

10/1977

KIVENNÄISMAIDEN
KANTOJEN KORJUUN TALOUDELLISUUS

Airi Eskelinen
Markku Melkko
Heikki Vesikallio

METSÄTEHON



SELOSTE



Opastinsilta 8 B · 00520 HELSINKI 52

Puhelin 90-140011

SELOSTE

10/1977

10/1977

KIVENNÄISMAIDEN

KANTOJEN KORJUUN TALOUDELLISUUS

Airi Eskelinen

Markku Melkko

Heikki Vesikallio

Sisällys

	Sivu
TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	3
1.1 Tutkimuksen tarkoitus	3
1.2 Keskeiset käsitteet ja muuntoluvut	3
2 KANTORAACA-AINEEN MÄÄRÄ, LASKENTAVAIHTOEHDOT JA KORJUUOLOSUHTEET	4
2.1 Korjattavissa olevan kantoraaca-aineen määrä	4
2.2 Korjattavissa olevan kantoraaca-aineen määrän jakautuminen eri leimikkotyyppeihin ja korjuuteknisiin leimikkoluokkiin	5
2.3 Laskentavaihtoehdot ja niiden keskimääräiset korjuuolosuhteet	7
3 KORJUUKETJUT SEKÄ TUOTOS- JA KUSTANNUSPERUSTEET	10
3.1 Korjuuketjut	10
3.2 Eri työvaiheiden tuotokset	10
3.3 Käyttötuntikustannukset	14
3.4 Kaukokuljetuskustannukset	15
3.5 Korjuun ja kaukokuljetuksen yleiskustannukset ...	16
3.6 Tehdaskäsittelyn kustannukset	16
4 KANTORAACA-AINEEN KORJUUKUSTANNUKSET	17
5 KANTORAACA-AINEEN HANKINNAN KOKONAISKUSTANNUKSET JA RESURSSIEN TARVE	20
6 PÄÄTELMÄT	23
7 KIRJALLISUUTTA	26

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mikä kantoraaka-aineen korjuuketju on nykyisessä kehitysvaiheessa taloudellisin sekä millä kustannuksilla erisuuruisia määriä kantoraaka-ainetta voidaan hankkia kivennäismailta tehtaille taloudellisinta korjuuketjua käytettäessä.

Korjuukohteita valittaessa on edullisinta rajoittaa korjuu tukkipuuvaltai-siin avohakkuuleimikoihin, jotka ovat maastoltaan metsäkuljetuksen ohje-maksujen maastoluokkia 1 ja 2, ja korjata niistä läpimitaltaan yli 20 cm:n kannot. Kustannuksiltaan edullisimmaksi osoittautui korjuuketju, jossa kannot nostetaan kaivinkoneeseen asennetulla nostokoukulla ja paloittelaa traktorikaivuriin asennetulla paloittelijalla ja jossa palat kuljetetaan keskikokoisella kuormatraktorilla välivarastolle.

Kantojen korjuukustannuksiksi edellä mainituissa olosuhteissa tuli edulli-sinta korjuuketjua käytettäessä 115,00 mk kuorellista kiintokuutiometriä kohti yleiskustannukset mukaan luettuina.

Kantojen korjuun työvoimantarve on noin 1.3-kertainen runkopuun korjuun ja noin kaksinkertainen kokopuuna korjuun nykyiseen keskimääräiseen työ-voimantarpeeseen verrattuna.

Kantojen korjuun investointitarve on 2...2.5-kertainen nykyisiin runkopuun ja kokopuuhakkeen korjuun edellyttämiin investointeihin verrattuna.

Kantojen korjuun taloudellisuuden tarkastelussa raaka-aineen käyttäjäksi oletettiin massateollisuus. Korjuun, kaukokuljetuksen ja tehdaskäsittelyn kokonaiskustannuksiksi tuli 194...174 mk talteen saatua murskekiintokuu-tiometriä kohti, kun kantojen korjuumäärä on 50 000...300 000 m³ vuodessa.

Kokonaiskustannukset ovat ilman kantohintaa likimäärin samansuuruiset kuin mäntykuitupuusta valmistetun kuorettoman hakkeen nykyiset kustannuk-set. Koska kantomurskeen käyttöarvo on useimpien tuotteiden valmistuksessa jonkin verran kuorettoman mäntykuitupuuhakkeen käyttöarvoa pienempi, ei kantojen korjuu ole vielä taloudellista.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tarkoitus

Metsätehossa on viime vuosina kehitetty laskentamenetelmiä, joiden avulla eri puuraaka-aineiden hankintakustannuksista voidaan tehdä kokonaisvaltaisia laskelmia siten, että myös tehtaalla ennen varsinaista valmistusprosessia syntyvät kustannukset tulevat huomioon otetuiksi. Tällaisia laskelmia tarvitaan mm. arvioitaessa, mitä puuraaka-ainelajeja eri tuotteiden valmistamiseen on taloudellisinta käyttää.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, mikä kantojen korjuuketju on nykyisessä kehitysvaiheessa taloudellisin ja millä kustannuksilla erisuuruisia määriä kivennäismaiden kanto- ja juuripuuta voidaan hankkia tehtaille taloudellisinta korjuuketjua käytettäessä. Laskelmia varten kehitetään atk-sovelteinen laskentamenetelmä, jonka lähtöarvoina voidaan käyttää yrityskohtaisia kustannusperusteita.

Eräät kantojen korjuuvaiheet ovat tekniikaltaan vielä suhteellisen kehittymättömiä ja kalliita. Laskentamalli on suunniteltu sellaiseksi, että korjuun eri osavaiheille on mahdollista määrittää kustannustavoitteita, jotka uusien teknisten ratkaisujen olisi saavutettava ollakseen taloudellisesti kilpailukykyisiä.

1.2 Keskeiset käsitteet ja muuntoluvut

Kanto- ja juuripuulla tarkoitetaan juurakon puuainesta kuorineen siltä osin, kuin sen läpimitta juuren paksuimmalta puolelta täyttää 5 cm. Tässä tutkimuksessa kanto- ja juuripuusta käytetään lyhyempää termiä kantopuu.

Kantopala on juurakoista paloittelemalla tehty puutavaralaji, joka sisältää juuripuun kuorineen 5 cm:n läpimittaan saakka.

Kantojen korjuukustannukset sisältävät noston, paloittelun ja metsäkuljetuksen välittömät kustannukset sekä yleiskustannukset.

Kantoraaka-aineen tehdashinta sisältää korjuukustannusten lisäksi kaukokuljetuksen välittömät kustannukset.

Kantoraaka-aineen hankinnan kokonaiskustannuksia laskettaessa tehdashintaan on lisätty tehdaskäsittelyn kustannukset sekä tehdaskäsittelyn yhteydessä syntyvän puuraaka-ainehäviön aiheuttamat kustannukset. Kokonaiskustannuksista päästään puuraaka-ainekustannuksiin, kun laskelmissa otetaan vielä huomioon raaka-aineen suhteellinen käyttöarvo ko. jalostusprosessissa. Tässä tutkimuksessa kantoraaka-aineen käyttäjäksi on oletettu massateollisuus.

Korjuu- ja kaukokuljetuskustannukset sekä raaka-aineen tehdashinta on laskettu kuorellista kiintokuutiometriä, myöhemmin tekstissä kanto- m^3 :ä kohti. Kantoraaka-aineen hankinnan kokonaiskustannukset on laskettu talteen saatua murskattua kiintokuutiometriä, myöhemmin tekstissä murske- m^3 :ä kohti.

Laskelmien muuntokertoimena on käytetty 0.3:a, kun paloitetujen kantojen irtotilavuus on muunnettu kiintotilavuudeksi. Kokonaisilla kannoilla vastaavana muuntokertoimena on käytetty 0.1:tä.

2 KANTORAACA-AINEEN MÄÄRÄ, LASKENTAVAIHTOEHDOT JA KORJUULOLOSUHTEET

2.1 Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrä

Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrää selvittävä laskelma koskee yhtä tehdasta, jonka oletetaan sijaitsevan Itä-Suomen Puuyhtymän toimialueella. Eri hankintaetäisyyksiltä korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrä on laskettu seuraavasti.

- Kantopuun osuus on männyllä 21 % ja kuusella 24 % runkopuun hakkuusuunnitteen määrästä. Runkopuun hakkuusuunnitteena on käytetty 4.9 m^3 :ä vuodessa kasvullisen metsämaan hehtaaria kohti.
- Kantopuun korjuu rajoittuu vain avohakkuualueille. Avohakkuuiden osuudeksi on laskettu 45 % koko korjuumäärästä.
- Korjuukohteiksi on hyväksytty vain sellaiset leimikot, joiden maasto-olosuhteet täyttävät hakkuun ja metsäkuljetuksen ohjemaksujen maastoluokkien 1...3 vaatimukset. Maastoluokan 4 osuudeksi koko korjuumäärästä on oletettu 4 %.

Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrä on edellä mainituilla perusteilla keskimäärin 0.52 m^3 kasvullisen metsämaan hehtaaria kohti vuodessa.

Kantoraaka-aineen hankintakustannuksia koskevat laskelmat tehdään alueelle, joka ulottuu 150 km:n päähän esimerkiksi valitulta tehtaalta. Kasvullisen metsämaan osuudeksi laskenta-alueen kokonaispinta-alasta oletetaan 76 % ja osuuden oletetaan jakautuvan tasaisesti koko laskenta-alueelle.

2.2 Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrän jakautuminen eri leimikkotyyppeihin ja korjuuteknisiin leimikkoluokkiin

Leimikon runkopuuosuuden järeiden runkolajien määrän perusteella leimikot on jaettu tukkipuuvaltaisiin, keskijäreisiin ja kuitupuuvaltaisiin leimikoihin.

Leimikkotyyppi	Järeiden (yli 0.200 m^3 :n runkojen) runkolajien osuus, % leimikon hakkuumäärästä
Tukkipuuvaltainen	75.1...100.0
Keskijäreä	30.1... 75.0
Kuitupuuvaltainen	0.0... 30.0

PMP-leimikoiden korjuuteknisten olosuhdetietojen perusteella korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrän on laskettu jakautuvan eri leimikkotyyppeihin laskenta-alueella seuraavasti.

Leimikkotyyppi	Osuus, % korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrästä
Tukkipuuvaltainen	60
Keskijäreä	37
Kuitupuuvaltainen	3
	100

Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrä on jaettu leimikkotyypeittäin edelleen korjuuteknisiin leimikkoluokkiin leimikon koon, pääpuulajin, maa-lajin, leimikon tiheyden, maasto-olosuhteiden sekä metsäkuljetusmatkan pituuden mukaan.

Eri leimikkotyypeissä kantojen korjuumäärä jakautuu kantoläpimitan mukaan taulukon 1 mukaisesti. Perusteina on käytetty PMP-leimikoiden korjuuteknisiä olosuhdetietoja vuodelta 1976. Kantoläpimitat on laskettu rinnankorkeusläpimitan perusteella LAASASENAHON (1975) tutkimuksessa esitettyjen perusteiden mukaan.

Taulukko 1 Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrän jakautuminen kantojen koon mukaan eri leimikkotyypeissä

Kannon läpimita, cm	Leimikkotyyppi		
	Tukkipuuvaltainen	Keskijäreä	Kuitupuuvaltainen
	Osuus, % kantojen kuutiomäärästä		
< 20.0	6	17	45
20.0...29.9	20	38	42
30.0...39.9	41	31	10
≥ 40.0	33	14	3

Taulukko 2 Korjattavissa olevan kantoraaka-aineen määrän jakautuminen korjuuteknisiin leimikkoluokkiin tukkipuuvaltaisissa avohakkuuleimikoissa

Olosuhdetekijä	Käytetty luokitus	Osuus, % kantojen kuutiomäärästä
Leimikon koko	≤ 500 kanto-m ³	43
	> 500 -"-	57
Leimikon tiheys	≤ 300 kantoa/ha	10
	> 300 -"-	90
Metsäkuljetuksen maastoluokka	1	41
	2	47
	3	12
Metsäkuljetusmatka	≤ 300 m	55
	> 300 "	45
Maalaji	moreeni	85
	hiekkä	10
	savi ja hiesu	5
Pääpuulaji	mänty	45
	kuusi	55

Tukkipuuvaltaiset avohakkuuleimikot ovat kantojen korjuun kannalta keskeisin leimikkotyyppi. Kantojen korjuumäärän jakautuminen muiden olosuhdetekijöiden mukaan on esitetty tämän leimikkotyypin osalta taulukossa 2 (s.6). Perusteina on käytetty PMP-leimikoiden korjuuteknisiä olosuhdetietoja sekä Itä-Suomen Puuyhtymän alueelle laadittua hakkuusuunnitetta. Korjuumäärän jakautuminen maalajin mukaan on määritetty AALTOSEN (1950) tutkimuksen ja Geologiselta tutkimuslaitokselta saatujen tilastotietojen perusteella.

2.3 Laskentavaihtoehdot ja niiden keskimääräiset korjuuolosuhteet

Kantojen korjuuta koskevia laskelmia tehdään neljässä vaihtoehdoisessa korjuuolosuhdetilanteessa. Laskentavaihtoehtojen keskimääräiset korjuuolosuhteet laskenta-alueella on esitetty taulukossa 3. Ensimmäisen vaihto-

Taulukko 3 Kantojen keskimääräiset korjuuolosuhteet eri laskentavaihtoehdoissa

Olosuhdetekijä	Laskentavaihtoehto ^{x)}			
	1	2	3	4
	Keskim. korjuuolosuhteet			
Leimikon koko, kanto-m ³	200	190	205	160
Leimikon tiheys, kantoa/ha	500	288	285	170
Maastoluokka, % kantojen kuutiomäärästä				
1	41	41	47	47
2	47	47	53	53
3	12	12	0	0
Maalaji, % kantojen kuutiomäärästä				
moreeni	85	85	85	85
hiekkä	10	10	10	10
savi ja hiesu	5	5	5	5
Kantojen keskiläpimitta, cm	23	30	32	37
Metsäkuljetusmatka, m	300	300	300	300

x)

Laskentavaihtoehto:

1 = kaikki avohakkuuleimikot

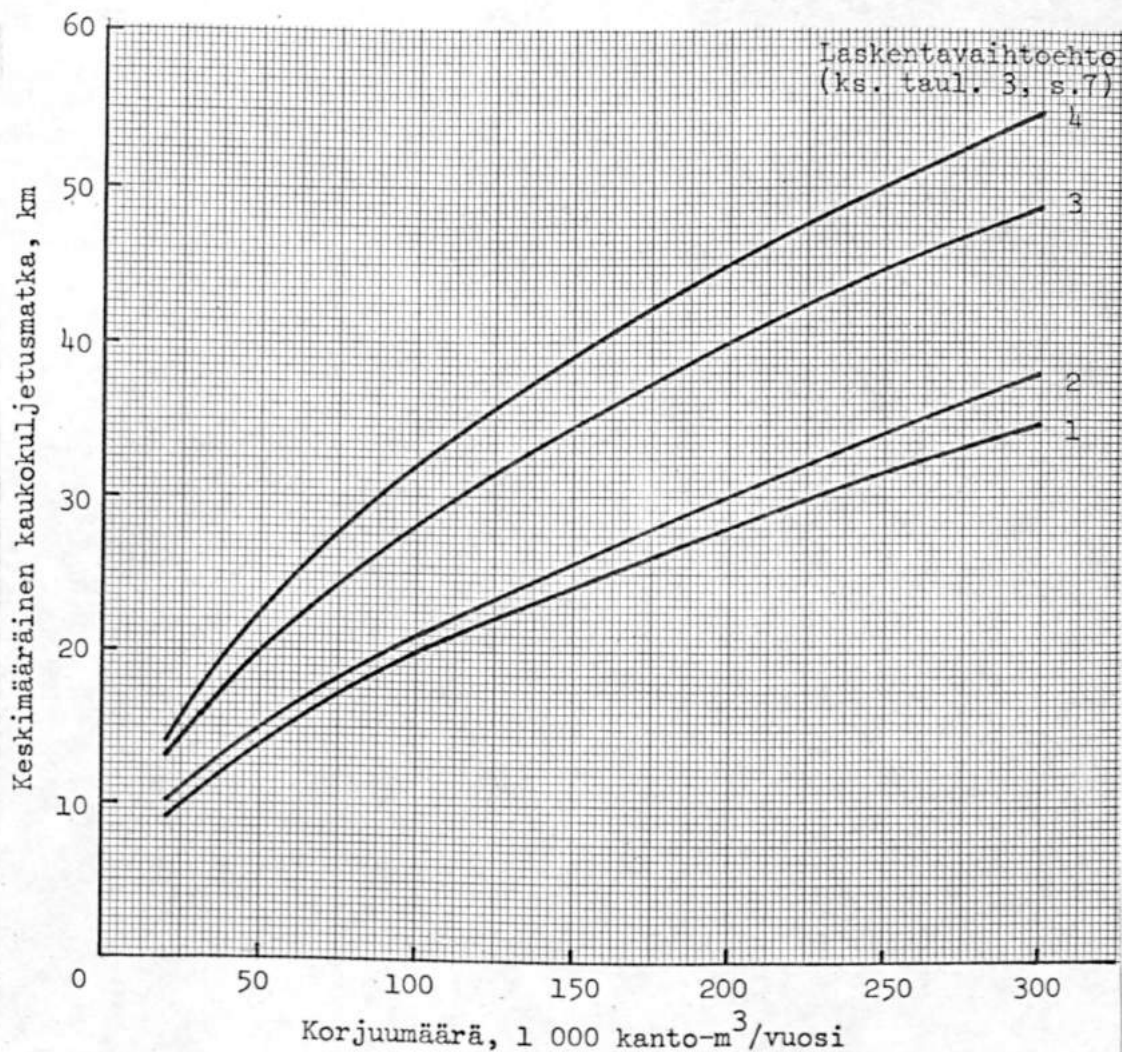
2 = kaikki avohakkuuleimikot, vain yli 20 cm:n kannot korjataan

3 = tukkipuuvaltaiset avohakkuuleimikot, joiden maasto on metsäkuljetuksen ohjemaksujen maastoluokkia 1 ja 2, yli 20 cm:n kannot korjataan

4 = tukkipuuvaltaiset avohakkuuleimikot, joiden maasto on metsäkuljetuksen ohjemaksujen maastoluokkia 1 ja 2, yli 30 cm:n kannot korjataan

ehdon leimikkoaineisto sisältää kaikki avohakkuuleimikot. Toisessa vaihtoehdossa korjuukohteet on valikoitu siten, että leimikkoaineistosta on poistettu kaikki läpimitaltaan alle 20 cm:n kannot. Vaihtoehdossa 3 leimikkoaineistosta on edelleen poistettu kaikki kuitupuuvaltaiset ja keskijäreät avohakkuuleimikot sekä maastoluokan 3 maasto-olosuhteet. Vaihtoehdossa 4 leimikkoaineistosta on edellisten lisäksi poistettu vielä kaikki läpimitaltaan alle 30 cm:n kannot.

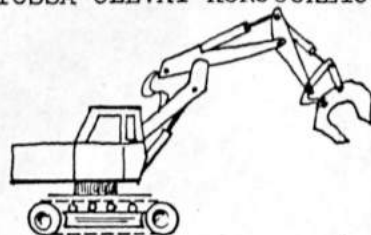
Kun korjuuolosuhteita parannetaan leimikoita valikoimalla, pidennetään samalla kaukokuljetusmatkaa, jos korjuumäärä pidetään samana. Keskimääräinen kaukokuljetusmatka eri laskentavaihtoehdoissa on esitetty vuotuisen korjuumäärän mukaan kuvassa 1.



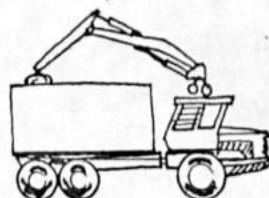
Kuva 1. Keskimääräinen kaukokuljetusmatka eri laskentavaihtoehdoissa vuotuisen korjuumäärän mukaan

A. KÄYTÖSSÄ OLEVAT KORJUUKETJUT

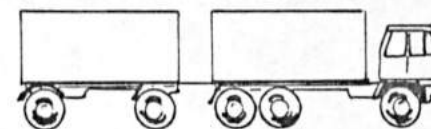
Ketju 1



Nosto + paloittelu + kasaus



Metsäkuljetus



Kaukokuljetus

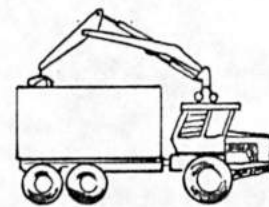
Ketju 2



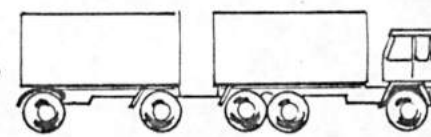
Nosto (+ kasaus)



Paloittelu (+ kasaus)



Metsäkuljetus



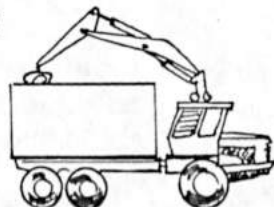
Kaukokuljetus

B. LASKENNALLISET KORJUUKETJUT

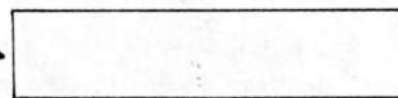
Ketju 3



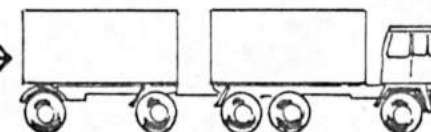
Nosto



Metsäkuljetus

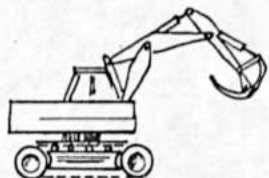


Paloittelu välivarastolla

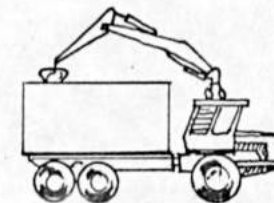


Kaukokuljetus

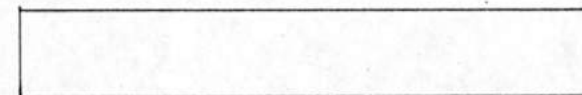
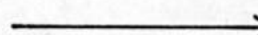
Ketju 4



Nosto



Metsäkuljetus



Kaukokuljetus kokonaisina kantoina

Kuva 2. Kantojen korjuuketjut

3 KORJUUKETJUT SEKÄ TUOTOS- JA KUSTANNUSPERUSTEET

3.1 Korjuuketjut

Nykytekniikalla kantoraaka-aineen korjuussa tulee kysymykseen lähinnä kaksi korjuuketjua. Ne on esitetty kuvassa 2 (s. 9). Ensimmäisessä korjuuketjussa kannot nostetaan ja paloittelallaan sekä palat kasataan Pallarin kantoharvesterilla, jonka peruskoneena on 21 t:n painoinen RH 6 -kaivinkone. Kantopalat kuljetetaan metsästä keskikokoisella kuormatraktorilla, jonka kuormatila on noin 15 m^3 . Kantopalat kuormataan metsätraktorin kuormaimella, jonka kouraa on levennetty. Kuorma puretaan välivarastolle kippaamalla tai traktorin kuormaimella.

Kantopalojen kaukokuljetus suoritetaan täysperävaunullisella hakeautolla, jonka lavojen laidat on vahvistettu. Auton kuormatilan kokona on käytetty 80 m^3 :ä.

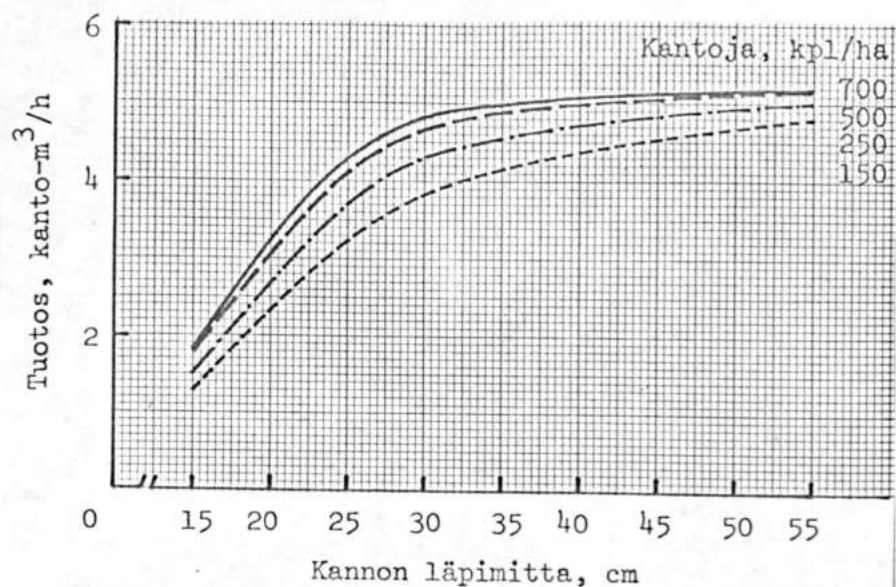
Toisessa korjuuketjussa kannot nostetaan 17 t:n painoisella RH 4 -kaivinkoneella, johon on asennettu kantokoukku. Kevyempää peruskonetta voidaan käyttää sen vuoksi, että kantokoukun paino on ainoastaan noin 180 kg. Pallarin kantoharvesterin paino on noin 850 kg. Kun kannot ovat kuivuneet riittävästi, ne paloittelallaan ja palat kasataan palstalle traktorikaivuriin asennetulla paloittelijalla.

Kantojen metsäkuljetus ja kaukokuljetus tehtaalle tapahtuu samalla kalustolla kuin korjuuketjussa 1.

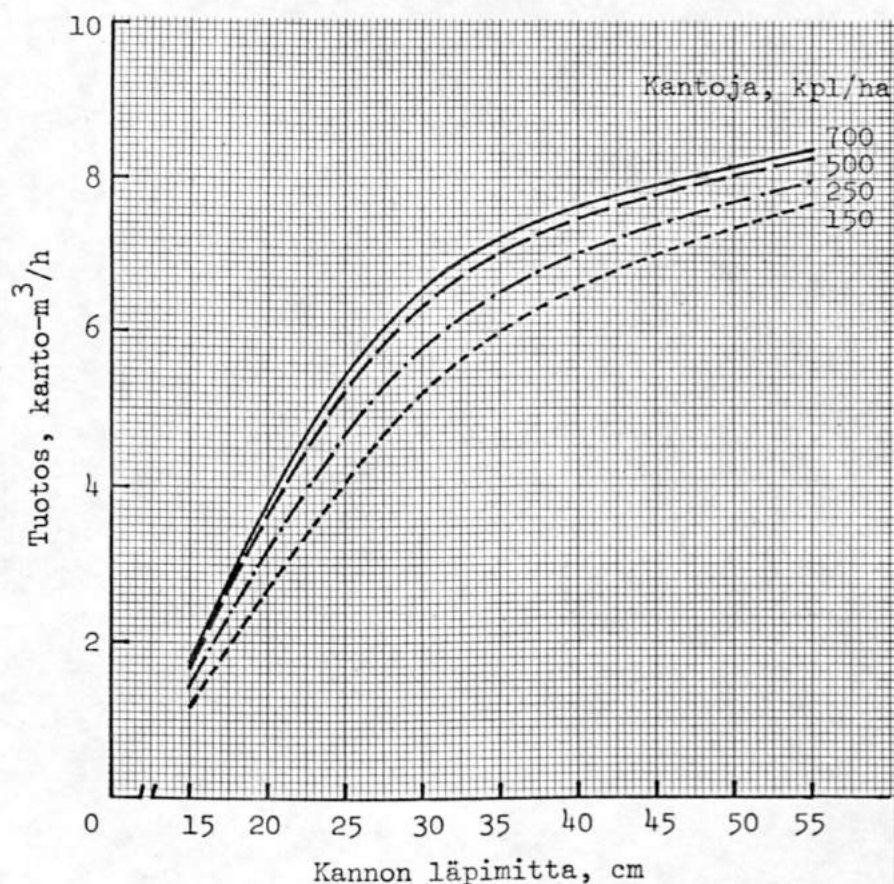
Tämän tutkimuksen laskelmat perustuvat edellä kuvattujen korjuuketjujen käyttöön. Kuvassa 2 on lisäksi esitetty kaksi muuta korjuuketjua, joiden eräille työvaiheille on laskettu kustannustavoitteita. "Laatikoilla" on merkitty niitä kehitettäviä työvaiheita, joille kustannustavoitteet on laskettu. Uusien koneiden ja menetelmien olisi saavutettava laskettu kustannustaso, jotta ne olisivat kilpailukykyisiä.

3.2 Eri työvaiheiden tuotokset

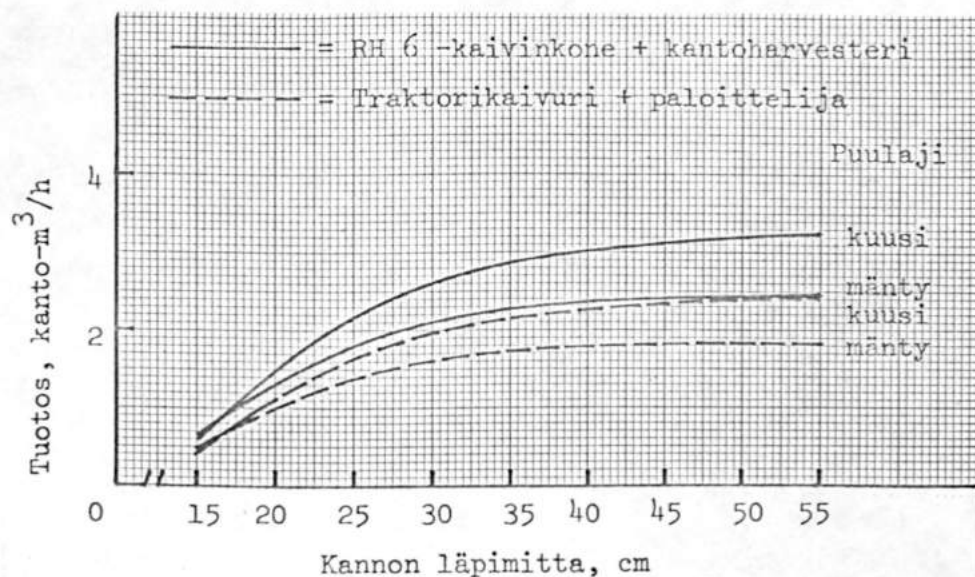
Eri työvaiheiden tuotosperusteet on määritetty pääasiassa kantojen korjuusta käytettävissä olevien tutkimustietojen perusteella. Laskelmia ei



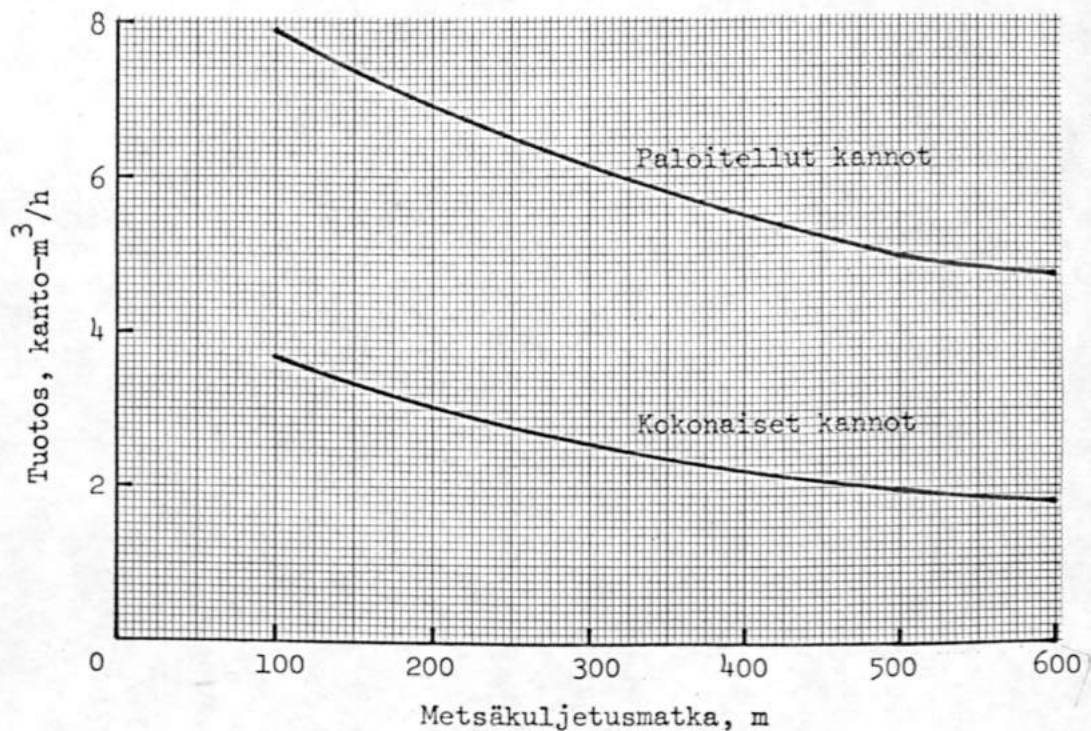
Kuva 3. RH 6 -kaivinkoneen + kantoharvesterin ja RH 4 -kaivinkoneen + kantokoukun tuotos kantojen nostossa kannon läpimitan mukaan. Puulaji mänty, maastoluokka 1...2, maalaji moreeni



Kuva 4. RH 6 -kaivinkoneen + kantoharvesterin ja RH 4 -kaivinkoneen + kantokoukun tuotos kantojen nostossa kannon läpimitan mukaan. Puulaji kuusi, maastoluokka 1...2, maalaji moreeni



Kuva 5. RH 6 -kaivinkoneen + kantoharvesterin ja traktorikaivurin + paloittelijan tuotokset kantojen paloittelussa kannon läpimitan mukaan



Kuva 6. Metsäkuljetuksen tuotos metsäkuljetusmatkan pituuden mukaan. Maastoluokka 1...2, tiheys noin 32 kanto-m³/ha

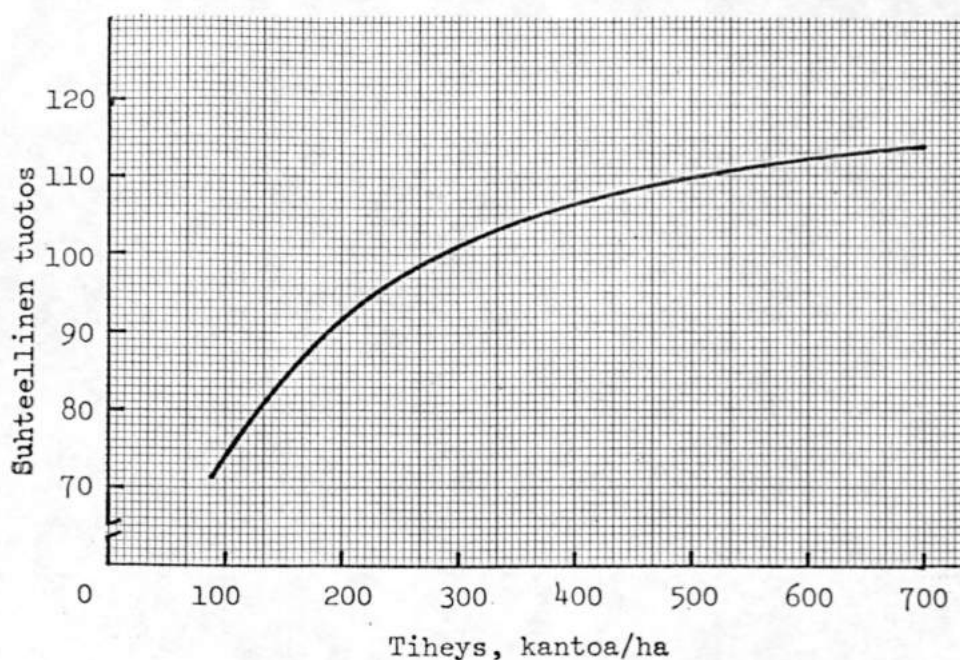
ole voitu juuri perustaa tuotostasonkaan osalta kokemustietojen varaan tietojen vähyden vuoksi. Kantojen korjuun palkkauksessa on lisäksi käytetty muusta korjuutyöstä poikkeavia maksuperusteita, mikä myös rajoittaa kokemustietojen vertailukelpoisuutta kustannuslaskelmien perusteena.

Korjuuketjuihin kuuluvien koneiden käyttötuntituotokset eri työvaiheissa on esitetty kuvissa 3...6 (s. 11 ja 12).

Noston tuotosta määritettäessä maastoluokaksi on oletettu metsäkuljetuksen ohjemaksujen luokat 1 ja 2 ja maalajiksi moreeni. Hiekkamailla tuotostaso on arvioitu 10 % suuremmaksi ja savi- sekä hiesumailla 20 % pienemmäksi. Maasto-olosuhteiden heikentymisen luokkaan 3 on arvioitu alentavan tuotostasoa 20 %.

Kuvassa 6 esitetty kantojen metsäkuljetuksen tuotos perustuu myös maastoluokkien 1 ja 2 olosuhteisiin. Maasto-olosuhteiden heikentymisen luokkaan 3 on arvioitu alentavan tuotostasoa 20 %.

Tiheyden vaikutus metsäkuljetuksen tuotokseen on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Tiheyden vaikutus metsäkuljetuksen tuotokseen. Maastoluokka 1...2, metsäkuljetusmatka 300 m

3.3 Käyttötuntikustannukset

Korjuuketjuihin kuuluvien koneiden käyttötuntikustannukset on esitetty taulukossa 4. Kustannukset on määritetty metsäkoneiden käyttötuntikustannusten laskentatapaa noudattaen.

Taulukko 4 Korjuuketjuihin kuuluvien koneiden käyttötuntikustannukset

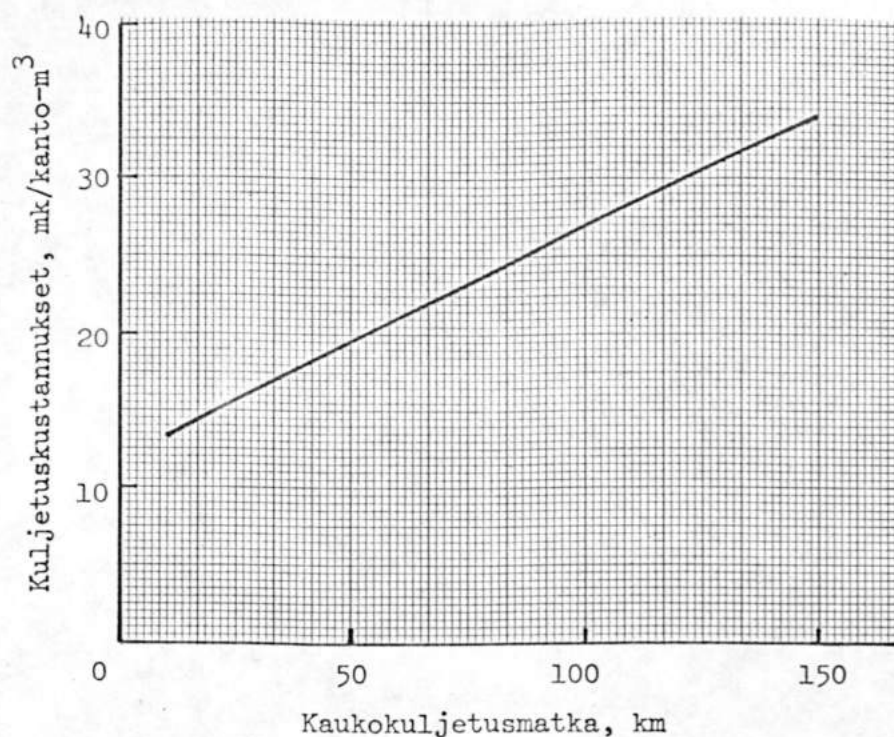
Kone	Käyttötunti- kustannukset, mk
RH 6 -kaivinkone + kantoharvesteri	150,00
RH 4 -kaivinkone + kantokoukku	120,00
Traktorikaivuri + paloitteliija	110,00
Keskikokoinen kuormatraktori + lava + levennetty koura	105,00

RH 6 ja RH 4 -kaivinkoneiden vuotuiseksi käyttötuntimääräksi on arvioitu 1 800 tuntia, traktorikaivurin samoin 1 800 tuntia ja kuormatraktorin 1 840 tuntia. Nostotyötä voidaan tehdä vain sulan maan aikana. Sama peruskone soveltuu myös paloitteluun, joka on mahdollista myös talvella. Pakkanen ja lumi estävät paloittelun ainoastaan noin 1...2 kuukauden aikana.

Kantopalojen metsäkuljetuksessa on käytetty apumiestä kokoamaan kasojen pohjalle jääneitä kantopaloja. Apumiehen kustannuksiksi sosiaalikustannukset mukaan luettuina on laskettu 20 mk/h.

Laskettaessa koneiden leimikolta toiselle siirtämisestä aiheutuvia kustannuksia keksimääräiseksi siirtämismatkaksi on arvioitu 30 km. Kuormatraktorin ja traktorikaivurin siirtämisajaksi on laskettu ajonopeuden perusteella 3 tuntia. Koneiden käyttötuntikustannuksista siirron osalle on laskettu muuttuvat kustannukset.

RH 6 ja RH 4 -kaivinkoneiden siirtoon käytetään kuljetuslavetilla varustettua kuorma-autoa. Yhden siirtokerran kustannuksiksi on laskettu 364 mk.



Kuva 8. Kantopalojen kaukokuljetuskustannukset kuljetusmatkan pituuden mukaan

3.4 Kaukokuljetuskustannukset

Ainoana kaukokuljetusmuotona laskelmissa on käytetty autokuljetusta. Kantopalat kuormataan erillisellä puutavarakuormajalla, jossa on työhön soveltuva koura. Kuormauskustannukset ovat mukana kuljetuskustannuksissa.

Kuljetuskustannuksia laskettaessa hyötykuorman maksimikooksi on arvioitu 25.3 kanto-m³. Hyötykuorman kokoa alentaa runkopuun kuljetukseen verrattuna kuorman alhainen tiheys. Mukana seuraa myös kiviä, hiekkaa, soraa ja muita epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet, joiden osuus on 8...12 % kuorman painosta, eivät kuitenkaan pienennä kuorman kokoa. Kuljetuskustannukset on laskettu autokuljetuksen ohjemaksujen laskentaperusteiden mukaan ja ne on esitetty kuvassa 8.

3.5 Korjuun ja kaukokuljetuksen yleiskustannukset

Kuitupuuraaka-aineen hankinnan yleiskustannukset ovat nykyisin noin 15 mk/m³. Ne jakautuvat puunhankinnan eri osavaiheiden kesken karkeasti siten, että ostoon liittyvien kustannusten osuus on 30 %, korjuun 50 % ja kaukokuljetuksen 20 %.

Kantojen korjuussa ja kaukokuljetuksessa suunnittelun ja valvonnan edellyttämän työpanoksen tarve on huomattavasti vähäisempi kuin runkopuun hankinnassa. Koska leimikoiden ostoon liittyvät kustannukset jäävät myös suurelta osin pois, kantojen korjuun ja kaukokuljetusten yleiskustannusten on arvioitu jäävän 7 mk:aan kanto-m³:ä kohti eli noin 50 %:iin runkopuun hankinnan yleiskustannuksista. Yleiskustannukset on laskelmissa sijoitettu kokonaisuudessaan korjuun osalle.

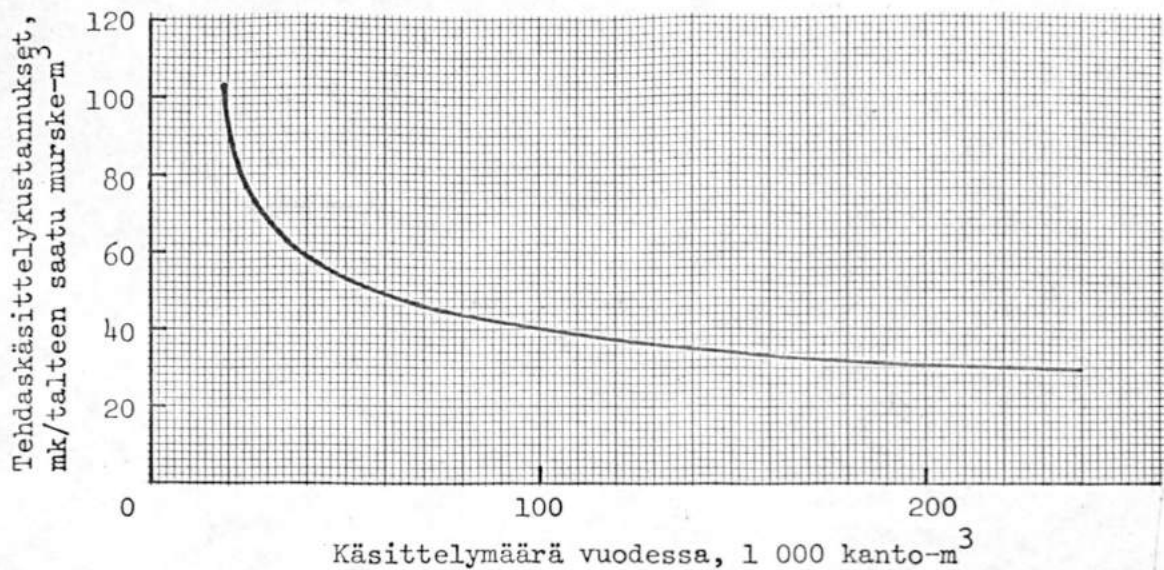
3.6 Tehdaskäsittelyn kustannukset

Perusteena on käytetty Joutseno Pulp Oy:n ja Konekemia Oy:n kehittämää kantojen käsittelymenetelmää. Kustannukset on arvioitu Konekemia Oy:ltä ja eräiltä Metsätehon jäsenyrityksiltä saatujen tietojen perusteella.

Yksilinjaisen kantolaitoksen kokonaisinvestoinnin kustannukset ovat 6...8 milj. mk laitoksen suunnittelu- ja alueen rakentamistyöt mukaan luettuina. Koneiden ja laitteiden taloudelliseksi käyttöajaksi on oletettu 5 v ja korkokannaksi 13 %. Rakennusten taloudellinen käyttöaika on 15...20 v. Yksilinjaisen kantolaitoksen kapasiteetti on jatkuvana 3-vuorotyönä noin 100 000 murske-m³ vuodessa. Jos pyritään suurempiin käsittelymääriin, laitos voidaan rakentaa useampilinjaiseksi.

Yksilinjaisen murkauslaitoksen muuttuviksi kustannuksiksi on laskettu 240 mk/käyttötunti. Kustannuksiin sisältyy kivien, hiekan ym. epäpuhtauksien poiskuljetus. Käyttötuntituotokseksi on arvioitu 12 murske-m³.

Murskauksen aiheuttama puuhäviö on vaihdellut 5 %:sta 9 %:iin koko raaka-ainemäärästä. Tässä selvityksessä puuhäviöksi on oletettu 7 % koko raaka-ainemäärästä.



Kuva 9. Kantoraaka-aineen tehdaskäsittelykustannukset

Mainituin perustein lasketut tehdaskäsittelykustannukset on esitetty kuvassa 9. Kustannukset vaihtelevat käsiteltävän kantoraaka-aineen kokonaismäärän mukaan 103 mk:sta 30 mk:aan talteen saatua murske-m³:ä kohti.

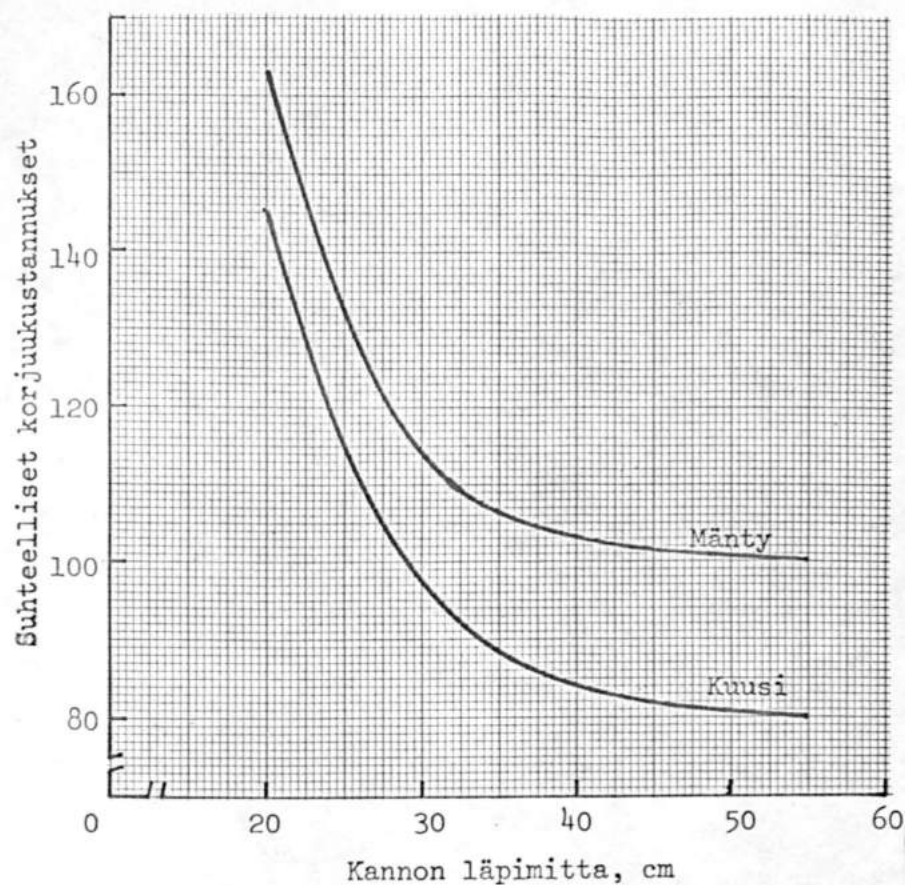
4 KANTORAACA-AINEEN KORJUUKUSTANNUKSET

Yksikkökustannukset muodostuivat edullisimmiksi laskentavaihtoehdon 3 olosuhteissa, joissa korjuu rajoitettiin tukkipuuvaltaisiin avohakkuuleimikoihin ja ainoastaan yli 20 cm:n kannot korjattiin maastoluokissa 1 ja 2.

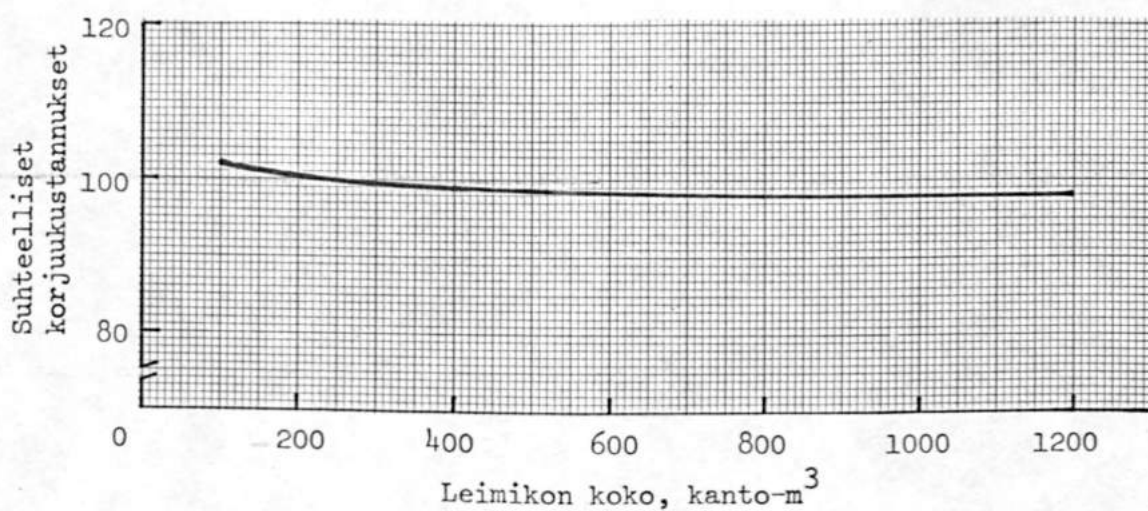
Edullisimmaksi korjuuvaihtoehdoksi osoittautui korjuuketju, jossa kannot nostetaan kaivinkoneeseen asennetulla nostokoukulla ja paloittellaan traktorikaivuriin asennetulla paloittelijalla. Laskentavaihtoehdon 3 olosuhteissa yksikkökustannukset olivat tätä korjuuketjua käytettäessä yleiskustannukset mukaan luettuina 115,00 mk/kanto-m³.

Jos kantojen nostossa ja paloittelussa käytetään raskaaseen kaivinkoneeseen asennettua kantoharvesteria, yksikkökustannukset nousevat 125,00 mk:aan kanto-m³:ä kohti.

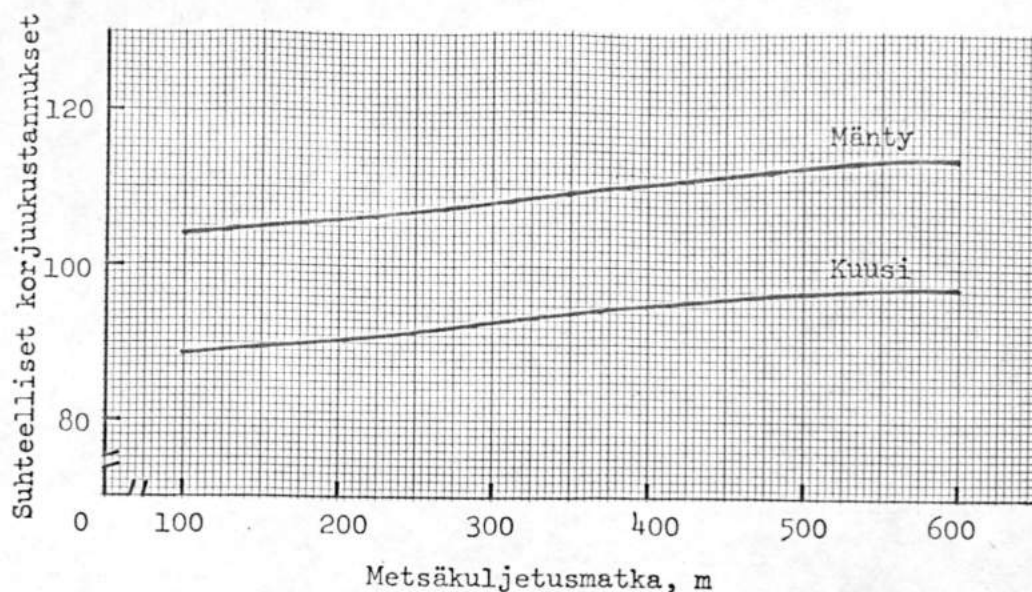
Muiden puuraaka-ainelajien korjuukustannuksiin verrattuina kantojen korjuukustannukset tulevat huomattavan suuriksi. Keskeisenä syynä on paloitt-



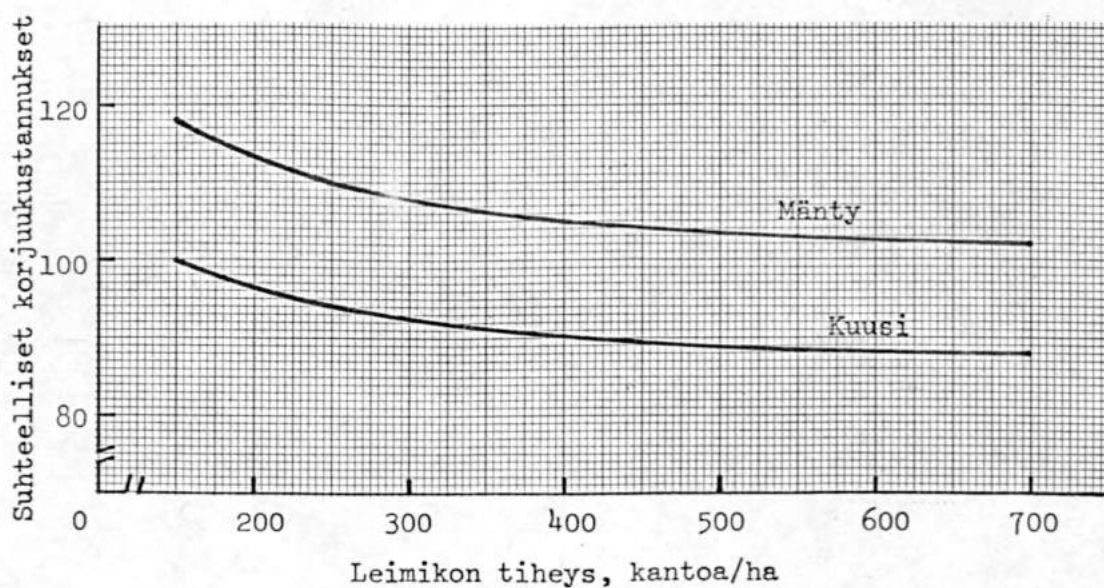
Kuva 10. Kannon läpimitan vaikutus kantojen korjuukustannuksiin. Laskentavaihtoehtoon 3 korjuuolosuhteissa $100 = 115 \text{ mk/kanto-m}^3$ (ks. taul. 3, s. 7)



Kuva 11. Leimikon koon vaikutus kantojen korjuukustannuksiin. Laskentavaihtoehtoon 3 korjuuolosuhteissa $100 = 115 \text{ mk/kanto-m}^3$ (ks. taul. 3, s. 7)



Kuva 12. Metsäkuljetusmatkan pituuden vaikutus kantojen korjuukustannuksiin. Laskentavaihtoehtoon 3 korjuuolosuhteissa $100 = 115 \text{ mk/kanto-m}^3$ (ks. taul. 3, s. 7)



Kuva 13. Leimikon tiheyden vaikutus kantojen korjuukustannuksiin. Laskentavaihtoehtoon 3 korjuuolosuhteissa $100 = 115 \text{ mk/kanto-m}^3$ (ks. taul. 3, s. 7)

telun alhainen tuotostaso, sillä tämän työvaiheen kustannukset ovat noin 57 % korjuun välittömistä kustannuksista edullisinta korjuuketjua käytettäessä.

Eri olosuhdetekijöiden vaikutusta koskevat laskelmat perustuvat yksikkökustannuksiltaan halvimman korjuuketjun käyttöön. Korjuukustannusten kannalta keskeisin olosuhdetekijä on kannon koko, jonka vaikutus kustannuksiin on esitetty kuvassa 10 (s. 18). Kustannukset alkavat nousta huomattavasti, kun kannon läpimitta jää 30 cm:ä pienemmäksi.

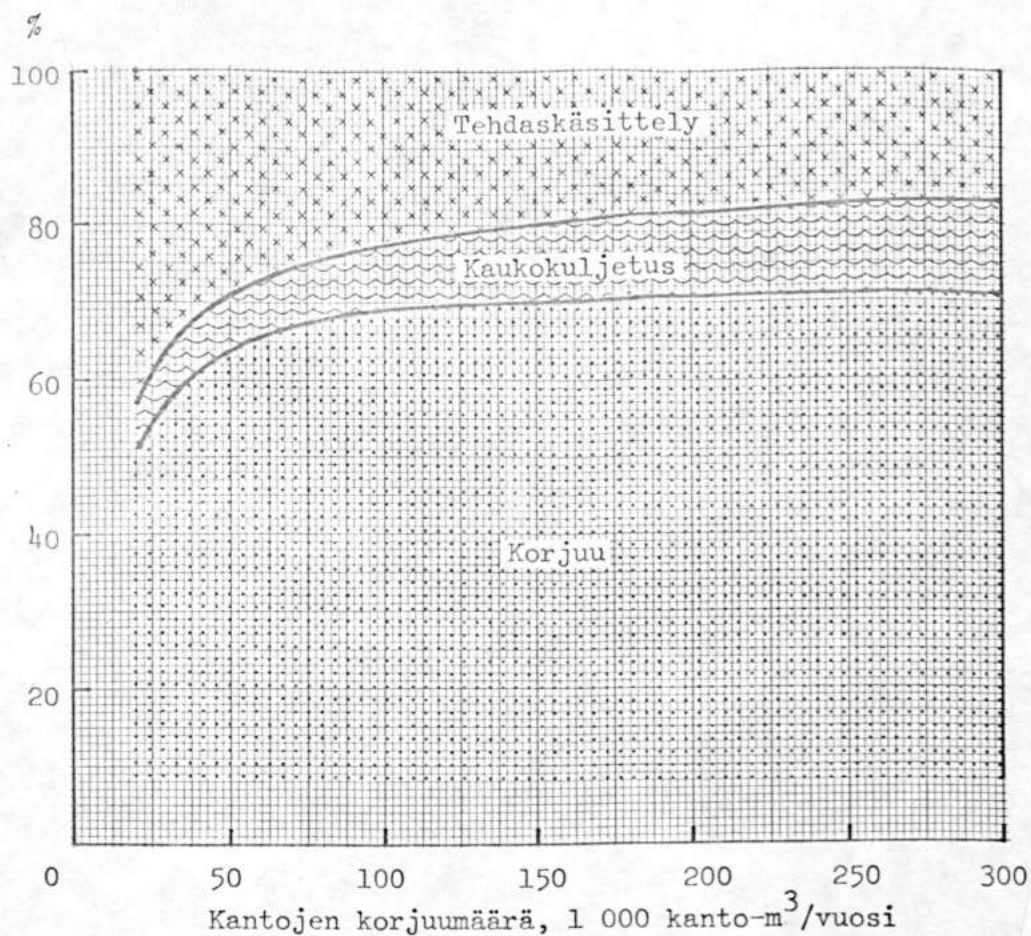
Leimikon koon vaikutus korjuukustannuksiin on esitetty kuvassa 11 (s. 18). Leimikon koosta riippumattomana kustannustekijänä laskelmissa on otettu huomioon koneiden siirtokustannukset leimikolta toiselle. Korjuukustannusten korkeasta tasosta johtuu, että siirtokustannuksilla ja leimikon koolla on vähäinen vaikutus yksikkökustannuksiin.

Metsäkuljetusmatkan pituuden ja leimikon tiheyden vaikutus korjuukustannuksiin on esitetty kuvissa 12 ja 13 (s. 19). Näidenkin olosuhdetekijöiden vaikutus korjuukustannuksiin on suhteellisen lievä. Käytännön olosuhteissa metsäkuljetusmatkan pituuden tai leimikon tiheyden muuttuminen vaikuttaa korjuukustannuksiin enintään noin ± 15 %.

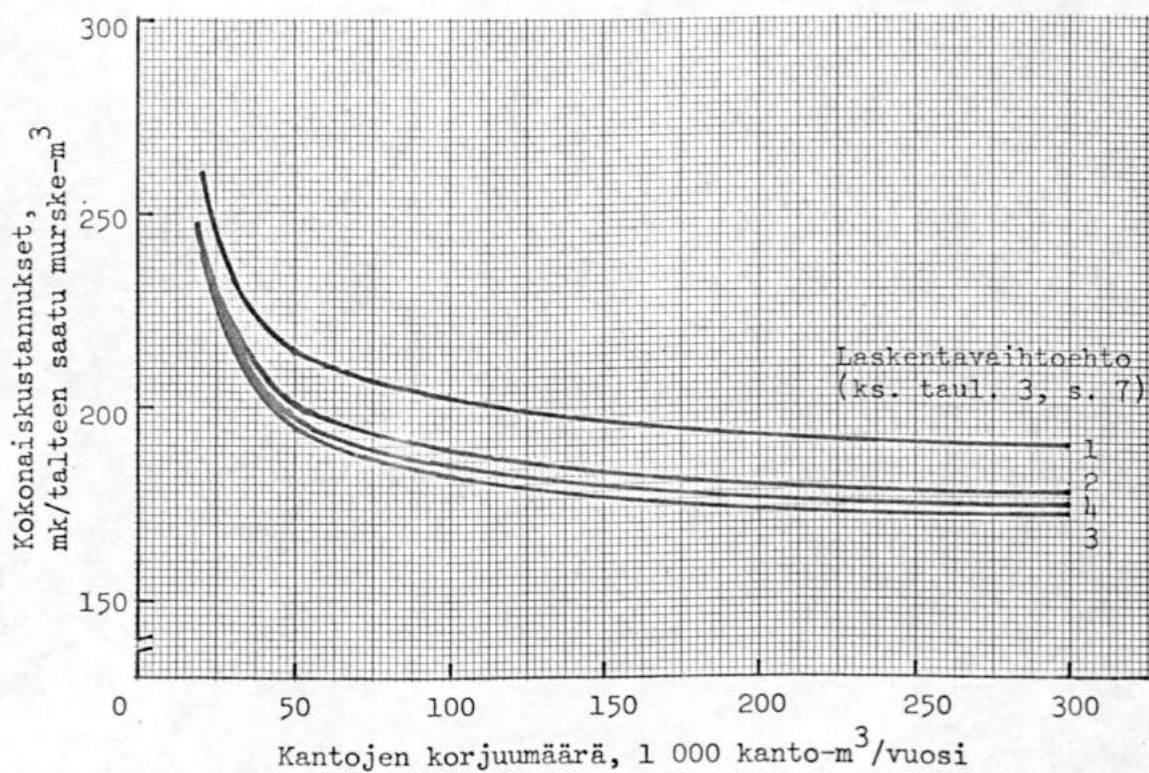
5 KANTORAACA-AINEEN HANKINNAN KOKONAISKUSTANNUKSET JA RESURSSIEN TARVE

Kantoraaka-aineen korjuun, kaukokuljetuksen ja tehdaskäsittelyn kokonaiskustannuksiksi ilman kantohintaa saatiin laskentavaihtoehdon 3 olosuhteissa 194...174 mk talteen saatua murske-m³:ä kohti, kun vuotuinen korjuumäärä on 50 000...300 000 kanto-m³. Kokonaiskustannusten rakennetta osoittavasta kuvasta 14 näkyy, että korjuukustannukset muodostavat kokonaiskustannuksista korjuumäärän mukaan 60...70 % eli selvän pääosan. Kaukokuljetuskustannusten osuus sen sijaan on niin pieni, ettei tämän työvaiheen huomattavallakaan tehostamisella ole mahdollista vaikuttaa olennaisella tavalla kokonaiskustannusten tasoon.

Kuvassa 15 on esitetty korjuuolosuhteiden ja korjuumäärän muutoksen vaikutus kokonaiskustannuksiin. Jos kantojen korjuu ulotetaan esimerkiksi kaik-



Kuva 14. Korjuun, kaukokuljetuksen ja tehdaskäsittelyn kustannusten osuus kantoraaka-aineen hankinnan kokonaiskustannuksista



Kuva 15. Korjuuolosuhteiden ja korjuumäärän vaikutus kantoraaka-aineen hankinnan kokonaiskustannuksiin

kiin avohakkuuleimikoihin eikä leimikoita valita millään tavoin korjuuolosuhteiden mukaan, kokonaiskustannukset nousevat noin 10 %. Korjuuolosuhteita ei kannata myöskään rajata niin, että vain yli 30 cm:n kannot korjataan. Muiden olosuhteiden huononeminen nostaa kokonaiskustannukset tässä vaihtoehdossa suuremmiksi kuin laskentavaihtoehdon 3 olosuhteissa.

Kantojen korjuun työvoiman ja koneiden tarve erisuuruisille korjuumäärille on esitetty halvimman korjuuketjun mukaan taulukossa 5. Investointitarvetta laskettaessa metsätraktorin hinnaksi on oletettu 420 000 mk, RH 4-kaivinkoneen ja kantokoukun hinnaksi 324 000 mk ja traktorikaivurin ja paloittelijan hinnaksi 207 000 mk.

Korjattua kanto- m^3 :ä kohti työvoiman tarve on 1.17 tuntia. Runkopuun korjuussa nykyinen työvoiman tarve on keskimäärin kaikissa hakkuutavoissa noin 0.90 tuntia korjattua m^3 :ä kohti eli selvästi pienempi. Ainoastaan ensiharvennushakkuissa työvoiman tarve on tavaralajimenetelmää käytettäessä suurempi kuin kantojen korjuussa. Kokopuuhakkeen korjuuseen verrattuna kantojen korjuun työvoiman tarve on noin kaksinkertainen.

Jos kantojen korjuukoneiden taloudelliseksi käyttöajaksi oletetaan 4 vuotta, korjuun investointitarve on noin 37 mk korjattua m^3 :ä kohti. Tämä on 2...2.5-kertainen runkopuun ja kokopuuhakkeen korjuun edellyttämiin investointeihin verrattuna.

Taulukko 5

Työvoiman ja koneiden tarve

Erittely	Kantojen korjuumäärä vuodessa, m^3				
	20 000	50 000	100 000	200 000	300 000
Kuormatraktori RH 4 -kaivinkone + kantokoukku Traktorikaivuri + paloittelija	Koneiden tarve, kpl				
	1.7	4.3	8.5	17.1	25.6
	2.4	6.0	12.0	24.0	36.0
	7.2	17.9	35.8	71.6	107.5
Kuljettajat Apumiehet	Työvoiman tarve, henkilöä				
	11.3	28.2	56.3	112.7	169.1
	1.7	4.3	8.5	17.1	25.6
Investointi, mk	2 982 000	7 455 000	14 869 000	29 779 000	44 669 000

6 PÄÄTELMÄT

Laskelmien perusteella näyttää siltä, että nykyisellä tekniikan ja kustannusten tasolla kivennäismaan kantojen korjuun, kaukokuljetuksen ja tehdaskäsittelyn kokonaiskustannukset ilman kantohintaa muodostuvat likimäärin samansuuruisiksi kuin kuorettoman mäntykuitupuuhakkeen kustannukset. Edellytyksenä kuitenkin on, että kantoja korjataan yli 50 000 m³ vuodessa.

Tärkein kantoraaka-aineen potentiaalinen käyttäjä on sulfaattimassateollisuus, jossa kantomurskeella voitaisiin korvata lähinnä mäntykuitupuuta. Kantomurskeen ja siitä valmistetun massan ominaisuudet kuorettomaan mäntykuitupuuhakkeeseen ja siitä valmistettuun massaan verrattuna ovat karkeasti seuraavat.

- Massasaanto on uuteaineiden määrän mukaan 4...12 % alhaisempi.
- Mäntykantomurskeen mäntyöljysaanto on mäntykuitupuuhakkeen mäntyöljysaantoon verrattuna noin kaksinkertainen. Mäntyöljyn nykyinen hinta on noin 70 % selluloosan hinnasta, eikä kantomurskeen suurempi mäntyöljysaanto täysin kompensoi alhaisempaa massasaantoa.
- Kantopuumassan veto- ja repäisylujuudet ovat noin 20 % heikompia.
- Kantopuumassan venymä on runkopuumassan venymää suurempi.

Kantomurskeesta valmistetun massan käyttötarkoitus eli valmistettavaan tuotteeseen kohdistuvat vaatimukset ratkaisevat kantomurskeen lopullisen käyttöarvon. Kantomurskeen käyttöarvo on kuitenkin yleensä 5...15 % mäntykuitupuuhakkeen käyttöarvoa alhaisempi. Näin ollen kantojen korjuu kivennäismailla ei vielä ole taloudellista, jos kantoja käytetään mäntykuitupuuta korvaavana raaka-aineena.

Muihin puuraaka-ainelajeihin verrattuna kivennäismaiden kantojen korjuun taloudellisuus on nykyisten kustannustietojen perusteella seuraava.

- Mekaanisen metsäteollisuuden jätettä, polttoturvesoiden liekopuu ja kuusikuitupuu ovat sulfaattimassateollisuudelle kivennäismaiden kantoja edullisempia lisäraaka-aineita.

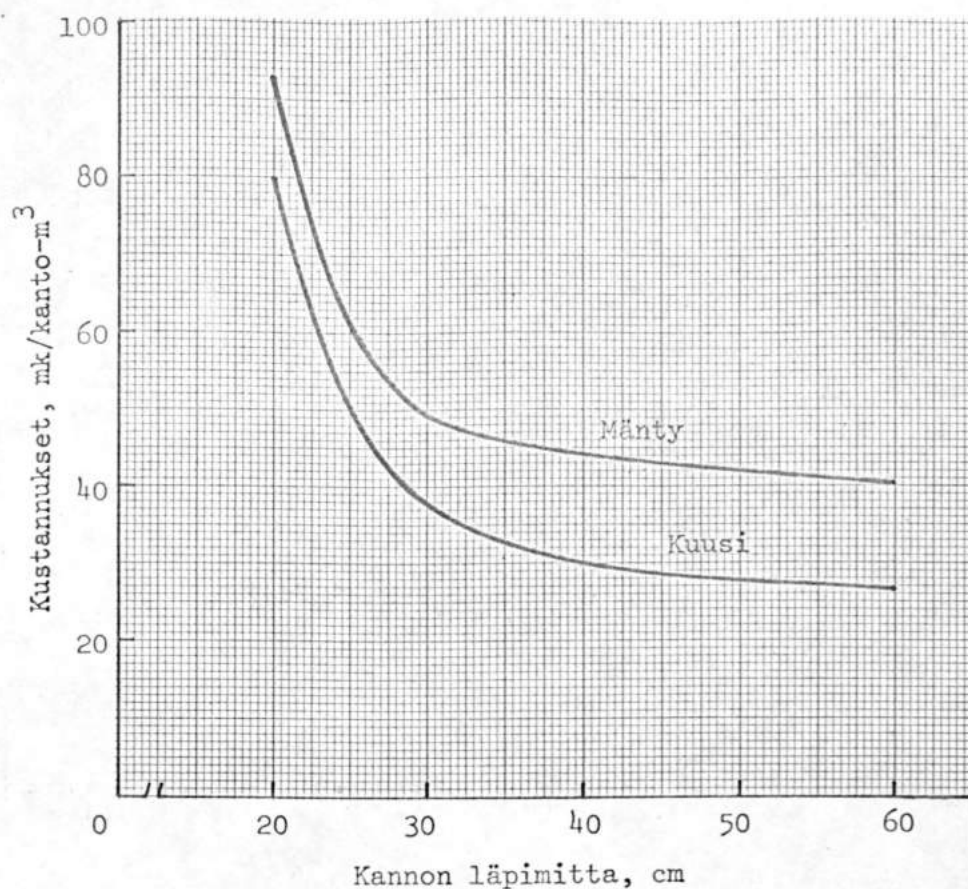
-- Havukokopuuhaikkeesta ja hakkuutähdehaikkeesta ei ole käytettävissä sellaisia laskelmia, jotka osoittaisivat niiden hankintakustannusten riippuvuuden vuotuisesta korjuumäärästä. Keskimääräisten korjuuolosuhteiden perusteella tehtyjen laskelmien mukaan hakkuutähde on kivennäismaiden kantoja epätaloudellisempi raaka-aine. Ensiharvennusmetsistä korjattavissa oleva havukokopuuhaake on kantoja jonkin verran edullisempi raaka-aine, jos lisäraaka-aineen tarve jää pieneksi, esimerkiksi alle 50 000 m³:iin vuodessa.

Kantojen korjuuta harkittaessa on lisäksi otettava huomioon seurausvaikutukset. Tärkeimpiä ovat metsämaan muokkautuminen, vaikutus hyönteisiin ja sieniin sekä vaikutus metsämaan ravinnetaseeseen. Myönteiset vaikutukset -- metsämaan muokkautuminen ja tuhohyönteisten väheneminen -- on yleensä katsottu ravinnetappioita tärkeämmiksi.

Koska korjuukustannukset muodostavat kantojen hankintakustannusten selvän pääosan, olisi tulevassa kehittämistyössä keskeinen huomio kiinnitettävä tämän kustannuserän pienentämiseen. Korjuukustannuksista paloittelun osuus on 57 %, noston 22 % ja metsäkuljetuksen 21 %. Koneiden ja laitteiden kehittämissä olisi näin ollen pyrittävä sellaisiin ratkaisuihin, jotka halventavat paloittelua. Yhtenä mahdollisuutena on kehittää massakäsittelyyn perustuva ja välivarastolla toimiva siirrettävä paloittelu- ja murskauslaite tai siirtää paloittelu tehtaalle.

Kuvassa 16 on esitetty kustannustavoite, johon välivarastolla toimivan paloittelu- ja murskauslaitteen (ks. kuvaa 2, korjuuketju 3, s. 9) olisi vähintään päästävä, jotta sen käyttäminen tulisi nykyisiä menetelmiä halvemmaksi. Jos paloittelu siirretään tehtaalle (ks. kuvaa 2, korjuuketju 4, s. 9), esimerkiksi 300 m:n metsäkuljetusmatkalla ja 30 km:n kaukokuljetusmatkalla metsäkuljetuskustannukset nousevat noin 1.6-kertaisiksi ja kaukokuljetuskustannukset noin 2.4-kertaisiksi kantopalojen kuljetuskustannuksiin verrattuina. Tehdaskäsittelyn kustannukset saavat nousta nykyisiin kustannuksiin verrattuina noin 26 mk/murske-m³ nykyisten kokonaiskustannusten silti nousematta.

Uusien laitteiden ja menetelmien markkinointimahdollisuuksia punnittaessa on kuitenkin otettava huomioon, että kantojen korjuu ei vielä ole taloudellista. Laajamittainen kivennäismaiden kantojen talteenotto edellyttää



Kuva 16. Välivarastolla tapahtuvan paloittelun tavoite-kustannukset läpimitan mukaan. Tavoitteet laskettu las-kentavaihtoehdon 3 korjuuolosuhteissa (ks. taul. 3, s. 7)

niin alhaista paloittelun ja muiden työvaiheiden kustannustasoa, että kor-juun, kaukokuljetuksen ja tehdaskäsittelyn kokonaiskustannukset tulevat selvästi kilpailukykyisiksi muiden raaka-ainevaihtoehtojen kokonaiskustan-nuksiin verrattuina.

KIRJALLISUUTTA

AALTONEN, V.T. 1950. Metsämaa. Eripainos teoksesta Suuri metsäkirja I. Porvoo

HAKKILA, PENTTI 1972. Mechanized Harvesting of Stumps and Roots. Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun koneellinen korjuu. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja - Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 77.1. Helsinki

-"- 1974. Kanto- ja juuripuun korjuu. Summary: Harvesting of Stump and Root Wood. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 332. Helsinki

-"- 1975. Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä. Summary: Bark Percentage, Basic Density, and Amount of Acetone Extractives in Stump and Root Wood. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 224. Helsinki

-"- 1976. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena. Summary: Stumpwood as Industrial Raw Material. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 292. Helsinki

HAKKILA, PENTTI ja MÄKELÄ, MARKKU 1973. Harvesting of Stump and Root Wood by the Pallari Stumpharvester. Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun korjuu Pallarin kanto- ja juuripuun harvesterilla. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja - Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 77.5. Helsinki

-"- 1974. Jatkotutkimuksia Pallarin kanto- ja juuripuun harvesterista. Summary: Further Studies of the Pallari Stumpharvester. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 200. Helsinki

LAASASENAHO, JOUKO 1975. Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta. Summary: Dependence of the Amount of Harvestable Timber Upon the Stump Height and the Top-Logging Diameter. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 233. Helsinki

LYYTIKÄINEN, KARI 1975. Kantopuun korjuukokeilu PINGON 14 C 120:llä ja RH 6 R:llä M. Saikon ja Oy Kaukas Ab/Reinikkalan tiloilla kesällä 1975. Käsikirjoitus

MÄKELÄ, MARKKU 1972. Kanto- ja juuripuun kuljetus. Summary: Transport of Stump and Root Wood. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 146. Helsinki

-"- 1973. Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Summary: Harvesting of Stump and Moor Wood from Fuel Peat Bogs. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 187. Helsinki

PMP-leimikoiden korjuutekniset olosuhteet vuonna 1976. 1977. Metsäteho, moniste. Helsinki

