



Kantopuun korjuu kivennäismailla

HARVESTING OF STUMP AND ROOT WOOD
IN MINERAL SOIL

PEKKA-JUHANI KUITTO

HELSINKI 1984

M E T S Ä T E H O

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n metsätyöntutkimusosasto
Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish
Forest Industries

	Sivu Page
ELIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄ	6
3 TUTKIMUSTULOKSET	6
3.1 Kantoapu	6
3.1.1 Yleistä	6
<i>Harvesting of Stump and Root Wood</i> <i>in Mineral Soil</i>	7
3.2 Kantoapua koskevat tutkimukset	8
3.2.1 Yleistä	8
3.2.2 Työvälineelliset ajarammehit	8
3.2.3 Kantoapu koko ja metsäkuljetuskäsi ajarammekki	9
3.3 Kantoapua koskeva välikäyttö	10
ja Pekka-Juhani Kuitto	10
3.3.1 Yleistä	10
3.3.2 Kantoapua koskevat ajarammehit	11
3.3.3 Autokuljetuskalusto	12
3.4 Kantoapu- ja kuljetuskustannukset	13
3.5 Tallettiin saatava kantoapumäärä	13
4 PÄÄTELMÄ	14
KIRJALLISUUTTA - K a t a l o g i n e n -	15
5 LÄMPÖTILAN	16

METASTHENES

Metasthenes Forest is a forest in the
Forest West of the Central Association of Finland
Forest Industries

KANTOJEN KORJON KIVENTAMINEN

Harvesting of Stump and Root Wood
in Mineral Soil

Pekka-Juhani Kuitto

SISÄLLYS
Contents

	Sivu Page
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ	6
3 TUTKIMUSTULOKSET	6
3.1 Kantopuun nosto	6
3.1.1 Yleistä	6
3.1.2 Työnvaiheittaiset ajanmenekit	7
3.2 Kantopuun metsäkuljetus	8
3.2.1 Yleistä	8
3.2.2 Työnvaiheittaiset ajanmenekit	8
3.2.3 Kuorman koko ja metsäkuljetuksen ajanmenekki	9
3.3 Kantopuun haketus välivarastolla ja hakkeen autokuljetus	10
3.3.1 Yleistä	10
3.3.2 Haketuksen ajanmenekki	11
3.3.3 Autokuljetuskalusto	12
3.4 Korjuu- ja kuljetuskustannukset	13
3.5 Talteen saatava kantopuumäärä	13
4 PÄATELMIA	14
KIRJALLISUUTTA - R e f e r e n c e s	15
S u m m a r y	16

TIIIVISTELMÄ

Tutkimus selvitti kivennäismaiden kantojen noston, metsäkuljetuksen ja välivarastolla-haketuksen työvaiheittaisia ajanmenekkejä, korjuu- ja kuljetuskaluston soveltuvuutta kivennäismaiden kantojen hankintaan, hankintakustannuksia sekä talteen saatavan kantopuumäärän riippuvuutta leimikko- ja korjuuoloista.

Kantoharvesterin tuotantoajasta kului keskimäärin 91 % kantojen nostoon, paloitteluun ja kasaamiseen, 8 % työpistesiirtoihin sekä 1 % keskeytyksiin. Pohjois-suomalaisissa leimikko-oloissa kantoharvesteri käsitteli ajanmenekkitulosten mukaan keskimäärin 35 kantoa tehotunnissa, kun nostettavia, läpimitaltaan yli 20 cm:n kantoja oli 200 hehtaarilla, ja 60 kantoa tehotunnissa, kun nostettavia kantoja oli 400 hehtaarilla. Pinta-alana käsiteltiin 0.15 - 0.17 hehtaaria tehotunnissa. Kantoharvesterin tuottavuus oli noin kaksinkertainen aiempien mallien tuottavuuteen verrattuna.

Kantojen ja suurien kantopalojen metsäkuljetuksessa voidaan käyttää tavanomaista pankkovarusteista metsätraktoria, jonka kuormatilaa on suurennettu. Kantopuu-kuorman kehystilavuus oli 1.0 - 1.3-kertainen traktorin kuormatilan kehystilavuuteen verrattuna. 300 metrin kuljetusmatkalla metsäkuljetuksen kokonaisajamenekistä kului noin 2/3 kantopuiden kuormamiseen, kuormausajoon ja purkamiseen. Metsäkuljetuksen tehoajanmenekki oli keskimää-

rin 1 000 cmin/m³. Ajanmenekkisuhteiden mukaan metsäkuljetuksen tuottavuus oli edullisissa olosuhteissa 5.0 - 7.0 m³ tehotunnissa, kun kuorman koko oli 4.0 - 4.5 m kantopuuta.

Kantohakkuri-prototyypin tuotantoajasta yli puolet kului erilaisiin konekeskeytyksiin. Tehoajasta vuorostaan yli 90 % oli varsinaista haketusaikaa. Hakkurin tehoajanmenekki työpistesiirtoineen oli kivennäismaan kantoja haketettaessa keskimäärin 1 140 cmin/m³ ja turvamaan kantoja haketettaessa 1 280 cmin/m³. Hankintamenetelmän eniten kehittämistä vaativa osavaihe on edelleen haketus. Prototyypiksi hakkuri toimi suhteellisen tyydyttävästi, vaikkakin siinä on runsaasti parantamismahdollisuuksia haketuksen varmuuden ja tuottavuuden lisäämiseksi.

Onnistuessaan välivarastollahakemukseen perustuva kantopuun hankintaketju mahdollistaisi teknisesti kivennäismaiden kantopuureservin laajahkon hyödyntämisen ja kantopuiden massakäsittelyn sekä nostaisi hankintaketjun eri osavaiheiden tuottavuutta.

Hakkeena talteen saatu kantopuumäärä oli pohjoissuomalaisissa leimikko-oloissa 30 - 39 % nostettuja kantoja vastaavasta runkopuumäärästä. Varovaisesti arvioiden korjuussa talteen saatava kantopuumäärä on kuitenkin valtakunnallisesti 15 - 20 % leimikon koko runkopuumäärästä.

1 JOHDANTO

Kantopuuta hankittiin koeluonteisesti 1970-luvulla lähinnä kemiallisen metsäteollisuuden uuteraaka-aineeksi, massa- ja kuitulevyteollisuuden lisäraaka-aineeksi sekä polttokäyttöön. Viime vuosina kantopuuta on käytetty pääasiassa energian tuottamiseen, jolloin raaka-aineena on ollut polttoturvesoiden kanto- ja liekopuu.

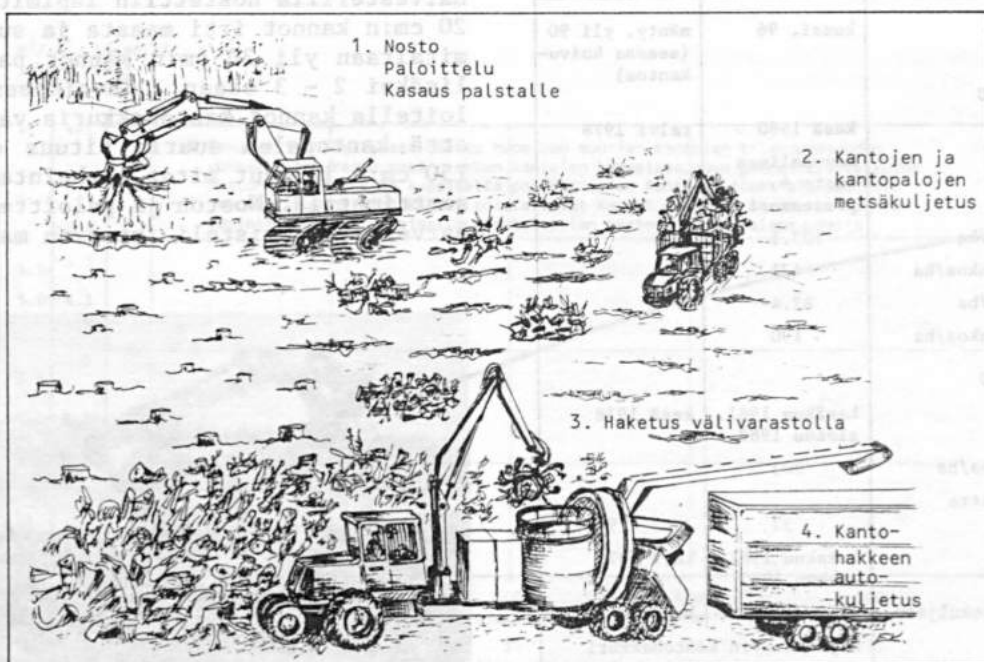
Aiemmin hankintamenetelmät perustuivat kokonaisten kantojen tai kantopalojen kuljettamiseen välivarastolle kasoihin, joista kantopuu kuivattamisen jälkeen kuljetettiin autoilla tai maataloustraktoreilla poltto- ja jalostuslaitoksille. Kannot ja/tai suuret kantopalat puhdistettiin ja haketettiin siten vasta käyttöpäässä.

Erityisesti kivennäismaiden kantopuun korjuun ja kuljetuksen ongelmina ovat olleet kantopuiden mukana kulkeutunut kivi- ja maa-aines, kantojen pieni koko ja pinta-alakohtainen korjuukertymä sekä kantojen noston ja metsäkuljetuksen ra-

joittuminen pääasiassa sulan maan kauteen ja päätehakkuualueille. Olenaisesti kantu-puun korjuun ja kuljetuksen kustannuksia on nostanut kantuokuormien alhainen pino-tiheys. Kannot on jouduttu kuljettamaan kokonaisina tai suurina kantopaloina käyt-tökohteisiin.

Tämä tutkimus selvitti lähinnä kivennäis-maan kantojen korjuun ja autokuljetuksen ajanmenekkiä pohjoissuomalaisissa korjuu- ja "kantoleimikko"-olosuhteissa, kun kanto-jen hankinta perustui kantojen ja kanto-palojen haketukseen välivarastolla Kajaani Oy:n aloitteesta kehitetyllä kantohakkuril-la (kuva 1). Menetelmä poikkesi siis aiem-mista kantojen korjuu- ja kuljetusmenetel-mistä siinä, että lopputuote (polttohake) tuotettiin jo metsäpäässä.

Tutkimuksen mahdollisti Kajaani Oy:n henki-löstön ja kantohakkurin kehittäjien aktii-vinen yhteistyöpanos. Tutkimus on osa kauppa- ja teollisuusministeriön osaksi rahoittamaa projektia "Energiapuun korjuu teollisuuspuun korjuun yhteydessä".



Kuva 1. Kanto- ja juuripuun korjuu välivarastollahaketukseen perustuvalla menetelmällä

2 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

Kivennäismaan kantojen nostoa, kokonaisten kantojen ja kantopalojen metsäkuljetusta sekä välivarastollahaketusta ja kantonhakkeen autokuljetusta tutkittiin samalla Kajaani Oy:n päätehakkuutyömaalla Paltamon Varsavaarassa. Kenttäaineistoa kerättiin lisäksi tutkimuksen aikana tehdyn opinnäytetyön yhteydessä "tuoreiden" kantojen nostosta, metsäkuljetuksesta ja haketuksista.

Kantojenkorjuutyömaa oli kuusivaltaisen päätehakkuuleimikon kannokko, jossa kuusikantojen osuus oli yli 90 %:n ja kantojen keskiläpimitta 33 - 35 cm. Työmaa sijaitsi puiden kasvun suhteen edullisessa rinnemaastossa. Maalaji oli vähäkivinen moreeni.

Tutkimusta varten työmaalle rajattiin kuusi tutkimuspalstaa, joiden kantopuumäärä selvitettiin ensivaiheessa Kajaani Oy:n käyttämällä kantopuiden läpimittaluokittaisilla kuutioimistaulukoilla. Todellisen talteen saadun kantopuumäärän selvittämiseksi palstoittaiset kantopuukat mitattiin ja haketettiin erikseen. Hak-

keena kantopuu mitattiin ja punnittiin lämpölaitoksella kuormittain, jolloin samalla otettiin kuormittaiset kosteuskäytteet kuivamassan määrittämiseksi.

Kivennäismaan kantojen korjuun ja kuljetuksen lisäksi tutkittiin myös turvemaiden kanto- ja liekopuiden haketusta kantonhakurilla Vapo Oy:n turvetyömaalla Rautavaaran Tammasuolla.

Tutkimusaineisto (taulukko 1) käsitti Varsavaarassa 226 i-m ja Tammasuolla 185 irtokuutiometriä eli yhteensä 411 i-m kantopuuhaketta. Tutkimusaineistot ja -olosuhteet on esitetty lähemmin hankinnan eri osavaiheita käsittelevien tutkimustulosten yhteydessä.

3 TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Kantopuun nosto

3.1.1 Yleistä

Kannot nostettiin Pallarin kantonharvesterilla, joka oli asennettu tela-alustaiseen UM 168 -kaivukoneeseen (kuva 2). Kantonharvesterilla juurakon voi sekä irrottaa maasta, puhdistaa karkeasti, paloittaa haluttuun palakokoon sekä kasata palat palstalle. Työnvaiheiden tarkoituksena on poistaa kantopuusta mahdollisimman tarkasti irtomainen maa- ja kiviaines ja paloittaa kannot kuljetukselle edullisempaan muotoon.

Harvesterilla nostettiin läpimitaltaan yli 20 cm:n kannot irti maasta ja suuret, läpimitaltaan yli 30 cm:n kannot paloitteltiin lisäksi 2 - 3 osaan. Tavoitteena oli paloittaa kannot kantonhakkuria varten siten, että kantopalan suurin pituus olisi alle 150 cm:n ja muut mitat korkeintaan 50 x 50 senttimetriä. Noston ja paloittelun ohessa harvesteri ravisteli irtaavan maa- ja kivi-



Kuva 2. Kantojen nosto, paloittelu ja kasaus Pallarin kantonharvesterilla. Valok. T. Jämsen

TAULUKKO 1 Tutkimustyömaiden yleistiedot

Erittely	Varsavaara (Kajaani Oy) (kivennäismaan kanto- ja juuripuu)	Tammasuo (Vapo Oy) (turvemaan kanto- ja liekopuu)
Puulaji, %	kuusi, 96	mänty, yli 90 (seassa koivu- kantoa)
AINESPUUNKORJU		
Korjuuaika	kesä 1980	talvi 1978
Korjuutapa	manuaalinen kaato + prosessori	
Ainespuuta, m ³ /ha	103.1	
"-", runkoa/ha	471	
Tukkipuuta, m ³ /ha	82.4	
"-", runkoa/ha	190	
KANTOPUUNKORJU		
Nostoaika	kesäkuu 1981, elokuu 1982	kesä 1978
Nostettu, kantoa/ha	203	
Kantojen läpimitta keskim., cm	33	19
Metsäkuljetus	lokakuu 1981, elokuu 1982	kesä 1978
Haketus ja kaukokuljetus	elokuu 1982	kesäkuu 1982
Hakkuri	Kajaani Oy:n kantonhakkuri	
Haketustapa	suoraan odottavan auton kuormatilaan	
Hakeautokuormia, kpl	6.5	5

aineksen kannoista ja kasasi kantopalat työpisteittäin kasoihin palstalle. Kasojen välinen etäisyys oli keskimäärin 16 - 18 m, kun harvesterin ulottuvuus oli noin 8 m.

Kantopuun nostosta tehtiin suppea aikatutkimus kolmelta koealalta, jolloin tutkittiin myös menetelmää, jossa kantoharvesteri nosti läpimitaltaan yli 20 cm:n kannot työpistealueittain ja kulku-urilta myös eteen sattuvat 15 - 20 cm:n kannot (koeala 2).

3.1.2 Työnvaiheittaiset ajanmenekit

Kantoharvesterin tuotantoajasta kului keskimäärin 91 % kantojen nostoon, paloitteluun ja kasaamiseen, 8 % työpistesiirtoihin sekä 1 % keskeytyksiin (taulukko 2). Kantojen noston kokonaisajanmenekkiin vaikuttavat kantoläpimitan ja "kantoleimikon" tiheyden ohella myös puulaji sekä työmaan maalaji ja kivisyys sekä vaadittava kantopalakoko. Pienet kuusikannot sekä turvemaiden mäntykannot voidaan yleensä nostaa kokonaisina, mutta suuret kuusikannot joudutaan usein irrottamaan sivujuuri kerrallaan maasta. Kivennäismaalla, kun kuusikannon läpimitta suurenee 29 cm:stä 45 senttimetriin, noston, paloittelun ja kasauksen ajanmenekki suurenee 1.0 min:sta 2.0 min:iin kantoa kohti.

Vähiten aikaa kantoa kohti meni, kun kannot paloitteltiin vain kahteen osaan ja niihin jätettiin suhteellisen paljon kunttaa.

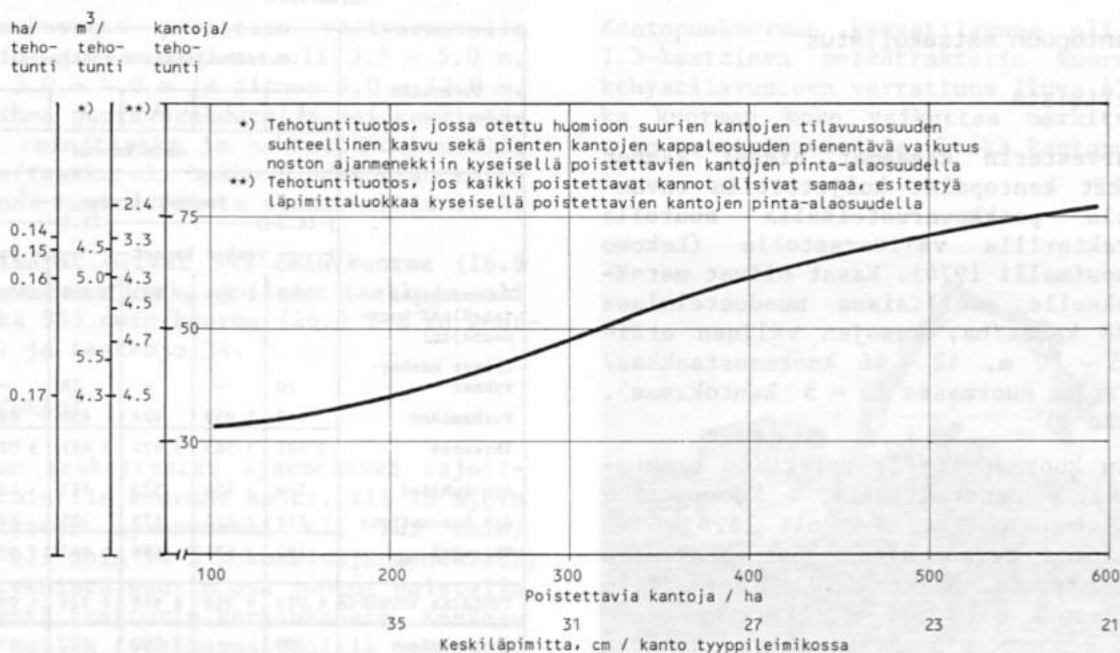
TAULUKKO 2 Kantoharvesterin ajanmenekki kivennäismaan kuusikantojen nostossa (= nosto, paloittelu ja kasaus)

Työnvaihe	Koeala		
	1	2	3
	cmin/kanto		
Nosto	161	83	119
Siirtyminen	10	8	11
Keskeytykset	-	-	2
Yhteensä	171	91	132
Keskimääräinen kanto- läpimitta, cm	34	31	34
Kantoa/ha	260	410	340
Kasaa/ha	46	28	30
Kantoa/kasa	5.7	14.6	11.3

Irtonainen kivennäismaa ravisteltiin kuitenkin pois.

Aikatutkimusten mukaan kantoharvesteri käsittelee tehotunnissa keskimäärin 35 kantoa, kun poistettavia, läpimitaltaan yli 20 cm:n kantoja oli 200 hehtaarilla, ja 60 kantoa, kun poistettavia kantoja oli 400 hehtaarilla. Pinta-alana käsiteltiin 0.15 - 0.17 hehtaaria tehotunnissa (kuva 3).

Kuutioimistaulukoista määritetyn kanto-tilavuuden mukaan kantoharvesterin tuottavuus työpistesiirtoineen ajanmenekkitulosten perusteella oli 4.5 - 5.9 m³ kantopuuta tehotunnissa. Kun kannokko järeytyi,



Kuva 3. Kanto- ja juuripuun noston, paloittelun ja kasauksen keskimääräiset tehotuntituotokset pohjoissuomalaisissa leimikko-oloissa. Kivennäismaan kuusikannokko. Kantoharvesteri

suurien kantojen tilavuusosuuden suhteellinen kasvu nosti tuottavuutta, mutta vain tiettyyn rajaan asti: järeät kannot jouduttiin nostamaan paloittelun, mikä lisäsi huomattavasti ajanmenekkiä.

Ajanmenekkiperusteiden mukaan kantoharvesteri saavuttaa parhaimmat tuottavuudet, jos leimikossa on poistettavia kantoja 250 - 350 hehtaarilla ja keskimääräinen kantoläpimitta kappalemäärän mukaan on 29 - 35 cm. Edullisin työmaa on silloin järeärunkoisen päätehakkukuusileimikon kannokko ohuehkokunttaisella moreenimaalla. Parhaimmilla kannonnostotyömailla harvesteri yltyi noin 7.0 m:n tehotuntituotoksiin, jolloin noston yhteydessä kannot paloitteltiin 2 - 3 osaan ja kasattiin palstalle.

Kantoharvesterin aiemmat mallit ovat Hakkilan (1977) mukaan yltyneet lähingä Etelä-Suomen kivennäismailla 1.5 - 2.0 m:n (mänty) ja 1.7 - 3.0 m:n (kuusi) käyttötuntituotoksiin. Kannot paloitteltiin kuitenkin pienempiin osiin kuin tässä tutkimuksessa. Turvemailla vastaavat käyttötuntituotokset olivat 1.5 - 2.4 m (mänty) ja 1.7 - 3.7 m (kuusi). Pelkän nostotyön vaiheen käyttötuntituotos oli 7.3 - 13.2 m ja paloittelun noin 8.0 m.

Ruotsissa kantoharvestereiden käyttötuntituotokset ovat viime vuosina olleet 2.5 - 5.5 m³, kun juurakko paloitteltiin koon mukaan 2 - 5 osaan. Kun palojen lukua juurakkoa kohti nostettiin 8:aan - 12:een, tuottavuus pieneni 20 - 25 %.

3.2 Kantopuun metsäkuljetus

3.2.1 Yleistä

Kantoharvesterin kasaamat pienet kannot ja pitkät kantopalat kuljetettiin tavanomaisella pankkovarusteisella suurella metsätraktorilla välivarastolle (Lokomo 925, vuosimalli 1974). Kasat olivat metsäkuljetukselle edullisissa muodostelmissa (30 - 38 kasaa/ha, kasojen välinen etäisyys 15 - 20 m, 42 - 46 kuormaustaakkaa/kuorma eli kuormassa 3 - 5 kantokasaa). (Taulukko 3)

Kantopuu kuormattiin ja purettiin traktorin omalla kuormaimella. Kuormatilan kehystilavuus palstalla 1 oli 16.5 m³ ja käytössä oli tavanomainen puutavarakoura. Muilla tutkimuspalstoilla kuormatilan kehystilavuus oli 26.0 m³ (lisätty takapylväät 2.3 m:n pidennykseen) ja käytössä hakkuutähdekoura. Kuormaimena oli jatko-
puomilla varustettu Cranab, jonka ulottuvuus oli 7 m.

TAULUKKO 3 Metsäkuljetuksen tutkimuspalstojen olosuhtetiedot. Varsavaara

Erittely	Tutkimuspalstat					
	1	2	3	4	5	6
Pinta-ala, ha	0.73	0.33	0.34	0.25	0.60	0.60
Maastoluokka	1	2	2	2	2	2
Kantokasoja, kpl	21	10	16	17	17	18
Kuormia, kpl	5	2.5	3	3	7	5.3
Kantokasojen välimatka, m						
- ajosuuntaan	18	18	17	6	15	15
- viereisiin kasoihin	20	20	13	20	20	20
Ajo, m/kuorma						
- tyhjänä	225	110	140	135	280	290
- kuormattuna	160	65	50	100	280	280
- kuormausajo	61	49	68	62	46	52
Välivarastokasan mitat, m						
- pituus	13	8	9	11	14	8
- leveys	3.5	3	4	4	3.5	3
- korkeus	3.5	3.5	3	3	5	4

3.2.2 Työnvaiheittaiset ajanmenekit

Kuormakohtaiset ajanmenekit tutkimuspalstoittain on esitetty taulukossa 4. Kuormia oli yhteensä 26 ja kuormaustaakkoja 1 083.

TAULUKKO 4 Kantopuun metsäkuljetuksen kuormakohtaiset ajanmenekit tutkimuspalstoittain. Varsavaara

Työnvaihe	Metsäkuljetuksen tutkimuspalstat					
	1	2	3	4	5	6
	cmin/kuorma					
	kuormatilavuus, i-m ³					
	16.5-26.0					
	vanhat kannot tuoreet					
Kuormausaika (sisältää kuormausajon)	2 468	2 544	2 995	2 599	2 083	2 425
Lyhyet keskeytykset	10	-	-	18	-	-
Purkaminen	943	1 039	927	850	991	1 143
Yhteensä	3 421	3 583	3 922	3 467	3 074	3 568
Ajo tyhjänä	374	404	523	577	422	405
Ajo kuormattuna	218	227	173	385	602	494
Yhteensä	592	631	696	962	1 024	899
TEHOAIKA YHTEENSÄ	4 013	4 214	4 618	4 429	4 098	4 467
Keskeytykset	200	-	3 000	802	178	46
TUOTANTOAIKA YHTEENSÄ	4 213	4 214	7 618	5 231	4 276	4 513

Seuraavassa on esitetty koko tutkimustyö-
maata koskevia kantopuun metsäkuljetuksen
ajanmenekkien keskiarvolukuja työnvaiheittain.

Kuormaus ja kuormausajo

Kuormaus aloitettiin ylärinteestä aina yhtä kantokasariviä alaspäin. Palstat 2 - 6 olivat osittain upottavia, maastoltaan kuitenkin tasaisia ja niiden kaltevuus oli kuormattuna-ajosuuntaan 10 - 15 %.

Varsinainen kuormausaika oli keskimäärin 2 315 cmin/kuorma ja kuormaa kohti oli 43 taakkaa (26 i-m:n kuormatila). Hakkuutähdekouran käyttö pienensi kuormauksen taakkakohtaista ajanmenekkiä 13 % verrattuna puutavarakouran käyttöön eli ajanmenekki pieneni 62 cmin:sta 54 cmin:iin kuormaustaakkaa kohti.

Kun traktorissa oli pienempi kuormatila (16.5 i-m), varsinainen kuormausaika oli 2 160 cmin/kuorma ja taakkoja oli 35 kuormaa kohti.

Pienten kantopalojen kuormaus kasojen pohjilta hidasti huomattavasti kuormausta. Kantokasojen pohjien liian tarkka kerääminen ei hyötyyn verrattuna vastanne tarkoitustaan.

Varsinaisen kuormausajon ajanmenekki oli 200 cmin/kuorma. Kuorma saatiin täyteen keskimäärin 50 - 65 m:n matkalta. Kuormausajonopeus oli 29.5 m/min.

Purkaminen

Kantopuukuormat purettiin välivarastolle kasoihin, joiden korkeus oli 3.5 - 5.0 m, leveys 3.0 - 4.0 m ja pituus 8.0 - 13.0 m. Purkamisen puutavarakouralla vei keskimäärin 33 cmin/taakka ja hakkuutähdekouralla 28 cmin/taakka eli hakkuutähdekouran käyttö alensi taakoittaista ajanmenekkiä 15 %.

Purkamisajat olivat 943 cmin/kuorma (16.5 i-m:n kuormatila), jolloin taakkoja oli 29, sekä 955 cmin/kuorma (26.0 i-m:n kuormatila) ja taakkoja 34.

Keskeytykset

Lyhyiden keskeytysten ajanmenekki rajoitui 5 cmin:iin kuormaa kohti. Yli 15 min:n keskeytysten ajanmenekki oli 705 cmin/kuorma eli noin 14 % kokonaisajanmenekistä. Keskeytyksistä suurin osa johtui palstalla 3 tehdystä traktorin korjauksesta. Keskeytykset muilla tutkimuspalstoilla johtuivat valtaosin levosta ja työaasuunnittelusta. Loput keskeytykset olivat huoltoa ja muita keskeytyksiä.

Ajo tyhjänä ja kuormattuna

Kuormatilaltaan pienemmän traktorin tyhjänäajonopeus maastossa oli keskimäärin 60 m minuutissa ja kuormattuna-ajonopeus 73 m minuutissa. Kuormatilaltaan suuremman traktorin tyhjänäajonopeus oli osin upottavan maaston vuoksi 23 - 69 m/min ja kuormattuna-ajonopeus 26 - 57 m/min. Tyhjänä- ja kuormattuna-ajonopeuksien suhteeseen vaikutti se, että traktori joutui ylärinteeseen tyhjänä ajaessaan "hakemaan" ajolinjansa ja välttämään upottavia maasto-kohtia. Kuormattuna-ajossa voitiin puolestaan käyttää hyväksi tyhjänäajon ja ainespuunajon jälkeisiä ajouria.

Kuormattuna-ajonopeus oli keskimäärin hie-
man suurempi kuin ajettaessa suurella metsätraktorilla havusahatukkia tai pitkää kuitupuuta vastaavassa maastoluokassa. Syinä olivat ehkä kannoton maasto ja aiemat, hyvin tasoittuneet ainespuunajon ja kannonnoston jälkeiset valmiit ajourat. Kantojen metsäkuljetuksen ajonopeus riippui kuitenkin huomattavasti kuormauksen onnistumisesta, koska maaston huonontuessa ja ajonopeuden kasvaessa kantopaloja pyrki putoilemaan kekomaisesta kuormasta.

Tyhjänäajon ajanmenekki oli maastossa 435 cmin/kuorma, kun ajomatka oli 300 m. Vastaavasti kuormattuna-ajon ajanmenekki oli maastossa 587 cmin/kuorma.

3.2.3 Kuorman koko ja metsäkuljetuksen ajanmenekki

Kantopuukuorman kehystilavuus oli 1.0 - 1.3-kertainen metsätraktorin kuormatilan kehystilavuuteen verrattuna (kuva 4). Koska kuorman koko vaikuttaa merkittävästi ajon tuottavuuteen ja koska kantopuukuor-



Kuva 4. Kantopuun metsäkuljetus pankkavarusteisella metsätraktorilla. Valok. Metsäteho

man pinotiheys on alhainen, traktorin kuormatila pyritään saamaan mahdollisimman suureksi (keskimääräinen kiintotilavuus: kokonaiset kannot 9 - 12 %, enimmäisläpimitaltaan 30 x 50 x 70 cm:n kantopalat 25 - 36 % ja pienet kannot yhdessä korkeintaan 150 cm pitkien kantopalojen seassa 15 - 24 %). Kuormatilaa voidaan suurentaa esimerkiksi erikoispylväin, sivupylväitä jatkaen tai kuormatilaa pidentäen.

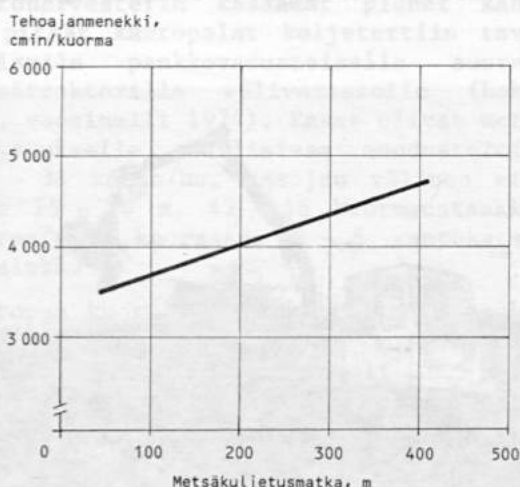
Metsätraktorin kantavuus ei rajoita kuormankoon suurentamista, koska kantopuun tuoremassa hakkeenakin on³ suhteellisen alhainen (180 - 300 kg/i-m³ kosteuden, palakoon ja puulajin mukaan).

Kun kuormat mitattiin haketuksen yhteydessä, saatiin³ kuormien kooksi (hakkeena) 4.1 - 4.3 m³, kun traktorin kuormatilan kehystilavuus oli 26.0 i-m³, ja 2.6 - 2.7 kuutiometriä, kun kehystilavuus oli 16.5 irtokuutiometriä. Tällöin ei otettu huomioon metsäkuljetuksen ja välivarastoinnin aikaista korjuuhävikkiä.

Kantopuukuormasta tuli kekomainen, jolloin kuormasta putoili maahan kantopaloja ja pieniä kantoja sivupylväiden välitse kuormauksen, kuormausajon ja kuormattuna-ajon aikana.

Erityisen hyvin kantopuun kuljettamiseen sopii sellainen metsätraktori, jonka kuormatilan korkeat laidat on tehty teräslevystä tai -verkosta ja kuormatila on muutettu kipattavaksi. Metsätraktorin asemesta voidaan helppokulkuisessa maastossa käyttää myös perävaunullista maataloustraktoria metsä- ja jatkettuun lähikuljetukseen.

300 m:n kuljetusmatkalla suuremman metsätraktorin kokonaisajanmenekistä kului noin 2/3 kantopuiden kuormaamiseen, kuormausajoon ja purkamiseen. (Kuva 5)



Kuva 5. Kantopuun metsäkuljetuksen tehoajanmenekki. Suuri metsätraktori, hakkuutähdekoura. Kuorman koko 4.2 m³. Maastoluokka 2



Kuva 6. Kantopuun haketus kantohakkurilla suoraan odottavan auton kuormatilaan. Valok. Metsäteho

Ajanmenekkisuhteiden mukaan metsäkuljetuksen tuottavuus oli 5.0 - 7.0 m³ teh³ tunnissa, kun kuorman koko oli 4.0 - 4.5 m³ kantopuuta. Kun kuorman koko oli 2.6 - 2.7 kuutiometriä, metsäkuljetuksen tuottavuus oli ajomatkan mukaan 3.8 - 4.5 m³ teh³ tunnissa.

3.3 Kantopuun haketus välivarastolla ja hakkeen autokuljetus

3.3.1 Yleistä

Kantopuu haketettiin välivarastolla suoraan odottavan hakeauton kuormatilaan. Hakkurina käytettiin Kajaani Oy:n aloitteesta ja myötävaikutuksella rakennettua kantohakkuria (kuva 6), jonka ensimmäiset laajamittaiset käyttökokeilut aloitettiin tutkimuksen aikana.

Kantohakkuri oli rakennettu suuren metsätraktorin päälle (Valmet 886 K, vuosimalli 1976) ja yksikön ulkomitat olivat: pituus 14.0 m, leveys 2.5 m ja korkeus 4.0 m. Yksikön kokonaispaino oli noin 25 000 kg.

Yksikkö käsitti erillisen käyttömoottorin, esileikkurin, puhdistusrummun, kiekko-seulan, jälkileikkurin, kuljettimet ja koura-kuormaimen (Cranab 6010).

Hakkurin tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat:

Käyttömoottori

Merkki ja tyyppi	Volvo TD120C, 6-sylinterinen, 4-tahtinen ahtimella varustettu vesijäähdytteinen suorasuihkutusediesel
Jatkuva teho	225 kW DIN / 33.3 r/s
Suurin teho	258 kW DIN / 36.7 r/s

Esileikkuri

Tyyppi Päältä syötettävä, jatkuvatoiminen, liikkuvapohjainen sylinteri. Kiinteä vastinterä.

Sylinterin (syöttöaukon)
halkaisija 2 400 mm
korkeus 1 200 mm
Terän korkeus 600 mm
etäisyys ulkovaipasta 200 mm
Pyörimisnopeus n. 1 r/s

Puhdistusrumpu

Tyyppi Pystysuoraan pyörivä, jatkuvatoiminen reikälevyrumpu
Rummun halkaisija 2 500 mm
leveys 1 500 mm
Reikien koko 22 mm
osuus rummun pinta-alasta 29 %
Pyörimisnopeus 0.4 r/s

Kiekkoseula

Pituus n. 1 800 mm
Leveys 1 000 mm
Akseleita rivissä 9 kpl
Rakomitat 80 x 100 mm
(100 x 100 mm)
Syöttönopeus 0.5 m/s

Jälkileikkuri

Tyyppi Vapaasti pyörivät, leikkaavat teräkiekot
Kiekkoja 7 kpl
Kiekon halkaisija 1 500 mm
Kiekkojen väli alle 150 mm
Syöttö Kantopalojen pakkosyöttö vetävällä telastolla kiekkoja vasten
Syöttötelaston leveys 1 200 mm
Syöttönopeus 0.5 m/s

Kuljettimet

Kolakuljetin jälkileikkurista kiekkoseulalle. Hihnattyypinen ja hydraulisesti käännettävä kuormauskuljetin, jonka ulottuvuus ja kuormauskorkeus on noin 5 m.

Hakkurin toiminta perustui esileikkurin, puhdistusrummun ja jälkileikkurin jatkuvatoimisesti synkronoituun paloittelu-/seulonta-kiertoon.

Esileikkuri paloitteli kannot ja pitkästä juuripalat sopiviksi kappaleiksi jälkikäs-

sittelyä varten. Puhdistusrummussa karkea kantohake eroteltiin kivistä, maa-aineksesta ja lumesta/jäästä keskipakoisvoimaa hyväksi käyttäen. Rei'itetty rumpu toimi myös hiekan erottimena. Rummun keskikohdassa kantokappaleet putosivat kiekko-seulalle kivien jatkaessa matkaa ohi lakipisteen suuremman liike-energiansa ansiosta. "Hyväksytty" jae otettiin kiekko-seulan avulla talteen ohjattavaksi kuormattavaan autoon.

Sitä vastoin ylisuuret kappaleet joutuivat edelleen paloittelaviksi jälkileikkuriin, jonka jälkeen valmis kantohake ohjattiin kuormauskuljettimelle ja autoon.

Kantohake oli erittäin karkeaa, mutta suurimmatkin kappaleet olivat palakooltaan alle 150 mm:n (32 - 150 mm:n "hakkeen" osuus oli 88 %).

Kannot kuormattiin varastokasasta esileikkuriin kourakuormaimella, joka oli varustettu kapealla puutavarakouralla. Kuljetajan lisäksi käytettiin apumiestä, joka haketuksen aikana valvoi ja sääteli jälkileikkurin toimintaa. Apumiehen tarve poistunee myöhemmin.

3.3.2 Haketuksen ajanmenekki

Koska haketusyksikkö oli tyyppiltään sarjansa ensimmäinen ja sen kehittäminen ja käyttökokeilut olivat vielä osittain kesken, ajanmenekkitulokset ovat pelkästään suuntaa antavia ja tarkoitettu lähinnä konekehittelyn ja uuden kantopuunhankintamenetelmän edullisuuslaskelmien perusteiksi.

Haketuksen tehoajan ja tuotantoajan rakenne keskimäärin kuormausvarastolla on esitetty taulukossa 5. Varsinainen haketus aika tarkoittaa sitä aikaa, jolloin kuormauskuljettimesta tulee ulos kanto-haketta. Hakkurin tyhjänäpyörimisaika on vastaavasti se aika, jolloin haketta ei tule.

Hakkurin tuotantoajasta yli puolet kului erilaisiin konekeskeytyksiin. Tehoajasta vuorostaan yli 90 % oli varsinaista haketus aikaa, mitä voidaan pitää varsin hyvänä. Hakkurin tehoajanmenekki työpistesier- toineen oli kivennäismaan kantoja hakettaessa keskimäärin 1 140 cmin/m³ ja turpe- maan kantoja hakettaessa 1 280 cmin/m³.

Prototyypiksi hakkuri toimi suhteellisen tyydyttävästi, vaikkakin siitä löytyi runsaasti kehittelymahdollisuuksia sekä hake-

TAULUKKO 5 Kantojen ja kantopalojen haketuksen ajanmenekit keskimäärin kuormausvarastolla

Työnvaihe	Kivennäis- maan kannot	Turve- maan kannot
Haketuksen valmistelu, %	1.9	2.1
Haketus, josta		
- varsinainen haketusaika, %	90.6	94.6
- hakkurin tyhjänäpyörimisaika, %	5.3	1.2
Työpistesierrot, %	2.2	2.1
TEHOAICA YHTEENSÄ, %	100.0	100.0
"- " " " , cmin/m ³	1 140	1 280
"- " " " , cmin/i-m ³	409	384
Keskeytykset yhteensä, cmin/m ³	1 580	1 293
TUOTANTOAICA YHTEENSÄ, cmin/m ³	2 720	2 573
=====		
Taakan kokg keskimäärin, m ³	0.06	0.05
Taakkoja/m	16.4	21.8
Taakkoja/hakelava	220	270

tuksen varmuuden että tuottavuuden lisäämiseksi. Konekeskeytysten suurta määrää pystyttäneen jatkokehittelyin olennaisesti pienentämään. Suurimmat keskeytysten syyt olivat hydraulikan lämpeneminen ja tukkeutumaiset jälkileikkurissa.

Ajanmenekkisuhteiden mukaan tuottavuus oli kivennäismaan kuusikantoja hakettaessa 5.0 - 5.5 m³ tehotunnissa (hakkeen kiintotilavuus 35 - 40 %). Turvemaan mäntykantoja hakettaessa tuottavuus oli keskimäärin 4.5 - 5.0 m³ tehotunnissa (hakkeen kiintotilavuus 30 - 32 %). Hakkuriin tehtyjen alustavien muutostöiden jälkeen tehotuntituotos on noussut lähelle 10 m³:ä.

3.3.3 Autokuljetuskalusto

Kantohakkeen autokuljetuskalustona voidaan käyttää tavanomaisia, kippaamalla purettavia hakeautoja. Auton kantavuus saattaa rajoittaa kuormatilavan hyväksikäyttöä, kun kuljetetaan tuoretta kantohaketta. Tuoreiden kantojen haketus tulee kyseeseen kuitenkin vain poikkeustapauksissa.

Autokuljetuskalustona käytettiin Varsavaarassa vaihtolavakalustoa. Perävaunu purettiin vetovaunun takakipillä. Tammasuolla autokuljetuskalustona oli kiinteälavaiset, sivullekipattavat hakeautot. Kuljetuskaluston kuormatilavuudet on esitetty taulukossa 6.

Kanto- ja juuripuuhaakkeen kosteuden vaikutusta autokuljetusyksikön kuorman massa-

TAULUKKO 6 Tutkimuksessa käytettyjen hakeautojen teknisiä tietoja

Erittely	Tutkimustyömaat	
	Varsavaara	Tammasuo
Vetovaunu 1		
- tyyppi	vaihtolava	kiinteä lava
- omapaino, kg	13 600	13 700
- kuormatilavuus, i-m ³	44.1	40.0
Vetovaunu 2		
- tyyppi	vaihtolava	kiinteä lava
- omapaino, kg	12 500	11 500
- kuormatilavuus, i-m ³	35.9	41.6
Perävaunu		
- tyyppi	vaihtolava	kiinteä lava
- omapaino, kg	7 400	8 500
- kuormatilavuus, i-m ³	41.2	51.0
Täyttötapa	haketus suoraan odottavaan autoon	
Purkamistapa	taakse kippaus	sivulle kippaus
Kaukokuljetusmatka, km	65	152

on tarkasteltu taulukossa 7, jossa kiintotilavuuskertoimet ovat 0.32 - 0.40. "Kuivan" kuusikantohakkeen kuormakohtaiset kiintotilavuuskertoimet olivat 0.315 - 0.360 ja tuoremassat 182.0 - 205.5 kg/i-m³. "Tuoreen" kantohakkeen vastaavat luvut olivat 0.341 - 0.423 ja 270.0 - 298.0 kg/i-m³. Turvemaan mäntykantohakkeen luvut olivat 0.290 - 0.320 ja 230.5 - 242.0 kg/i-m³ varastolla punnittuna. Lämpövoimalassa punnittuina tuoremassat olivat ajon aikana kuormassa tiivistyttyään 240.5 - 314.0 kg/i-m³.

Kivennäismaan kantojen autokuljetuksen aikainen hakepainuma oli keskimäärin 7 % 65 km:n matkalla ja turvemaan kantojen 6.5 % 150 km:n matkalla. Perävaunussa painuma oli hieman suurempi kuin vetovaunussa.

TAULUKKO 7 Kuusikantohakkeen kosteuden vaikutus autokuljetuskuorman massa-

Kosteus, %	Kuiva- tuore- tiheys, kg/m ³	Tuore- tiheys, kg/m ³	Tuore- massa, ³ kg/i-m	Kuormatilavuus, i-m ³	
				80	100
				Kuorman massa, t	
varastoitu 2 - 3 vuotta ennen hakettamista					
30	432	617	200	16.0	20.0
tuoreena hakettettu					
40	432	720	252	20.1	25.2
45	432	786	315	25.2	31.5
50	432	864	345	27.6	34.5

3.4 Korjuu- ja kuljetuskustannukset

Kivennäismaan kantojen hankintakustannukset käyttöpaikalle on laskettu tutkimuksessa saatujen ajanmenekki- ja tuottavuuslukujen perusteella. Kustannukset on lisäksi laskettu yleisten käytössä olevien laskentaperusteiden ja vuoden 1983 hintojen mukaan.

Kantohakkeen hankintakustannuksien jakautumista hankinnan eri osavaiheiden kesken tarkastellaan seuraavassa asetelmassa. Koska kantohakkeen autokuljetuskustannukset ovat osaltaan suoraan riippuvia kantohakurin tuottavuudesta ja käyttövarmuudesta, perusteena ovat kustannusluvut pohjautuvat oletukseen, että kuormausaika välivarastolla olisi 2.5 tuntia kuormaa kohti eli kantohakkuria kehittämällä päästäisiin tavgitteena olevaan tuottavuuteen 40 - 45 i-m/käyttötunti. Eri osakustannukset ja niiden suhteelliset osuudet vaihtelevat huomattavasti hankintaolosuhteiden mukaan.

	%
Kantojen nosto	27 - 29
Metsäkuljetus (alle 300 m)	20 - 23
Haketus	18
Kaukokuljetus (50 km)	23 - 26
Yleiskustannukset	6 - 8
Yhteensä	100

Kantopuun hankintakustannukset olisivat edellä mainittujen tuottavuuslukujen perusteella noin 135 - 155 mk/m³. Silloin on otettava huomioon, ettei kantopuusta ole maksettu kantohintaa ja että kantopuu on jo polttoon soveltuvassa muodossa saapuessaan lämpölaitoksen vastaanotto-kentälle.

3.5 Talteen saatava kantopuumäärä

Edullisimmat kivennäismaan kantojen korjuukohteet ovat kantoläpimitaltaan järeähköt, ohutkunttaisilla ja vähäkivisillä moreenimailla olevat "kuusikantoleimikot", joiden ainespuu on korjattu talvella päätehakkuuna (lumen vuoksi kannokko on silloin yleensä korkeampaa kuin kesäleimikon kannokko). Etuna on myös, jos ainespuun korjuun ja kantojen noston välinen aika on vähintään vuosi.

Kanto- ja juuripuun korjuussa talteen saatava puuainemäärä riippuu olennaisesti kantopuun korjuumenetelmästä ja -kalustosta. Nostovaiheessa on teknisesti mahdollista saada ylös lähes kaikki kanto- ja

juuripuu. Käytännössä on kuitenkin rajoitettu läpimitaltaan vain yli 20 cm:n havupuukantojen nostoon.

Kokonaisten kantojen hankintaketjuissa korjuutappio on yleensä hyvin vähäinen ja johtuu lähinnä siitä, että kantojen ohutjuuret katkeilevat ja kuori irtaana mekaanisten rasitusten ja kuivumisen vaikutuksesta palstalla ja välivarastolla (varastointi voi kestää useita vuosia). Korjuutappion voidaan olettaa olevan alle 5 % nostetusta kantopuumäärästä.

Metsässä paloiteltujen kantojen hankintaketjuissa korjuutappiot syntyvät lähinnä kantojen paloittelun ja kasauksen sekä metsäkuljetuksen yhteydessä. Metsäkuljetuksen korjuutappiota voidaan pienentää kytkemällä perälaatikko tai -vaunu paloittelukoneeseen. Silloin korjuutappio jäänee aiempien tutkimusten mukaan 5 - 6 prosenttiin kantopuun kokonaismäärästä.

Kertymän ja korjuutappion määrittämistä vaikeuttaa se, että kantojen nosto, metsäkuljetus sekä haketus ja autokuljetus ajoittuvat yleensä eri vuosille. Suurimpana vaikeutena arvioida potentiaalista kantopuumäärää on kuitenkin se, ettei pohjoissuomalaisille leimikko-olosuhteille ole määritetty tarkkoja kantopuun läpimittaluokittaisia tilavuuskertoimia tai -taulukkoja. Sen vuoksi on jouduttu käyttämään Hakkilan (1977) esittämiä, lähinnä eteläsuomalaisten kivennäismaankantojen kuutioimistaulukkoja. Taulukkoarvot antavat Hakkilankin mukaan liian alhaisia tuloksia pohjoissuomalaisissa "kantoleimikoissa". Etenkin suurten kuusikantojen tilavuusarvot saattavat jäädä huomattavan pieniksi todelliseen kantopuumäärään verrattuna. Kantojen noston tuottavuus ja kustannukset saattavat siksi todennäköisesti poiketa +10 - 20 % edullisempaan suuntaan.

Hakkeena talteen saatu kantopuun korjuukertymä (taulukko 8) osoitti, että Pohjois-Suomessa kantojen sisältämä puumäärä vastaavaan runkopuun kuutiomäärään verrattuna on suhteellisesti suurempi kuin Etelä-Suomessa. Läpimittaluokittaisten kuutioimislukujen avulla määritetyn ja hakkeesta lasketun todellisen korjatun kantopuumäärän eroksi saatiin suurimmillaan yli 60 %. Suuri kuutiomäärä hehtaaria kohti johtui osaksi korjuualueen edullisesta rinnemaastosta.

Hakkeena talteen saatu kantopuumäärä oli tutkimusolosuhteissa 30 - 39 % nostettuja kantoja vastaavasta runkopuumäärästä.

TAULUKKO 8 Talteen saadut kantopuun määrät neljältä kivennäismaiden kantokoealalta pohjoissuomalaisissa korjuuolosuhteissa

Erittely	Koeala			
	1	2	3	4
Pinta-ala, ha	0.33	0.34	0.25	0.60
Nostettu, kantoja/ha	203 - 330			338
Kantojen taukkotilavuus keskim., m ³ /kanto	0.120			0.123
Kantopuuta (taulukkoarvojen mukaan), m ³ /ha	24.4 - 39.6			41.5
Hakkeena talteen saatu: m ³	37	36	51	102
m	12.0	11.7	16.7	40.7
(tuore) kg	7 150	7 350	9 450	29 550
(kuiva) kg	5 141	5 285	6 998	17 618
Hakkeena talteen saatu: m ³ /ha	36.0	34.4	66.8	67.8
Ainespuuta lasketun kantolämpimitan mukaan, m ³ /runko	0.52	0.52	0.52	0.52
m ³ /ha	106	110	172	176
Kantopuuta ainespuun määrästä, %	34	31	39	38

hakkeen seulonta- ja kivennäismaa-analyysi osoitti, että kivennäismaapitoisuus jäänee alle 1 %:n. Toisaalta hakkeen joukkoon kulkeutui eloperäistä kunttaa ja hakkurin läpipäästämiä läpimitaltaan yli 15 cm:n kiviä.

Kantohakkuri tekee osin jo pelkästään esileikkurinsa ansiosta kantojen noston kanto-harvesterilla entistä taloudellisemmaksi, koska paloittelu jää vähäisemmäksi, sekä ennen kaikkea nostaa autokuljetuksen kuljetustaloudellisuutta huomattavasti verrattuna kokonaisten kantojen tai suurien kantopalojen kuljettamiseen.

Menetelmässä voidaan lisäksi kuljetukseen käyttää vakiohakeautoja. Kokonaisten kantojen tai kantopalojen autokuljetuksessa joudutaan puolestaan käyttämään hakeautoja, joiden kuormatilojen laidat on vahvistettu.

Käyttökokemusten ja tutkimustulosten mukaan kantohakkurin edelleen kehittämisessä on kaksi päälinjaa:

1. Nykyisen tapainen laite, jolla pyritään hakettamaan mahdollisimman puhdasta kantohaketta välivarastolla ja lisäämään autokuljetuksen taloudellisuutta.
2. Pelkistetty hakkuri, jolla haketettaisiin melko karkeata haketta (murskepaloja) välivarastolla ja pyrittäisiin yksinomaan lisäämään autokuljetuksen taloudellisuutta. Tämä vaihtoehto merkitsisi lähinnä jälkileikkurin poistamista. Jälkimurskaus tehtäisiin käyttöpaikalla.

Hakettaminen suoraan odottavan auton kuormatilaan on perusteltua, kun käytetään suuritehoista varastohakkuria. Siksi menetelmiä, joissa autokuljetus voidaan suorittaa eri aikaan kuin kantopuun haketus, on syytä kehittää. Kyseeseen tulisivat silloin lähinnä vaihtolavoihin, erillisiin perävaunuihin tai maahan haketus.

Onnistuessaan välivarastollahakettamiseen perustuva kantopuun hankintaketju mahdollistaisi kivennäismaiden kantopuureservin laajahkon käyttöönoton ja kantopuiden masakäsittelyn sekä nostaisi hankintaketjun eri osavaiheiden tuottavuutta ja taloudellisuutta.

Koska kantohakkuri on kuitenkin vielä laajan kehittämistyön alaisena, kokonaisuudessaan kanto- ja juuripuun hankinta keskittyy lähivuosina edelleen polttoturvesoiden aumoihin kuljetettujen kantopuiden hyödyntämiseen.

Varovaisesti arvioiden korjuussa talteen saatava kantopuumäärä kivennäismailla on kuitenkin valtakunnallisesti 15 - 20 % leimikon koko runkopuumäärästä.

4 PÄATELMIÄ

Hankintamenetelmän eniten kehittämistä vaativa osavaihe on edelleen haketus. Prototyypiksi kantohakkuri toimi suhteellisen tyydyttävästi, vaikkakin siinä on runsaasti parantamismahdollisuuksia haketuksen varmuuden ja tuottavuuden lisäämiseksi.

Kanto- ja juuripuu saatiin kantohakkurilla hakettamalla autokuljetukselle ja arinapoltoille edulliseen muotoon. Kantopuun laajemmalle poltto- ja jalostuskäytölle ongelmallista juurakoiden ja kantojen ympärillä ja sisällä olevaa kivi- ja maa-aineksen määrää saatiin myös ratkaisevasti vähennettyä. Kajaani Oy:n kanto-

KIRJALLISUUTTA

References

- HAKKILA, P. 1977. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena. Summary: Stumpwood as Industrial Raw Material. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 292. Helsinki
- JÄMSEN, T. 1981. Kantojen hyödyntäminen polttoaineeksi. Tutkimusraportti. Kajaani Oy. Kajaani
- KUITTO, P.-J. 1982. Kanto- ja juuripuun metsäkuljetus. Metsätehon tutkimuslause 8.1.1982. Helsinki
- MÄKELÄ, M. 1977. Leimikoittainen metsätähdemäärä. Summary: The Amounts of Logging Residues and Stump and Root Wood at Certain Work Sites. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 316. Helsinki
- SUORSA, T. 1982. Kajaani Oy:n kehittämän kanto- ja juuripuuhakkurin soveltuvuus ja tuottavuus väliarastohaketuksessa. Metsäteknologian progressu -tutkielma. Helsinki
- In working areas conditions in northern Finland, the net yield of stump and root wood harvested as chips was 10 - 20 % of the amount of corresponding stem wood. However, a not too optimistic estimate of the amount of stump and root wood that can be harvested on a state wide basis remains at 12 - 20 % of the total amount of stem wood of the stand.
- When successful, the stump and root wood procurement system based on chipping - the handling would technically have advantages: the comprehensive utilization of site area, stump and root wood residues as well as the mass-processing of stump and root wood and its would increase the productivity of the separate phases of the procurement system.
- A conventional forwarder with an enlarged load space can be used for the handling of stumps and big stump pieces. The enlarged volume of the stump and root wood load was 1.0 - 1.3-fold compared with the volume of the roundwood load space of the forwarder. On a 300 m haulage distance 2/3 of the total haulage time was expended on loading, loading-hauling and unloading of the stump and root wood. The effective time of haulage averaged 1,000 min/ha. According to the time study the haulage that of the earlier harvester models.

HARVESTING OF STUMP AND ROOT WOOD IN MINERAL SOIL

By Pekka-Juhani Kuitto

Summary

The research comprised the following: the time consumed per work phase for the extraction, haulage and chipping at landings of stumps grown in mineral soil, the suitability of harvesting and transport equipment for procurement of mineral soil stumps, procurement costs and the relationship between the net yield of stump and root wood and the working area and harvesting conditions.

On an average 91 % of the work place time of the stump harvester was used for extraction, splitting and piling of stumps, 8 % was used for moving from one working point to another and 1 % for interruptions. In working area conditions in northern Finland the stump harvester, according to the time study, processed an average of 35 stumps per effective hour when there were 200 stumps with a diameter exceeding 20 cm per hectare, and 60 stumps per effective hour when there were 400 stumps per hectare to be extracted. An area of 0.15 - 0.17 hectares was treated per effective hour. The productivity of the stump harvester was doubled compared with that of the earlier harvester models.

A conventional forwarder with an enlarged load space can be used for the haulage of stumps and big stump pieces. The enlarged volume of the stump and root wood load was 1.0 - 1.3-fold compared with the volume of the roundwood load space of the forwarder. On a 300 m haulage distance 2/3 of the total haulage time was expended on loading, loading-hauling and unloading of the stump and root wood. The effective time of haulage averaged 1,000 cmin/solid m³. According to the time study the haulage

productivity was 5.0 - 7.0 solid m³ per effective hour in favourable conditions, when the load size was 4.0 - 4.5 solid m³ of stump and root wood.

More than half of the work place time of the stump-chipper prototype was expended on various machine delays. On the other hand, more than 90 % of the effective time was spent on chipping. The effective time for the chipper including moving from one working point to another averaged 1,140 cmin/solid m³ when chipping mineral soil stumps and 1,280 cmin/solid m³ when chipping peat soil stumps. Chipping is still the part of the procurement method which requires most development work. As a prototype the chipper worked satisfactorily, though there are many possibilities to improve both the reliability of chipping and the productivity.

When successful, the stump and root wood procurement system based on chipping at the landing would technically make possible the comprehensive utilisation of mineral soil stump and root wood reserves as well as the mass-processing of stump and root wood and it would increase the productivity of the separate phases of the procurement system.

In working area conditions in northern Finland, the net yield of stump and root wood harvested as chips was 30 - 39 % of the amount of corresponding stem wood. However, a not too optimistic estimate of the amount of stump and root wood that can be harvested on a state wide basis remains at 15 - 20 % of the total amount of stem wood of the stand.

