.

M e t s ä k u l j e t u s

Metsäkuljetuksessa on oletettu käytettävän ainoastaan varsinaisia metsätraktoreita. Niiden tuotokset ja kustannukset eri tavaralajien kuljetuksissa on laskettu kuormaa kantavan ja hydraulisella kouranosturilla varustetun traktorin osalta siten, että 2-metrisen tavarankuljetuskustannukset 150 m:n kuljetusmatkalla ja II maastoluokassa ovat kuljetuksenantajien soveltamien ohjemaksuperusteiden mukaiset. Kaikilla tavaralajeilla on laskelmissa käytetty samaa kuorman kokoa ($k\text{-m}^3$). Tämä johtuu siitä, että metsäkuljetuksessa kuorman paino on ensi sijassa rajoittava tekijä. Nykyisin käytettävällä kalustolla kuorman tilavuuskin voi asettaa rajoituksia, jos kuormatila on rakennettu tietyn tavaralajin kuten lyhyen paperipuun kuljetusta varten, mutta yleisessä, mihinkään konemerkkiin sitoutumattomassa selvityksessä voidaan tällaiset seikat jättää tarkastelun ulkopuolelle. Koska traktorin ajonopeus on myös riippumaton tavarankuljetuksen pituudesta ja karsinta-asteesta, eri tavaralajien väliset kustannuserot aiheutuvat kuormaa kantavaa traktoria käytettäessä kuormauksen ja purkamisen ajamenekkien vaihteluista.

Suoritettujen tutkimusten perusteella on vaikea määrittää eri tavaralajien kuormaus- ja purkamisaikoja, koska vertailevat tutkimukset on yleensä suoritettu tietyllä nosturi- ja kouratyypillä, joka saattaa soveltua erityisen hyvin jonkin määrätyn tavaralajin kuormaukseen, mutta muut tavaralajit vaatisivat ehkä toisentyypisen nosturin. Täysin tasapuolinen vertailu edellyttäisi sitä, että kunkin tavaralajin kuormauksessa ja purkamisessa käytettäisiin kyseiselle tavaralajille parhaiten sopivaa nosturityyppeä. Koska tämäntyyppisiä selvityksiä ei toistaiseksi ole riittävästi käytettävissä, on SILANDERIN (1965), SALMISEN (1965), Forskningsstiftelsen Skogsarbetenin traktorikuljetuksen tuotoskäyrien ja Metsätehon toistaiseksi julkaisemattomien aineistojen perusteella laskettu, että 3-metrinen määrittäisen tavarankuormauksen ja purkamisen ajanmenekit ovat 80 % 2-metriskun tavarankuormauksen vastaavista ajanmenekeistä. Nelimetrisen tavarankuormauksen ja purkamisen suhde 2-metriseen tavarankuormaukseen on 75 %. Vaihtelevan pituiskun 3...6-metriskun tavarankuormauksen ja purkamiskun ajanmenekki on laskettu samaksi kuin 3-metriskun tavarankuormauksen, jos kourakasat ovat yhtä suuria.

Pitkän tavarankuormauksen edullisuus kuormaus- ja purkamisvaiheessa johtuu siitä, että yhdellä kouraisulla saadaan suuremmat taakat kuin lyhyttä tavarankuormaukseen käsittelyä. Lyhyen tavarankuormauksen käsittelyä hidastaa myös se, että pölkyt menevät helposti ristiin. Tällöin kuorman tai pinon järjestelyaika kasvaa. Vaihtelevan pituiskun 3...6-metriskun tavarankuormauksen käsittely on suhteellisen joutuisaa, mutta lyhyimmät pölkyt lisäävät tässä jonkin verran kuorman järjestelyaikaa, joten sen kuormaus ja purkaminen on hieman hitaampaa kuin 4-metriskun tavarankuormauksen ja purkamiskun.

Vaihtelevan pituiskun 3...6-metriskun tavarankuormauksen ja sahatukkien kuljetuskustannukset kuormaa kantavaa traktoria käytettäessä on laskettu Metsätehon suorittamien tutkimusten ja Forskningsstiftelsen Skogsarbetenin julkaisemien kuormaa kantavien traktoreiden kuormauksen ja purkamiskun ajanmenekki-suhteiden avulla. Näiden tavaralajien kuljetuksissa on oletettu käytettävän 15...20 m:n palstatieväliä, jolloin kaikki pölkyt ovat traktorin kourakuormauksen ulottuvilla. Tappikarsitun 3...6-metriskun tavarankuormauksen kuljetus on kalliimpaa kuin vastaavan hyvin karsitun tavarankuormauksen kuljetus, sillä hakkuututkimusten perusteella on ilmeistä, että tappikarsittua tavarankuormaukseen tehtäessä kasan koko jää pienemmäksi kuin hyvin karsittua tavarankuormaukseen tehtäessä, ja tämä puolestaan lisää kuormauksen ajanmenekkiä.

Kuva 4. Metsäkuljetuksen kustannukset.

Fig. 4. Forest haulage costs.

mk/k-m³
mk/cu.m.(s)

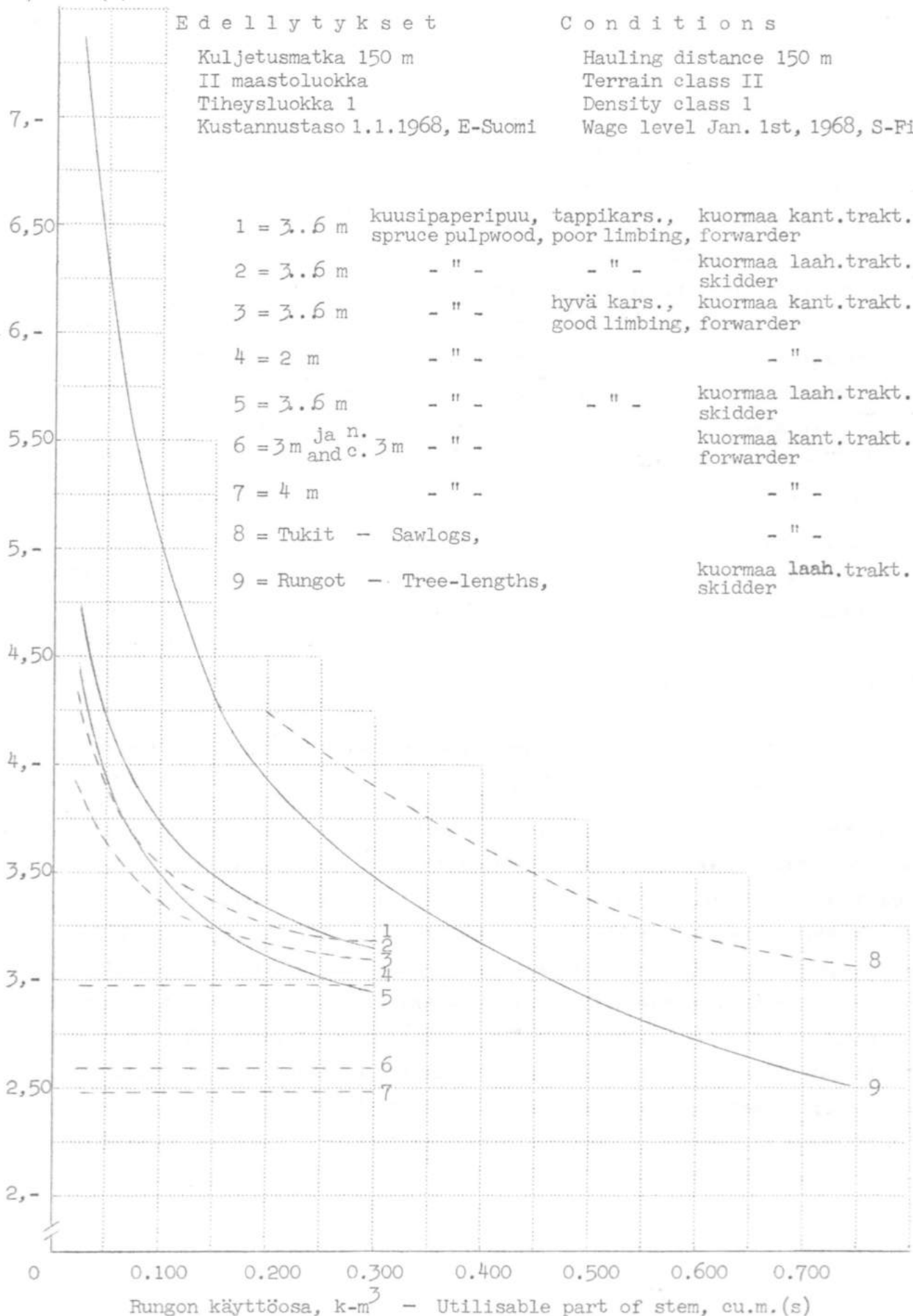
E d e l l y t y k s e t

Kuljetusmatka 150 m
II maastoluokka
Tiheysluokka 1
Kustannustaso 1.1.1968, E-Suomi

C o n d i t i o n s

Hauling distance 150 m
Terrain class II
Density class 1
Wage level Jan. 1st, 1968, S-Finland

1 = 3.6 m	kuusipaperipuu, tappikars.,	kuormaa kant.trakt.
2 = 3.6 m	spruce pulpwood, poor limbing,	forwarder
3 = 3.6 m	- " -	kuormaa laah.trakt.
4 = 2 m	- " -	skidder
5 = 3.6 m	- " -	hyvä kars., kuormaa kant.trakt.
6 = 3 m ja n. 3 m and c. 3 m	- " -	good limbing, forwarder
7 = 4 m	- " -	- " -
8 = Tukit	Sawlogs,	- " -
9 = Rungot	Tree-lengths,	kuormaa laah.trakt.
		skidder



Kokonaisten runkojen kuljetuskustannukset ovat kuljetuksenantajien soveltamien runkojuonnon ohjemaksuperusteiden (Etelä-Suomi 1.1.1968, kuljetusmatka 150 m ja II maastoluokka) mukaiset. Vaihtelevan pituisen 3...6-metrinen tavarankuljetuskustannukset kuormaa laahaavaa metsätraktoria käytettäessä on laskettu mainittujen ohjemaksuperusteiden mukaisesti käytämällä kuormauksen ja purkamisen ajanmenekkeinä sekä kuormien keskimääräisinä kokoina SALMISEN (1966 a ja b) tutkimustuloksia.

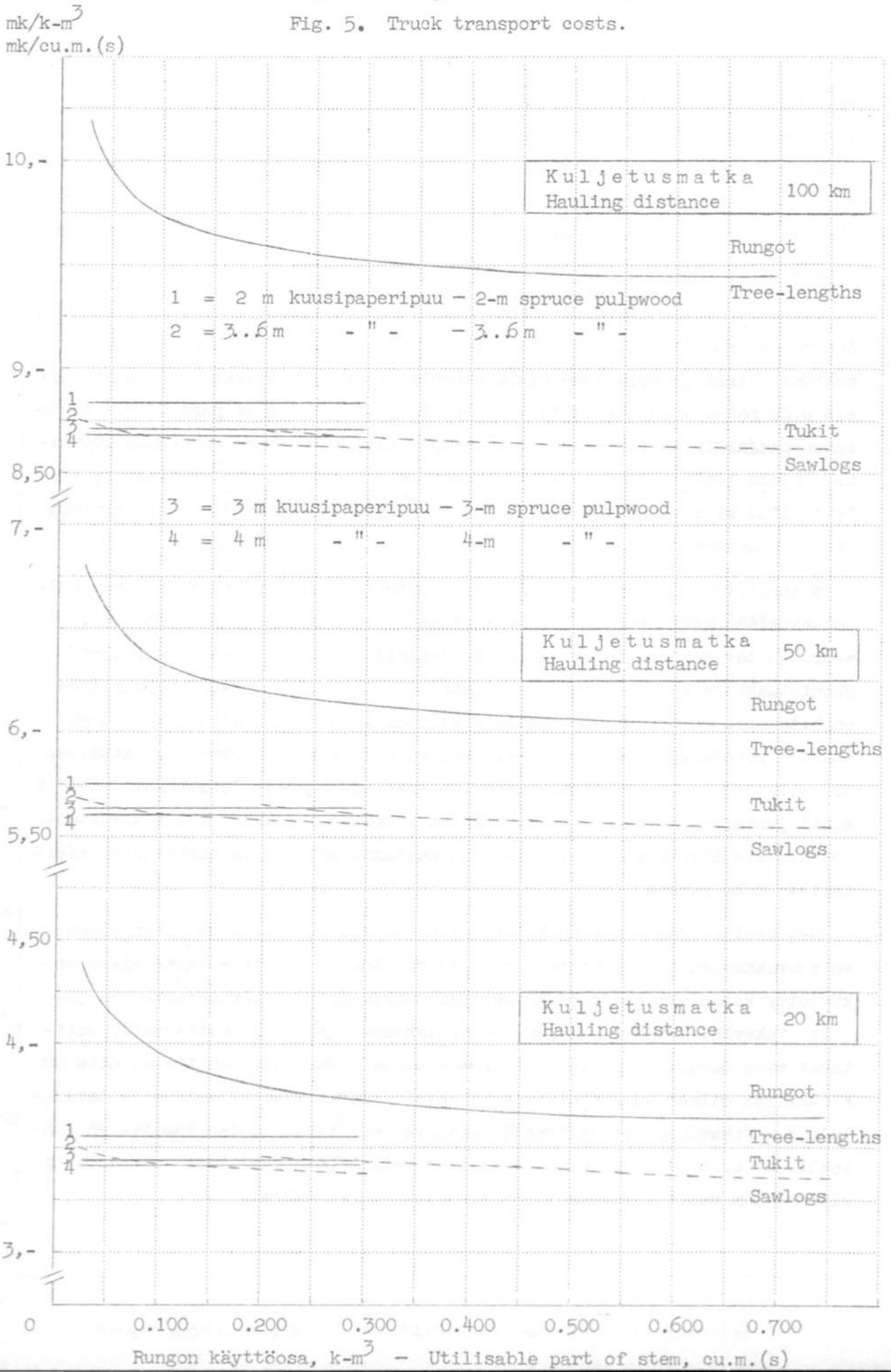
Eri tavaralajien metsäkuljetuskustannukset on esitetty kuvassa 4 (s. 14). Sen mukaan rungon koko ei vaikuta lainkaan metsäkuljetuksen kustannuksiin määrämittaista ja noin 3-metristä paperipuuta kuljetettaessa. Tämä ei täysin pidä paikkaansa, sillä järeiden pölkkyjen kuormaus ja purkaminen on kourakuormaa- jaakin käytettäessä joutuisampaa kuin esimerkiksi ohutpuun kuormaus. Koska tämän seikan merkitys kokonaiskustannuksissa on vähäinen ja käytettävissä ei ole asiaa koskevia tutkimustuloksia, ei tätä ole laskelmissa otettu huomioon.

Kokonaisten runkojen ja vaihtelevan pituisen 3...6-metrinen tavarankuljetuskustannuksiin rungon koko vaikuttaa hyvin paljon. Tämä johtuu 3...6-metrinen tavarankuljetuskustannuksiin rungon koko vaikuttaa myös huomattavasti, sillä suurista rungoista saatavien tukkien kuormaus levältään on $k\text{-m}^3$:ä kohti joutuisampaa kuin pienten tukkien kuormaus. Tukkien kuljetuskustannuksiin sisältyvät myös latvustavarankustannukset, sillä laskelmissa käsitellään koko runkoa.

Metsäkuljetuksen kustannuksiin vaikuttaa suuresti hakkuumiesten tekemien kourakasojen tai juontotaakkojen koko. Edellä olevissa laskelmissa on käytetty kasankokoja, joita Metsätehon tutkimuksissa hakkuumiesten on todettu tekevän. Mikäli kasojen koot poikkeavat näistä huomattavasti, saatavat myös tavaralajien väliset erot muuttua. On myös huomattava, että tutkimuksissa olleet ajurit eivät aikaisemmin olleet käsitelleet uusia tavaralajeja. Kokemuksen lisääntyessä saattavat eri tavaralajien käsittelyn suhteelliset erot muuttua, mutta tällaiset seikat on mahdollista todeta vasta sitten, kun uutta tavaralajia on korjattu suuret määrät.

Kuva 5. Autokuljetuksen kustannukset.

Fig. 5. Truck transport costs.



A u t o k u l j e t u s

Autokuljetuksessa on oletettukäytettävän yksiakselisella puoliperävau-
nulla varustettua kaksiakselista autoa, johon kuormaus tapahtuu erillisel-
lä kourakuormajalla. Mikäli käytettäisiin autokohtaista nosturia, niin
tiettyjä tavaralajeja kuormattaessa saattaisi syntyä vaikeuksia nosturin
rajoitetun ulottuvuuden vuoksi. Auton kustannukset on laskettu vuoden 1968
alun kustannustason mukaisesti. Ajanmenekit ovat autokuljetuksen ohjemak-
superusteiden, LINDENin (1964), NIKUSEN (1967) ja BYGRENin (1967) mukaiset.
Kuormien kooksi on laskettu 20 k-m^3 lukuun ottamatta runkojen kuljetusta,
jossa kuorman kooksi on laskettu 18 k-m^3 . Kuten metsäkuljetuksenkin yhtey-
dessä on lähtökohtana pidetty sitä, että kuorman kokoa rajoittaa ensi si-
jassa sen paino, ja lavarakenteilla huolehditaan kuormatilan asettamista
rajoituksista.

Runkojen autokuljetuksesta on käytettävissä ainoastaan alustavia tieto-
ja, joten kysymys runkokuormien koosta on osittain avoinna. Ruotsalaisten
laskelmien mukaan (HEDBRING - ÅKESSON 1967) runkokuormien koko on noin 10 %
pienempi kuin katkotun tavarankuorman koko, jos osa rungoista kuormataan
tyvi eteenpäin ja osa tyvi taaksepäin. Mikäli kaikki rungot kuormattaisiin
etutyvisinä, pienenis kuorma noin 37 %. Norjalaisten laskelmien mukaan
(SKAAR 1967) runkokuorma olisi vain 2 % pienempi kuin vastaava katkotun ta-
varankuorma. Ulkomaiset tutkimustulokset eivät erilaisten autotyyppien ja
tiesäännösten vuoksi ole suoraan sovellettavissa Suomessa. Esillä olevas-
sa työssä, jossa rangan pituus autokuljetuksessa on korkeintaan 16 m, on
varovaisuussyistä päädytty runkokuormien osalta 10 % pienempään kuorman ko-
koon kuin katkotun tavarankuljetuksessa.

Eri tavaralajien autokuljetuskustannukset 20 km:n, 50 km:n ja 100 km:n
kuljetusmatkoilla on esitetty kuvassa 5 (s. 16). Karsinnan laadun ei täs-
sä vaiheessa ole katsottu vaikuttavan kustannuksiin. Rungon koko vaikut-
taa jossakin määrin vaihtelevan pituisen 3...6-metrisen tavarankuorman ja tukkien
kuljetuksessa sekä hyvin huomattavasti runkojen kuljetuksessa, koska näi-
den kuormaus nopeutuu kappaleiden suurentuessa. Lyhyen tavarankuljetuk-
sessa ei tällä seikalla ole sanottavaa merkitystä kuormauksen tapahtuessa
kourakuormajalla.

Kokonaistyöpanokset ja -kustannukset

Laskemalla yhteen hakkuun, metsäkuljetuksen sekä autokuljetuksen ajamenekit ja kustannukset on saatu eri tavaralajien korjuun kokonaistyöpanokset ja -kustannukset. Taulukoissa 3 ja 4 (s. 19 ja 20) on esitetty tavaralajeittain korjuun miestyöpäivien tarve, kun autokuljetusmatka on 50 km. Hakkuun työpäivän pituudeksi on laskettu 7.0 tuntia ja metsä- sekä autokuljetuksen työpäivän pituudeksi 8.0 tuntia.

Taulukoiden perusteella voidaan todeta, että paperipuun teossa karsinnan laadun huonontaminen vähentää ihmistyöpanosta huomattavasti enemmän kuin tavarann pituuden vaihtelu. Tukkipuun kokoa olevien runkojen hakkuussa on korjuumenetelmällä suhteellisen pieni vaikutus ihmistyövoiman tarpeeseen. Vaikka ihmistyöpanoksen perusteella ei voidakaan tehdä suoria johtopäätöksiä eri tavaralajien edullisuudesta, voidaan näiden lukujen perusteella päätellä, mitkä tavaralajit tulevaisuudessa ihmistyövoiman kallistuessa todennäköisesti parantavat asemaansa. Vähän ihmistyötä vaativat menetelmät ovat tässä suhteessa edullisimmassa asemassa, mutta tällöinkin on muistettava, että jokin nykyisin paljon ihmistyötä vaativa menetelmä voi kehittyä nopeammin kuin muut menetelmät ja pysyä tulevaisuudessakin edullisena.

Kuvassa 6 (s. 21) on esitetty eri paperipuulajien korjuun kokonaiskustannukset normaalin paperipuunkokoa (0.100 k-m^3) olevan rungon osalta. Rungon koon funktiona korjuukustannukset on esitetty paperipuun kokoa olevien runkojen osalta taulukossa 5 (s. 22) ja tukkipuun kokoa olevien runkojen osalta kuvassa 7 (s. 23). Näiden perusteella voidaan todeta, että jo hakkuuvaiheessa syntyneeseen tavaralajien edullisuusjärjestykseen muut työvaiheet ovat tuoneet suhteellisen vähäisiä muutoksia. 3- ja 4-metrin tavarann erot 2-metriseen tavararaan verrattuna ovat jonkin verran kasvaneet. Määrämittaisesta tavarasta osoittautuukin 3-metrinen selvästi edullisimmaksi. Noin 3-metrinen tavara, jonka hakkuussa pölkkyjen pituuden mittaaminen suoritetaan silmävaraisesti, on vastaavaa määrämittaista tavaraa edullisempaa, ja tappikarsittuna tämän tavaralajin korjuu on halvinta vertailtavista menetelmistä. Vaihtelevan pituisen 3...6-metrin tavarann korjuu on edullisempaa kuin määrämittaisen tavarann korjuu ja kalliimpaa kuin hyvin karsitun noin 3-metrin tavarann korjuu. Tappikarsittuna 3...6-metrinen tavara on

Taulukko - Table 3

Ihmistyöpanos eri paperipuulajien korjuussa. Autokuljetusmatka 50 km.

Labour-input into the logging of different pulpwood assortments.

Truck transport distance 50 km.

Tavaralaji Assortment	Rungon käyttöosa, k-m ³ Utilisable part of stem, cu.m. (s)					
	0.025	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250
MÄÄRÄMITTAINEN PAPERIPUU Standard length pulpwood	miestyöpäivää/100 k-m ³ man-day/100 cu.m. (s)					
2 m kuusi, hyvä karsinta spruce, good limbing	31.3	24.6	20.5	18.7	17.6	16.6
3 m " - " -	29.8	22.3	18.2	16.5	15.3	14.4
4 m " - " -	30.3	22.5	18.6	17.1	16.2	15.6
SILMÄVARAISESTI KATKOTTU PAPERIPUU Pulpwood bucked by eye						
n. 3 m kuusi, hyvä karsinta c. 3 m spruce, good limbing	26.8	21.0	17.4	15.9	14.8	14.0
n. 3 m " tappikarsinta c. 3 m " poor limbing	24.4	18.9	15.8	14.4	13.6	12.9
3...6 m " hyvä karsinta good limbing	26.8	20.8	18.0	15.7	14.6	14.0
3...6 m " tappikarsinta poor limbing	23.7	18.5	15.0	13.7	12.7	11.8
KUUSIRUNGOT Spruce tree-lengths (rangan pituus korkeintaan 16 m) (long log length ≤ 16 m)						
Hyvä karsinta - Good limbing	27.3	21.5	17.1	15.1	13.8	12.8
Tappikarsinta - Poor limbing	25.0	19.3	15.1	13.4	12.3	11.5

Taulukko - Table 4

Ihmistyöpanos tukkirunkojen korjuussa. Autokuljetusmatka 50 km.

Labour-input into the logging of sawlog-sized trees.

Truck transport distance 50 km.

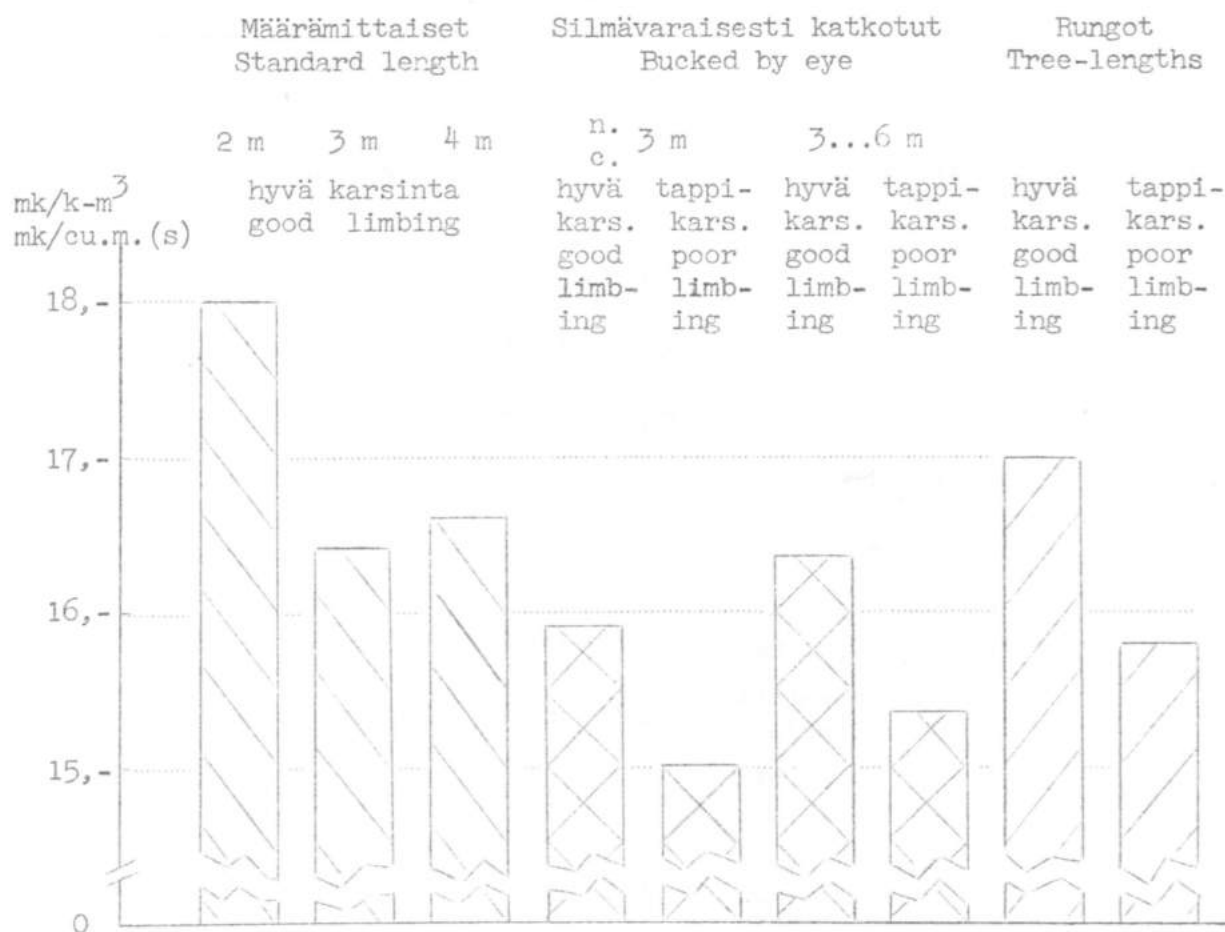
Tavaralaji Assortment	Rungon käyttöosa, k-m ³ Utilisable part of stem, cu.m.(s)					
	0.250	0.350	0.450	0.550	0.650	0.750
TUKIT - Sawlogs	miestyöpäivää/100 k-m ³ man-day/100 cu.m.(s)					
Kuusi, katkonta palstalla Spruce, bucking at the stump	13.4	12.2	11.3	10.5	9.7	9.2
" katkonta välivarastolla bucking at the landing	15.1	13.6	12.4	11.5	10.7	10.0
Mänty, katkonta palstalla Pine, bucking at the stump	11.3	10.3	9.5	8.9	8.3	7.9
" katkonta välivarastolla bucking at the landing	12.9	11.6	10.5	9.8	9.1	8.4
RUNKOMENETELMÄ Tree-length system (Rungon tukkiosa erotetaan väli- varastolla - Sawlog part of stem cut at the landing)						
Kuusi - Spruce	13.0	11.7	10.7	9.9	9.3	8.8
Mänty - Pine	11.0	10.0	9.1	8.4	8.0	7.5

noin 3-metristä tappikarsittua tavaraa edullisempaa rungon koon ollessa yli 0.200 k-m³. Vaihtelevan pituinen 3...6-metrinen tavara on kokonaiskustannuksia laskettaessa oletettu kuljetettavan kuormaa kantavalla traktorilla, koska sen käyttö laskelmien perusteella osoittautui kuormaa laa- haavan traktorin käyttöä edullisemmaksi. Ero on kuitenkin hyvin vähäinen, ja vaikeissa maastoissa saattaa tilanne olla päinvastainen.

Runkoina korjuusta voidaan todeta, että hyvin karsittuna runkoina korjuu on halvempaa kuin 3...6-metrisen tavarankorjuu, jos rungon koko on yli 0.150 k-m³, ja halvempaa kuin noin 3-metrisen tavarankorjuu, jos rungon koko on yli 0.200 k-m³. Tappikarsittuna rungon koon ollessa yli 0.175 k-m³ runkoina korjuu on halvempaa kuin vastaavan noin 3-metrisen ja 3...6-metrisen tavarankorjuu.

Kuva 6. Eri kuusipaperipuulajien korjuun kokonaiskustannukset keskimääräisessä (0.100 k-m³) paperipuun rungonsuuruusluokassa.

Fig. 6. Total costs of the logging of different spruce pulpwood assortments, for the average (0.100 solid cu.m.) stem size class of pulpwood.



Runkoina korjuun suuret kustannukset paperipuiksi tehtävien runkojen osalta johtuvat lähinnä pienten runkojen käsittelyvaikeuksista kuljetusvaiheessa. Mikäli halvoilla koneilla suoritettavalla runkojen esikasauksella tai muulla vastaavalla menettelyllä pienet rungot saadaan suuremmiksi käsittelyyksiköiksi, voi runkomenetelmä tulla edulliseksi myös paperipuun korjuussa. Esikasauksista koskevat tutkimukset ovatkin parhaillaan käynnissä.

Tukeiksi hakattavien suurten runkojen osalta voidaan todeta, että menetelmä, jossa tukit katkotaan palstalla ja metsäkuljetus suoritetaan kuormaa kantavalla traktorilla, on kalliimpi kuin runkojuonto ja välivarastolla ta-

Taulukko - Table 5

Paperipuun kokoa olevien runkojen korjuun kokonaiskustannukset.
Total logging costs of pulpwood.

Tavaralaji Assortment	Rungon käyttöosa, m^3 Utilisable part of stem, cu.m.(s)					
	0.025	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250
MÄÄRÄMITTAINEN PAPERIPUU Standard length pulpwood	Kustannukset, mk/m^3 Costs, $\text{mk}/\text{cu.m.}(s)$					
2 m kuusi, hyvä karsinta spruce, good limbing	24,10	20,30	18,00	17,00	16,40	15,80
3 m " - " -	22,90	18,70	16,40	15,40	14,80	14,30
4 m " - " -	23,10	18,90	16,60	15,70	15,20	14,90
SILMÄVARAISESTI KATKOTTU PAPERIPUU Pulpwood bucked by eye						
n. 3 m kuusi, hyvä karsinta c. spruce, good limbing	21,20	17,90	15,90	15,10	14,50	14,00
n. 3 m " tappikarsinta c. poor limbing	19,80	16,70	15,00	14,30	13,80	13,40
3...6 m " hyvä karsinta good limbing	22,20	18,60	16,30	15,40	14,70	14,20
3...6 m " tappikarsinta poor limbing	20,80	17,50	15,30	14,40	13,80	13,30
KUUSIRUNGOT Spruce tree-lengths (rangan pituus korkeintaan 16 m) (long log length ≤ 16 m)						
Hyvä karsinta - Good limbing	24,10	20,20	17,00	15,50	14,50	13,80
Tappikarsinta - Poor limbing	22,80	18,90	15,80	14,50	13,70	13,10

E d e l l y t y k s e t - C o n d i t i o n s

Hakkuu: kaato ja karsinta moottorisahalla

Metsäkuljetus: matka 150 m, II maastoluokka, tiheysluokka 1

Autokuljetus: matka 50 km

Kustannustaso: 1.1.1968, Etelä-Suomi

Cutting: power saw felling and limbing

Forest haulage: distance 150 m, terrain class II, density class 1

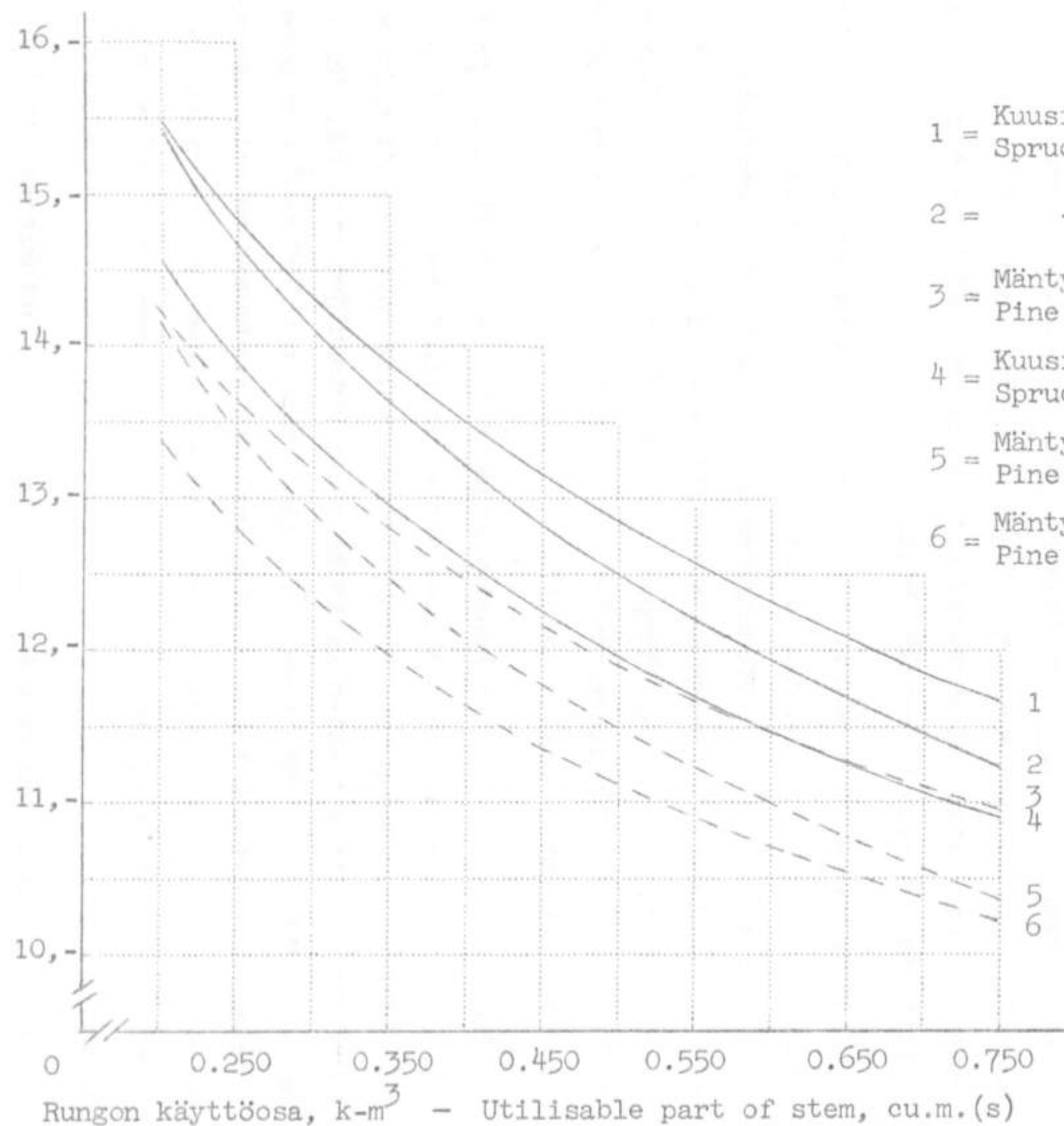
Truck haulage: distance 50 km

Wage level: Jan 1, 1968, S-Finland

Kuva 7. Tukkipuun kokoa olevien runkojen korjuukustannukset, mk/k-m³.

Fig. 7. Logging costs of sawlog-sized trees, mk/cu.m.(s).

mk/k-m³
mk/cu.m.(s)



- | | | |
|-----|--------------------------------------|--|
| 1 = | Kuusitukit,
Spruce sawlogs, | katkonta palstalla
bucking at the stump |
| 2 = | - " - | katkonta varastolla
bucking at the landing |
| 3 = | Mäntytukit,
Pine sawlogs, | katkonta palstalla
bucking at the stump |
| 4 = | Kuusirungot,
Spruce tree-lengths, | rangan pituus ≤ 16 m
long log length ≤ 16 m |
| 5 = | Mäntytukit,
Pine sawlogs, | katkonta varastolla
bucking at the landing |
| 6 = | Mäntyrungot,
Pine tree-lengths, | rangan pituus ≤ 16 m
long log length ≤ 16 m |

pahtuva pölkytys. Runkojuontoa voidaankin suositella avohakkuiden yhteyteen ja palstalla tapahtuvaa pölkytystä harvennushakkuisiin, joissa jäävän puuston suojelemiseksi ei kuormaa laahaavan traktorin käyttö ole ehkä mahdollista. Runkoina korjuu, jossa välivarastolla rungon tukkiosa erotetaan pinotavaraosasta pölkyn maksimipituuden ollessa jatkokuljetusvaiheessa 16 m, on tukkipuun kokoa olevien runkojen korjuumenetelmistä selvästi edullisin 50 km:n autokuljetusmatkalla. Tämän menetelmän käyttö rajoittunee kuitenkin avo- tai väljennyshakkuisiin.

Edellä on rajoitettu tapaukseen, jossa autokuljetusmatka on 50 km. Vastaavat laskelmat on kuitenkin suoritettu 20 km:n ja 100 km:n kuljetusmatkoilla. Näiden laskelmien perusteella voidaan todeta, että määrämittaisten, noin 3-metrysten, vaihtelevan pituisten 3...6-metrysten ja katkottujen tukkien keskinäiseen suhteeseen autokuljetusmatkan pituus ei vaikuta, koska kuorman koko on näiden tavaralajien kuljetuksessa sama. Runkojen kuljetuksessa kuorman koko on kuitenkin oletettu edellistä pienemmäksi, joten kuljetusmatkan pidentyessä runkomenetelmän edullisuus tavaralajeittaisiin menetelmiin verrattuna heikkenee.

Kahdenkymmenen km:n autokuljetusmatkalla kokonaisen hyvin karsitun paperipuuron korjuu on muiden tavaralajien korjuuta halvempaa, jos rungon koko on yli 0.175 k-m^3 . Viidenkymmenen km:n autokuljetusmatkalla vastaava raja oli 0.200 k-m^3 . Sadan km:n matkalla kokonaisina runkoina korjuu on paperipuun teossa aina kalliimpaa kuin noin 3-metrisen ja 3...6-metrisen tavarankorjuu. Tappikarsittujen paperipuulajien edullisuuteen autokuljetusmatka vaikuttaa samalla tavalla.

Tukkipuun kokoa olevien kuusirunkojen korjuussa on yleensä runkomenetelmä, jossa välivarastolla tukkiosa erotetaan pinotavaraosasta silmävaraisesti, edullisin. Sadan km:n autokuljetusmatkalla näyttää kuitenkin edullisimmalta suorittaa tukkien katkonta ennen autokuljetusta, kun rungon koko on yli 0.700 k-m^3 . Mäntyrungoilla tämä raja on 0.550 k-m^3 :n rungonkoossa. Normaaliin tukkipuun kokoa olevien runkojen korjuussa on siis runkomenetelmä selvästi edullisin alle 100 km:n autokuljetusmatkoilla, mutta tätä pitemmillä matkoilla alkavat tavaralajeittaiset menetelmät tulla edullisemmiksi.

Oletettaessa, että runkokuormien koko autokuljetuksessa olisi yhtä suuri kuin katkottujen tavaroiden kuljetuksessa, paranisi runkoina korjuun

edullisuus ja runkoina korjuu olisi yhtä edullista katkottuihin tavaralajeihin verrattuna pitkillä ja lyhyillä autokuljetusmatkoilla. Tällä edellytyksellä paperipuun korjuussa runkomenetelmä olisi kaikkein edullisin yli 0.125 k-m^3 :n rungoilla ja tukkipuun kokoa olevien runkojen korjuussa runkomenetelmä tulisi noin $0,50 \text{ mk/k-m}^3$ halvemmaksi kuin kuvassa 7 (s. 23) on esitetty. Paperipuun teossa ei runkomenetelmä näilläkään edellytyksillä näyttäisi siis kannattavalta.

Edellä olevissa laskelmissa on tarkasteltu ainoastaan hakkuun, metsäkuljetuksen ja autokuljetuksen kustannuksia sekä työpanoksia. Eri tavaralajien keskinäiseen edullisuuteen voivat vaikuttaa muutkin tekijät. Puutavaran mittaaminen on yksi tällainen tekijä, mutta sen vaikutuksesta kustannuksiin ei ole tehty tutkimuksia. Jos eri osapuolet eivät pääse yksimielisyyteen uusien tavaralajien mittaamenettelystä, voi uuden menetelmän käyttö estyä kokonaan.

Laskelmissa on oletettu, että kuormaa laahaavien traktoreiden käyttöön perustuvissa menetelmissä välivarastointi maksaa keskimäärin $0,10 \text{ mk/k-m}^3$ enemmän kuin kuormaa kantavia traktoreita käytettäessä. Tämän eron on katsottu aiheutuvan runkojuontovarastojen suuresta tilantarpeesta.

Suoritetussa tarkastelussa ei ole lainkaan käsitelty uittoa ja rautatiekuljetusta. Osaksi tämä johtuu perustietojen puutteesta, mutta varsinkin uiton osalta kysymys on suuressa määrin väyläkohtainen. Jos nykyisissä siirtolaitteissa ja kanavissa pystytään käsittelemään kaikenpituista tavaraa, on tavaralajin vaikutus kustannuksiin suhteellisen vähäinen, mutta väylärakenteiden uusinta voi aiheuttaa hyvinkin suuria kustannuksia, jotka eri tavaralajien vertailussa on otettava huomioon.

Puun tehdaskäsittely on tärkeä työvaihe, jota ei edellä ole lainkaan käsitelty. Vertailun kohteena olevat puutavaralajit ovat tehdasarvoltaan hyvin erilaisia, joten suoritettu vertailu ei anna oikeaa kuvaa tavaralajien edullisuudesta. Tehdaspään kustannukset riippuvat siinä määrin paikallisista oloista, ettei edes keskimääräisten arvojen esittäminen ole mahdollista. Laskentatulokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, miten paljon tehdaskäsittely saa maksaa, jotta menetelmän käyttö olisi taloudellista.

Laskelmissa on edellytetty, että leimikosta korjataan vain yhtä puulajia kerrallaan. Käytännön leimikoissa on kuitenkin useita puulajeja, ja nämä

joudutaan korjuuketjun jossakin vaiheessa erottelemaan. Lajittelu voi tapahtua edullisimmin joko hakkuuvaiheessa, jolloin eri tavaralajit kuljetaan erikseen, tahi välivarastolla tai tehtaalla. Jos eri lajit pidetään koko korjuun ajan erillään, voidaan esitetyjä tuloksia soveltaa kunkin puulajin osalta. Jos taas puulajien erottelu tapahtuu metsävaiheen kustannusten pienentämiseksi korjuuketjun loppuvaiheissa, olisi lajittelukustannukset otettava vertailuissa huomioon, sillä eri tavaralajien osalta ne voivat poiketa toisistaan. Koska tätä kysymystä käsitteleviä tutkimuksia ei toistaiseksi ole käytettävissä, on kysymys myös esillä olevassa työssä jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

E r i t a v a r a l a j i e n v e r t a i l u l e i m i k o i t t a i n

Edellä on selvästi käynyt ilmi rungon koon vaikutus työpanoksiin ja kustannuksiin eri tavaralajien korjuussa. Todellisessa leimikossa on tietysti erikokoisia runkoja, joten leimikon korjuukustannuksetkin on laskettava rungonsuuruusluokittain. Leimikoiden runkolukujakautumista on Suomessa ainoastaan puutteellisia tietoja, ja mainitunlaisen tarkastelutavan käyttö tuottaa vaikeuksia.

Esillä olevaa tutkimusta varten kerättiin Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitokselta maatilametsien taloussuunnitelmatöiden yhteydessä mitattuja koealatietoja. Harvennusmetsiköissä tehtyjen koeleimausten perusteella laskettiin eräille tyyppileimikoille runkolukujakautumat käyttöosan kuutiomäärän mukaan. Kutakin tyyppitapausta varten kerättiin tietoja ainoastaan 5...10 koealalta, joten esitettyjä lukuja on tarkasteltava ainoastaan esimerkkeinä harvennuspuiden järeys-suhteista maan eteläpuoliskon maatilametsissä. Avohakkuualueita koskevat runkolukujakautumat on koottu Metsäntutkimuslaitoksen arkistosta, ja ne käsittävät valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin koealatiedot etelärannikon ja Päijänteen alueen yli 80-vuotiaista kuusivaltaisista metsiköistä. Nämä tiedot vastanevat Etelä-Suomen keskimääräisiä avohakkuualueita kuusivaltaisissa metsissä. Mainitut runkolukujakautumat on esitetty taulukossa 6.

Taulukko - Table 6

Esimerkkejä hakattavan puuston jakautumisesta rungonsuuruusluokkiin
Etelä-Suomen kuusivaltaisissa metsiköissä.

Examples of the distribution of the stem size class of stands in
spruce-dominated forests in South Finland.

Metsä- tyyppi Forest (site) type	Metsikön ikä Age of stand	Rungon käyttöosa, k-m ³ (luokkien ylärajat) Utilisable part of stem, cu.m.(s) (upper limits of classes)										
		<0.037	<0.062	<0.087	<0.112	<0.162	<0.212	<0.325	<0.425	<0.525	<0.625	0.625+
HARVENNUSMETSİKÖT Thinning stands		Luokan kuutiomäärä, % kokonaiskuutiomäärästä — Volume of class, % of the total volume										
MT	20 - 40	35	25	24	12	4						
	40 - 60	2	10	22	15	24	14	5	2	6		
	60 - 80	2	5	5	10	14	12	12	14	5	6	15
OMT	20 - 40	30	22	30	13	5						
	40 - 60	2	3	4	7	14	27	37	4	2		
	60 - 80	1	1	1	4	11	11	11	12	8	6	34
AVOHAKKUUMETSİKÖT Clear cutting stands												
VT	81+	3	4	5	7	10	11	13	15	20	6	6
MT	81+	2	2	3	5	8	10	11	14	17	10	18
OMT	81+	1	2	2	2	5	7	10	10	11	14	36

MT = Myrtillus Type

OMT = Oxalis Myrtillus Type

VT = Vaccinium Type

Taulukon 6 (s. 27) runkolukujakautumien sekä edellä selostettujen kustannustietojen perusteella on laskettu korjuukustannukset erilaisissa metsissä taulukkoon 7. Harvennushakkuuleimikoista ikäluokkaa 20...40 vuotta voidaan pitää metsikön ensimmäisenä harvennuksena, ikäluokkaa 40...60 vuotta toisena tai kolmantena harvennuksena ja ikäluokkaa 60...80 vuotta päätehakkausta edeltävänä väljennyksenä. Tarkasteltavista korjuumenetelmistä voidaan mainita, että käyttöosan kuutioltaan alle 0.250 k-m^3 :n rungot tehdään paperipuuksi ja tätä suuremmat rungot tukeiksi. Harvennushakkuissa oletetaan metsäkuljetuksen tapahtuvan kuormaa kantavalla traktorilla.

Tutkimuksessa aikaisemmin esitetyissä vertailuissa on tukkipuun kokoa olevien runkojen latvoista oletettu tehtävän 3-metristä paperipuuta, mutta taulukon 7 tavaralajeittaisissa menetelmissä tukkirunkojen latvat tehdään kussakin vaihtoehdossa samaksi tavaralajiksi kuin paperipuurungot. Tukkipuun kokoa olevien runkojen korjuukustannukset silloin, kun paperipuurungot tehdään noin 3-metriseksi ja 3...6-metriseksi, ovat siten pienemmät kuin tutkimuksessa aiemmin esitetyt.

Runkoina korjuussa erotetaan välivarastolla rungon pinotavaraosa tukki- osasta ja jatkokuljetuksessa sallitaan korkeintaan 16 m:n pituisia kappaleita. Tukki-osa on oletettu aina hyvin karsituksi, vaikka latvaosa olisikin tappikarsittua. Runkomenetelmän kustannukset on laskettu samoin perustein sekä harvennus- että avohakkuuleimikoille, eikä menetelmän mahdollisia soveltamisvaikeuksia harvennusleimikoissa ole otettu huomioon.

Taulukosta 7 voidaan todeta, että harvennusleimikoissa menetelmä, jossa paperipuu tehdään noin 3-metriseksi ja tukit katkotaan lopullisiin pituuksiinsa palstalla, on yleensä kustannuksiltaan edullisin menetelmä. 60...80 vuoden ikäluokan metsiköissä 3...6-metrisen tavarankorjuukustannukset ovat tosin saman suuruiset. Avohakkuissa näyttäisi runkoina korjuu taas olevan edullisinta. Runkomenetelmän ja tavaralajeittaisen menetelmän erot ovat kuitenkin suhteellisen vähäiset, koska avohakkuissakin kertyy vielä runsaasti pieniä runkoja, jotka nostavat runkomenetelmän kustannuksia.

Edellinen käsittely koski ainoastaan 50 km:n autokuljetusmatkaa. Lyhyemmillä matkoilla runkomenetelmän suhteellinen edullisuus paranee ja pitemmillä huononee, kuten aikaisemmin on jo käynyt ilmi. Kallista metsäkuljetuskalustoa käytettäessä runkomenetelmä ei siis nykyisin näytä olevan ta-

Taulukko - Table 7

Eräiden korjuumenetelmien kustannukset, mk/k-m³, esimerkkileimikoissa.
Costs of some logging methods, marks/solid cu.m., in the specimen stands.

Metsä- tyyppi Forest (site) type	Metsikön ikä Age of stand	Puutavaralajit (vrt. kuvaan 1, s. 6) - Assortments (cf. Fig. 1, p. 6)						Runkoina tehtaalle Tree-lengths to mill	
		2 m kuusi- paperipuu ja kuusi- tukit 2-m spruce pulpwood & spruce sawlogs	3 m kuusi- paperipuu ja kuusi- tukit 3-m spruce pulpwood & spruce sawlogs	n.3 m kuusi- paperipuu, hyvä kar- sinta, ja kuusitukit c. 3-m spruce pulpwood, good limb- ing,& spruce sawlogs	n.3 m kuusi- paperipuu, tappikar- sinta, ja kuusitukit c. 3-m spruce pulpwood, poor limb- ing,& spruce sawlogs	3.6 m kuusi- paperipuu, hyvä kar- sinta, ja kuusitukit 3...6 m spruce pulpwood, good limb- ing,& spruce sawlogs	3.6 m kuusi- paperipuu, tappikar- sinta, ja kuusitukit 3...6 m spruce pulpwood, poor limb- ing,& spruce sawlogs	hyvä karsinta good limbing	tappi- karsinta poor limbing
HARVENNUSMETSİKÖT Thinning stands									
MT	20 - 40	20,90	19,40	18,40	<u>17,30</u>	19,20	17,90	20,50	19,30
	40 - 60	17,60	16,20	15,70	<u>14,90</u>	16,20	15,20	16,70	15,70
	60 - 80	15,60	14,70	14,40	<u>13,90</u>	14,60	14,00	14,90	14,30
OMT	20 - 40	20,50	19,00	17,80	<u>17,00</u>	18,80	17,70	20,10	18,90
	40 - 60	16,40	15,20	14,80	<u>14,00</u>	14,80	14,30	15,30	14,50
	60 - 80	14,20	13,60	13,40	13,10	13,50	<u>13,00</u>	13,70	13,30
AVOHAKKUUMETSİKÖT Clear cutting stands									
VT	81+	15,30	14,50	14,20	13,70	14,40	13,80	14,20	<u>13,70</u>
MT	81+	14,40	13,80	13,60	13,20	13,70	13,20	13,40	<u>13,00</u>
OMT	81+	13,40	13,00	12,90	12,60	12,90	12,50	12,50	<u>12,30</u>

MT = Myrtillus Type, OMT = Oxalis Myrtillus Type, VT = Vaccinium Type

E d e l l y t y k s e t

Hakkuu: kaato ja karsinta moottorisahalla
Metsäkuljetus: matka 150 m, II maastolk., tiheyslk. 1
Autokuljetus: matka 50 km
Kustannustaso: 1.1.1968, Etelä-Suomi

C o n d i t i o n s

Cutting: power saw felling and limbing
Forest haulage: distance 150 m, terrain class II, density
class 1
Truck haulage: distance 50 km
Wage level: Jan 1, 1968, S-Finland

loudellisin korjuumenetelmä, sillä runkojen tehdaskäsittely olisi vielä otettava huomioon kokonaiskustannuksia laskettaessa.

Kirjallisuutta
Bibliography

- Ahonen, Matti 1968. Apteeraus- ja karsintatavan vaikutus mäntysahapuun hakkuuseen. Ennakkotietoja. Moniste. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki.
- Bygren, Karl Gunnar 1967. Lastning av stammar på lastbil. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ekonomi nr 12/1967. Stockholm.
- Hedbring, O. - Åkesson, H. 1967. Analyser avseende framtida avverknings-system. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 1/1967. Stockholm.
- Kahala, Mikko 1966. Selvitys erilaisten hakkuumenetelmien käytöstä kuusi-paperipuun hankinnassa. Summary: Report on the Use of Different Methods for Logging Spruce Pulpwood. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 255. Helsinki.
- " - 1967. Selvitys erilaisten hakkuumenetelmien käytöstä kuusi-paperipuun hakkuussa II. Summary: Report on the Use of Different Methods for Logging Spruce Pulpwood II. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 267. Helsinki.
- Kahala, Mikko - Salminen, Jaakko 1968. Paperipuiden runkoina korjuu harvennusleimikoissa. Summary: Tree-Length Logging of Pulpwood in Thinnings. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 272. Helsinki.
- Linden, Per 1964. Lastbilslastning. Kompendium utgivet av Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stockholm.
- Nikunen, Aimo 1967. Autokohtaisen kahmainnosturin käytöstä puutavaran kuormauksessa. Summary: On the Use of Truck-Mounted Grab Crane for Loading Timber. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 263. Helsinki.
- Salminen, Jaakko 1965. Tukkien ja paperipuiden juontoa Massey-Ferguson Robur -metsätraktorilla. Summary: Skidding of Saw Logs and Pulpwood by a Massey-Ferguson Robur Forest Tractor. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 242. Helsinki.
- " - 1966, a. Tutkimuksia paperipuiden juonnosta Valmet Terra 465 -traktorilla Kaavilla. Summary: Studies on the Skidding of Pulpwood Logs by Valmet Terra 465 Tractor in Kaavi. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 259. Helsinki.

Salminen, Jaakko 1966, b. Vertailevia tutkimuksia 2 m:n paperipuiden ja paperipuurankeiden juonnosta Keuruulla. Summary: Comparative Studies on the Skidding of 2-m Pulpwood and Pulpwood Long Logs in Keuruu. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 260. Helsinki.

Silander, Soini 1965. Tutkimuksia pinotavaran palstalta ajosta kourakuormaajalla varustetuilla traktoreilla. Metsähallinnon hankintateknillinen toimisto. Tutkimusselostus 69. Hirvas.

Skaar, Reidar 1967. Forløpige resultater fra forsøkene med biltransport av hele stammer. Særtrykk fra Norsk Skogbruk nr. 23/24 1967. Oslo.

Muut lähteet - Other sources

Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Traktorikuljetuksen tuotostaulukot. Hakkuun perustutkimus. Metsäteho. Alustavat tiedot. Moniste. Metsätyöpalkkojen taulukot. Palkkausalue 4. 1967-68.

The Effect of Log Length and Limbing Quality
=====

on Logging Costs
=====

By Unto Väisänen

SUMMARY

Using Metsäteho studies and information obtained from the literature, the object of this study was to establish the effect of the length of timber and quality of limbing on logging costs. The material comprised nine pulpwood assortments and three sawlog assortments (Fig. 1, p. 6). The pulpwood calculations were restricted to spruce, but for sawlog stems both spruce and pine logging were taken into consideration. It was assumed that all the work phases were carried out by the types of machines in use today.

The continuing development of equipment and methods causes changes in output and costs, and hence the figures presented here must be regarded as indicative. All the calculations refer to average conditions and, in some extreme cases, especially easy or difficult terrain, the relations between the different methods may differ considerably from the figures stated.

The logging system sequence comprised cutting, forest haulage and road transport by truck. In a comparison between assortments, measuring, work supervision and mill handling costs at least should be taken into consideration in addition to the work phases mentioned, but for lack of the necessary information it was impossible to include these factors in the calculations.

The cutting outputs were calculated from Metsäteho's cutting studies. The basis applied in the calculation of cutting costs was the tariff of the wage tables for the preparation of 2-m spruce pulpwood. The costs of the other assortments were calculated with the help of time-input ratios. In addition to wage rates, the costs include social contributions by the employer. The outputs correspond to the performance of a professional woodworker and the costs to the wage level in southern Finland in the first half of 1968.

It was assumed that only forest tractors proper were used for forest haulage. The transport costs were calculated per forwarders in such a way that the transport costs for 2-m pulpwood accorded with the standard rates applied by employers. The costs for the other assortments were calculated in agreement with the same cost bases, but the values of studies were taken as time inputs. The same load size for forwarders was assumed for all assortments because load weight is generally a limiting factor in forest haulage. The tractor driving speed was also assumed to be independent of log length and limbing quality.

The transport costs for tree-lengths were calculated from the standard rates for tree-length skidding applied by the employers for the same conditions as forwarders.

A two-axle truck with a 1-axle semi-trailer was used for road transportation. Loading was done by a separate loader. The use of a truck-mounted grapple loader could be difficult for loading certain assortments because of the limited radius of the boom. The transport cost calculations were based on time studies and the standard rates for truck transport. The load size was assumed to be the same for all assortments except for tree-lengths (maximum length 16 m) for which the load size was reduced by 10 per cent. The reduction is on the conservative side.

Results

Cutting. The labour-input into the preparation of pulpwood-sized and sawlog-sized stems is given in Tables 1 and 2 (p. 8 and 9), and the corresponding costs in Figs. 2 and 3 (p. 10 and 11). The best method for standard length pulpwood was the preparation of 3-m pulpwood. Four-metre pulpwood was slightly more expensive and 2-m pulpwood was the most expensive. The preparation of c. 3-m pulpwood bucked by eye was more economical than these three. Preparation of pulpwood of random length, 3...6-m, was still cheaper. Most economical of all was the cutting of tree-lengths. When poorly limbed the order of these pulpwood assortments was the same as when well-limbed, but the costs were considerably lower. The most economic method of cutting large trees of sawlog size was the one in which the sawlog part was separated from the pulpwood part by eye at the landing, but the logs were not bucked.

Forest haulage. Four-metre pulpwood is the cheapest assortment in forest haulage (Fig. 4, p. 14). 3...6-m pulpwood of random length is more expensive than shorter pulpwood because it is loaded from scattered piles, whereas shorter pulpwood is collected alongside the strip road. Tree-length skidding of small stems is considerably more expensive than forwarding short pulpwood bolts, but for large sawlog-sized stems it is cheaper than the haulage of bucked sawlogs.

Truck transport. The differences between the transport costs for shortwood assortments are small in truck transport (Fig. 5, p. 16). It is more expensive to truck tree-lengths than shortwood, for the load is smaller and, for small stems, loading is slower. The longer the trucking distance, the more uneconomic is the truck haulage of tree-lengths.

Total costs. The labour-input into cutting, forest haulage and truck transport and the total costs are given in Tables 3 and 5 (p. 19 and 22) and in Fig. 6 (p. 21) for stems of pulpwood size. Three-metre pulpwood is definitely the most economic size for logging pulpwood of standard lengths. Logging of c. 3-m pulpwood bucked by the eye is more profitable than logging standard-length assortments and, because of forest haulage, more profitable than logging 3...6-m pulpwood of random length. Tree-length logging is cheaper than shortwood systems only for the largest pulpwood trees. Poorly limbed, the order of costs of these assortments is roughly the same as well-limbed, though poorly limbed 3...6-m pulpwood of random length is cheaper for larger stems than c. 3-m long corresponding pulpwood.

The best method for harvesting sawlog-sized trees is the one in which the pulpwood part of the stem is separated by eye from the sawlog part of the stem at the landing (Table 4, p. 20 and Fig. 7, p. 23). Tree-length skidding and bucking of sawlogs at the landing is cheaper than bucking sawlogs at the stump and forest hauling the bucked sawlogs. The latter method would arise chiefly in thinnings when tree-length skidding is not desirable in order to protect the residual stand.

The foregoing comparisons were made for a truck transport distance of 50 km. If the distance is shorter, the advantage of tree-length logging over the shortwood methods increases and if longer it decreases.

Stem distributions were collected for some typical stands for the study (Table 6, p. 27). The logging costs for the type stands in the harvesting of different assortments were calculated with the help of these distributions. According to the calculation (Table 7, p. 29), it is most advantageous in thinnings to harvest poorly limbed, c. 3-m pulpwood and to buck the sawlogs at the stump. In clear cuttings the tree-length system is the most economical.

