

Aulis E. Hakkarainen:

Varastot puutavaran autokuljetuksen kustannustekijänä

Puutavaran autokuljetuskustannukset voidaan ryhmitellä varsinaisiin kuljetuskustannuksiin, välillisiin kuljetuskustannuksiin ja yleisiin kuljetuskustannuksiin (Harve ja Sundberg). Varsinaisilla kuljetuskustannuksilla tarkoitetaan ajo- eli matkakustannuksia sekä kuormaus- ja purkamiskustannuksia. Välillisiä kuljetuskustannuksia ovat taas tie- ja varastokustannukset sekä yleisiä kustannuksia lähinnä hallinto-, huolto- ja työnjohtokustannukset. Ko. kustannukset ja niiden väliset suhteet saattavat vaihdella verraten paljon eri olosuhteissa, esim. sellaisista tekijöistä kuin maaston, tien, varastojen ja kaluston laadusta, ajomatkan pituudesta, vuodenajasta, työmaan koosta ja töiden järjestelystä riippuen. Varsinaiset kuljetuskustannukset muodostavat tavallisesti suurimman kustannusryhmän. — Seuraavassa käsitellään esimerkkien valossa, missä määrin ajokertaa ja kuljetettua yksikköä kohti lasketut varsinaiset kuljetuskustannukset, ns. ajokertakustannukset, riippuvat kuormaus- ja purkamisvarastojen laadun vaihteluista sekä missä määrin pinotavaran kuormauksen koneellistamisella voidaan vaikuttaa ko. kustannuksiin.

Laskentaperusteet

Jäljempänä esitettävät laskelmat, joissa on käytetty Keski-Suomessa 1. 12. 58 voimassa olleita hintoja ja palkkoja, perustuvat pääosiltaan Metsätehon aikaisemmin suorittamiin tutkimuksiin. Tyypiautona ovat olleet eräät tavallisimmat 5.0 tn kantoiset, kaksiakseliset puutavara-autot, joiden kustannukset on selvitetty tämänluonteisissa laskelmissa yleisesti käytetyn kustannuslajiryhmittelyn puitteissa (vrt. Hakkarainen 1958). Puoliperävaunun kantavuus on oletettu 5.0 tn:ksi. Kuorman koko on laskettu kantavuuden ja moottoriajoneuvoasetuksen täytöntöönpanopäätöksessä annettujen kuormien perusteella. Perävaunun automaattisen kuormauksen sulan maan aikana on tällöin saatu kuivaa paperipuuta kuljetettaessa 14.1 p-m³ ja perävaunun 28.6 p-m³. Talvella, maan jäätyneenä ollessa, jolloin autoa saadaan kuormittaa enemmän kuin kesällä, ko. autojen kuormat ovat 16.5 ja 33.5 p-m³. Perävaunun automaattisen kuormauksen tukkeja kuljetettaessa ovat 355 ja 424 j³. Yhdistelmien yksinkertaistamiseksi niissä rajoitetaan pääosiltaan vain kesäolosuhteita vastaaviin kuormiin perustuvien tuloksien esittämiseen. Laskelmissa on edelleen lähdeytetty siitä, että kuormattuna ja tyhjänä ajon keskiarvo on autotyyppistä riippumatta hyvissä tieolosuhteissa 35 km/t, keskimääräisissä tieolosuhteissa 30 km/t ja varas-

toteilla, joita on oletettu olevan 100 m, 13 km/t (Heiskanen 1948).

Ajokerta-aika

Ennen kuin ryhdytään käsittelemään ajokertakustannuksia, on syytä tarkastella ns. ajokerta-aikaa, jonka perusteella ko. kustannukset lasketaan. Tämä aika, joka osaltaan kuvaa auton käytön tehokkuutta ja antaa siten viitteitä eri työvaiheiden kehittämistarpeesta, koostuu auton kuormaus- ja purkamisajasta sekä tyhjänä- ja kuormattuna-ajajasta. Sen pituus ja koostuminen riippuvat useista tekijöistä. Näistä mainittakoon tässä ajomatka, ajonopeus, kuorman koko, kuormaus- ja purkamisolosuhteet sekä -tapa.

Seuraavasta asetelmasta käy ilmi ajokerta-ajan suhteellinen jakautuminen keskimääräisissä työskentelyolosuhteissa kuivaa paperipuuta kuljetettaessa. Tällöin on lähdetty siitä, että tavara kuormataan käsin, kuljetetaan perävaununomalla autolla ja puretaan rökkiöön tai veteen.

	Ajomatka, km		
	10	30	100
	%		
Kuormausaika	53.4	31.7	13.0
Purkamisaika	11.2	6.6	2.7
Ajoaika	35.4	61.7	84.3
Ajokerta-aika	100.0	100.0	100.0

Ajomatkan pidentyessä ajoajan suhteellinen osuus ajokerta-ajasta suurenee, mutta kuormaukseen ja purkamiseen kuluneen ajan osuus pienenee. Auton kantavuuden ja kuorman koon suurentuessa kuormauksen ja purkamisen merkitys taas suurenee ja ajon pienenee. Talvella, jolloin kuorma saa olla suurempi kuin kesällä, ajoajan osuutta kuvaava sadannes on perävaununomalla auton kohdalla 30 km ajomatkalla, joka likimain vastaa teollisuuden raakapuun keskimääräistä autokuljetusmatkaa, 58.2. Perävaununomalla pinotavara-auton kohdalla sadannes on kesällä 44.3 ja talvella 40.6. Purettaessa heitto- tai varastopinoon purkamisajan osuus on hieman suurempi kuin esimerkkitapauksessa.

Keskimääräisen ajokerta-ajan jakautuminen tukkeja kuljetettaessa selviää seuraavasta asetelmasta. Tällöin on lähdetty siitä, että tukit kuormataan koneellisesti, kuljetetaan perävaununomalla autolla ja puretaan levälleen.

Taulukko — Table 1

Keskimääräisten ajokertakustannusten jakautuminen eräillä ajomatkoilla.
Distribution of the average per-trip costs on some transport journeys.

Erittely Specification	Pinotavara — Cordwood						Tukit — Logs					
	Bensiiniauto Gasoline truck			Dieselauto Diesel truck			Bensiiniauto Gasoline truck			Dieselauto Diesel truck		
	Ajomatka — Hauling distance, km											
	10	30	100	10	30	100	10	30	100	10	30	100
	%											
Kuormauskustann. Loading cost	33.6	15.6	5.4	39.0	19.2	6.9	40.8	20.9	7.7	41.9	22.2	8.4
Purkamiskustann. Unloading cost	7.3	3.4	1.2	7.8	3.8	1.4	10.1	5.2	1.9	12.4	6.5	2.5
Ajokustann. Hauling cost	59.1	81.0	93.4	53.2	77.0	91.7	49.1	73.9	90.4	45.7	71.3	89.1
Ajokertakustann. Per-trip costs	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

	Ajomatka, km		
	10	30	100
	%		
Kuormausaika	53.2	33.9	15.0
Purkamisaika	17.7	11.3	5.0
Ajoaika	29.1	54.8	80.0
Ajokerta-aika	100.0	100.0	100.0

Ajokerta-ajan jakautumisen vaihtelut ovat tukkeja kuljetettaessa pääpiirtein samanlaiset kuin pinotavaraa kuljetettaessa. Talvella ajoajan osuus on 30 km matkalla 54.3 % ja 100 km matkalla 79.7 %.

Tien laadun parantuessa, ts. ajonopeuden suuren- tuessa, ajoajan osuus ajokerta-ajasta pienenee. Jos keskimääräinen ajonopeus on 35 km/t, ajoajan osuus on kesällä 30 km matkalla perävaunuttoman pinota- vara-auton kohdalla 58.1 % ja perävaunullisen auton kohdalla 40.6 %. Tukkiauton kohdalla vastaava sa- dannes on 51.0.

Ajokertakustannukset

Kuten aikaisemmin on mainittu, hinnoittamalla ajo- kerta-aika päästään ajokerran varsinaisiin kuljetus- kustannuksiin. Taulukossa 1 nähdään bensiini- ja dieselautojen keskimääräisten ajokertakustannusten suhteellinen jakautuminen kuormaus-, purkamis- ja ajokustannuksiin erikseen pinotavaraa ja erikseen tuk- keja kuljetettaessa. Pinotavara-auto, joka kuorma- taan käsin, on perävaunun ja tukkiauto, joka kuor- mataan koneellisesti, perävaunullinen.

Taulukossa esitettävät kuormaus- ja purkamiskus- tannukset koostuvat kaluston kiinteistä kustannuk- sista ja kuljetushenkilöstön palkoista sekä mahdolli- sista kuormauslaitteen käyttökustannuksista. Ajo- kustannuksia, joihin sisältyvät sekä varastotiellä että varsinaisella ajotiellä muodostuneet kustannukset, ovat taas kaluston kiinteät ja muuttuvat kustannuk- set sekä palkat.

Talvella ajokustannukset ovat perävaunuttoman bensiiniauton kohdalla 30 km matkalla 78.7 % ja dieselauton kohdalla 74.1 % ajokertakustannuksista. Perävaunullisen tukkiauton kohdalla vastaavat sadan- nekset ovat 73.5 ja 70.9. Tämän ja taulukon 1 perus- teella voidaan siis todeta, että ajomatkan pidentyessä ja auton kantavuuden sekä kuorman koon pienen- tyessä kuormaus- ja purkamiskustannusten osuus pie-

nenee, mutta ajokustannusten osuus suurenee. Beni- siiniautojen kohdalla jälkimmäiset kustannukset näyt- televät hieman suurempaa osaa, mutta muut kustan- nukset pienempää kuin dieselautojen kohdalla. Tämä johtuu ko. autotyyppien kiinteiden kustannusten väli- sestä erosta. Dieselautojen kiinteät kustannuksethan ovat niiden korkeamman hankintahinnan vuoksi suu- remmat kuin bensiiniautojen ja kiinteiden kustannus- ten osuus on kuormaus- ja purkamiskustannuksissa suhteellisesti suurempi kuin ajokustannuksissa. Käsin kuormatun perävaunullisen pinotavara-auton kohdalla kuormauskustannusten osuus on hieman suurempi, mutta muiden kustannusten pienempi kuin koneelli- sesti kuormatun tukkiauton kohdalla.

Tien laadun parantuessa ja ajonopeuden kohotessa ajokustannusten osuus ajokertakustannuksista ja itse ajokertakustannukset pienenevät. Esimerkkitapauk- sessa ajonopeuden kohoaminen 30 km:sta 35 km:iin alentaa kaikkien autotyyppien ajokertakustannuksia 10...100 km matkalla 7.1...12.1 %. Ajomatkan piden- tyessä hyvien teiden ansiosta saatava kustannus- säästö suurenee.

Taulukko 2 havainnollistaa, missä määrin kuor- maus- ja purkamisaajan lyheneminen tai piteneminen vaikuttaa keskimääräisiin ajokertakustannuksiin eri ajomatkoilla.

Taulukko — Table 2

Kuormaus- ja purkamisaajan muutosten vaikutus bensiiniauto- jen keskimääräisiin ajokertakustannuksiin eräillä ajomatkoilla.

Effect of the changes of loading and unloading time on the aver- age per-trip costs of gasoline trucks on some transport journeys.

Ajo- matka <i>Hauling distance, km</i>	Pinotavara <i>Cordwood</i>			Tukit — <i>Logs</i>		
	Kuormaus- ja purkamisaajan muut- tuminen <i>Change of loading and unloading time, %</i>					
	10	50	100	10	50	100
	Ajokertakustannusten muuttuminen — <i>Change of per-trip costs, %</i>					
10	4.4	20.4	40.9	5.1	25.5	51.0
30	2.0	9.5	19.0	2.6	13.0	26.1
50	0.7	3.3	6.6	1.0	4.8	9.6

Kuta pitempi ajomatka, sitä vähemmän kuorma- ja purkamisolosuhteiden muutokset vaikuttavat ajokertakustannuksiin. Esimerkiksi, jos kuorma- ja purkamisaika lyhenee tai pitenee 50 %, niin perävaunuttoman bensiiniauton kustannukset alenevat tai kohoavat 30 km matkalla 10 % ja 100 km matkalla vain 3 %. Dieselauton ja kantavuudeltaan ison auton kustannuksiin, joissa kuorma- ja purkamiskustannukset näyttelevät suurempaa osaa, ko. muutokset vaikuttavat ymmärrettävästi hieman enemmän kuin bensiiniauton ja pienen auton kustannuksiin. Jos kuorma- ja purkamisaika muuttuu 50 %, niin taulukon 2 pinotavara-autoa vastaavan, dieselmoottorilla varustetun auton ajokertakustannukset muuttuvat 30 km matkalla 11.8 % ja 100 km matkalla 4.3 %. Dieselmoottorilla varustetun tukkiauton kustannukset muuttuvat tällöin samoilla matkoilla 14.3 ja 5.4 %.

Mainittakoon tässä yhteydessä, että kuorma- ja purkamisajan vaihtelut vaikuttavat päivittäiseen ajotulokseen suhteellisesti enemmän kuin ajokertakustannuksiin. Muutoin näiden vaihteluiden vaikutus on molemmissa tapauksissa samanlainen. Esimerkiksi, jos ko. aika lyhenee puoleen, niin tyyppiautojen päivittäinen ajotulos kesäolosuhteissa kasvaa 30 km matkalla 25.1...33.2 % ja 100 km matkalla 9.9...11.3 %.

Varastojen laatu ja järjestely vaikuttavat kuorma- ja purkamisajan lisäksi myös kuorman kokoon ja autojen käyttö-kustannuksiin. Huonopohjaisilta tai väärin järjestetyiltä kuorma-varastoilta autot saattavat joutua lähtemään vajaakuormalla, ja huonopohjaiset varastot saattavat nostaa auton kustannuksia. Kuorman koon pieneneminen autolle sallitusta tai tavallisesti käytetystä voi kohottaa paljonkin ajettua yksikköä kohti laskettuja ajokertakustannuksia. Tämä johtuu siitä, että auton kustannuksien pieneneminen on kuorman pienenemiseen verrattuna vähäistä. Osa auton kustannuksista on kokonaan sen koosta riippumattomia. Autojen korjaus- ja huolto-, poltto- ja voiteluaine- sekä rengaskustannusten suureneminen huonoilla varastoteilla vaikuttaa ajokertakustannuksiin tavallisesti vähemmän kuin kuorman koon pieneneminen, sillä varastotien osuus koko ajomat-kasta jää yleensä vähäiseksi. Taulukko 3 havainnollistaa kuorman koon pienenemisen vaikutusta ajokertakustannuksiin. Siinä esitettävillä suhteellisilla ajokertakustannuksilla tarkoitetaan vajaakuorman ja autolle

sallitun kuorman ajokertakustannuksien suhdetta, kun viimeksi mainitut kustannukset on merkitty 100:ksi. Kustannuksia laskettaessa on lähdetty siitä, että kuorma- ja purkamisolosuhteet, ajonopeus ja auton kustannukset ovat molemmissa tapauksissa samat. Niissä on otettu huomioon kuutiokyksikön kuorma-ajan suureneminen kuorman koon pientyessä.

Kuorman koon pieneneminen 10 % sallitusta nostaa esimerkkitapauksessa pinotavara- ja tukkiautojen kustannuksia 7...11 %. Kuorman jäädessä 20 %-ksi sallitusta kustannukset suurenevät 16...25 %. Ajomatkan pidentyessä vajaakuorman vaikutus kasvaa. Tukkiauton kustannukset kohoavat enemmän kuin pinotavara-auton. Tämä aiheutuu siitä, että kuutiokalkaa kohti laskettu kuorma-aika suurenee kuorman koon pientyessä suhteellisesti enemmän kuin pinokuutiometriä kohti laskettu. Tähän on taas syynä kuorman koosta riippumattomien aikojen erilaisuus tukkien ja pinotavaran kuormauksessa. Vajaakuorman suhteellinen vaikutus ajokertakustannuksiin näyttää olevan käytännöllisesti katsoen riippumaton autotyy-pistä. Esimerkiksi dieselautojen kustannuksien muuttuminen on likimain samansuuruinen kuin taulukossa bensiiniautojen. — Varastot, jotka rajoittavat autojen kuormittamista, ovat siis ajokertakustannuksien kan-nalta merkittävä kustannustekijä. Tapaus kerrallaan on harkittava, onko autokuljetuskustannuksia sil-mällä pitäen edullisempaa kunnostaa huono varasto-tie, vaiko jättää se tekemättä ja maksaa vajaakuor-man mukainen kuljetusmaksu tai järjestää huonon tieosan loppuun lisävarasto, josta autot saavat täyden-tää kuormaansa.

Tässä yhteydessä on syytä mainita, että kuorman koon suurentaminen autolle sallitusta on yleensä omiaan myös nostamaan ajokertakustannuksia. Kor-kean korkokannan vallitessa ylikuormittaminen voi tästä huolimatta muodostua yksityistalouden kannal-ta edulliseksi. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan ole aiheellista ryhtyä tarkemmin käsittelemään autojen ylikuormittamisen vaikutusta ajokertakustannuksiin, sillä se vaihtelee paljon eri olosuhteissa.

Edellä on lähdetty pinotavaran käsin kuormauk-sesta. Taulukoiden 4 ja 5 avulla pyritään havainnollis-tamaan 2 m pinotavaran kuormauksen koneellistami-sen vaikutusta ajokertakustannuksiin. Taulukoita laa-dittaessa on lähdetty sellaisesta autokohtaisesta kuorma-laitteesta, joka vastaa kustannuksiltaan tukkien kuormauksessa käytettävää puominosturia, ja siitä, että auto pääsee ajamaan kuormattavan varastomuo-dostelman viereen. Taulukoihin on laskettu suhteelli-set ajokertakustannukset edellyttäen, että kuorma-us-varastolla viipymisaika lyhenee koneellisen kuormauk-sen ansiosta 10, 20, 50 ja 75 %. — Sillä, minkälainen ko. kuorma-laite on, ei ole tässä yhteydessä merki-tystä. Riittää, kun tiedetään, mitä sen käyttäminen maksaa ja mikä on sen tuotos. Se voi olla joko yksin pölkyin, taakkoina tai nippuina kuormaava. — Suh-teellisilla ajokertakustannuksilla tarkoitetaan koneel-liseen kuormaukseen ja käsinkuormaukseen perustu-vien ajokertakustannuksien suhdetta silloin, kun vii-meksi mainitut kustannukset on merkitty 100:ksi. Tällöin on lähdetty siitä, että koneellisesti ja käsin kuormatussa autossa on apumies.

Mainitunlaisen autokohtaisen kuorma-laitteen käyttö muodostuu bensiiniautojen yhteydessä sekä kesä- että talviolosuhteissa käsin kuormausta kalliim-

Taulukko — Table 3

Bensiiniautojen suhteelliset ajokertakustannukset eräillä ajo-matkoilla, kun kuorma jää sallittua pienemmäksi.

Relative per-trip costs of gasoline trucks on some transport jour-neys, when the load is less than the permissible truck load.

Ajo- matka <i>Hauling distance, km</i>	Pinotavara <i>Cordwood</i>		Tukit — <i>Logs</i>	
	Kuorma sallittua pienempi <i>Load less than permitted by law, %</i>			
	10	20	10	20
	Suhteelliset ajokertakustannukset <i>Relative per-trip costs</i>			
10	107.3	116.1	110.8	122.7
30	109.2	120.7	110.9	123.8
100	110.4	123.4	110.9	124.5

Taulukko — Table 4

Perävaunuttomien autojen suhteelliset ajokertakustannukset erällä ajomatkoilla käytettäessä kustannuksiltaan puominosturia vastaavaa pinotavaran kuormajaa.

Relative per-trip costs of trucks without trailer on some transport journeys, when using for loading of cordwood a mechanical device corresponding in cost to a boom crane.

Ajo- matka <i>Hauling distance, km</i>	Bensiiniauto — <i>Gasoline truck</i>				Dieselauto — <i>Diesel truck</i>			
	Kuormausaika lyhenee — <i>Loading time shortens, %</i>							
	10	20	50	75	10	20	50	75
	Suhteelliset ajokertakustannukset — <i>Relative per-trip costs</i>							
10	108.8	104.4	90.5	78.8	102.8	97.9	84.4	73.8
30	104.1	102.0	95.6	90.2	101.7	99.3	92.7	87.5
100	101.9	101.2	98.9	97.0	101.0	100.1	97.7	95.9

Taulukko — Table 5

Perävaunullisten autojen suhteelliset ajokertakustannukset erällä ajomatkoilla käytettäessä kustannuksiltaan puominosturia vastaavaa pinotavaran kuormajaa.

Relative per-trip costs of trucks with trailer on some transport journeys, when using for loading of cordwood a mechanical device corresponding in cost to a boom crane.

Ajo- matka Hauling distance, km	Bensiiniauto — Gasoline truck				Dieselauto — Diesel truck			
	Kuormausaika lyhenee — Loading time shortens, %							
	10	20	50	75	10	20	50	75
	Suhteelliset ajokertakustannukset — Relative per-trip costs							
10	111.5	104.8	86.5	70.2	101.8	96.4	78.2	63.6
30	105.6	102.1	92.3	83.6	101.6	98.4	88.0	79.6
100	102.7	101.4	97.6	94.3	101.1	99.8	95.6	92.2



Kuva 1. Aktiebolaget J. W. Enqvist Osakeyhtiössä kehitettyä kehikkokuormausta. Tavara ladotaan maassa olevaan kehikkoon, joka sitten vedetään ohjaamon takana olevalla vintturilla auton lavalle. — Valok. kirj.

Photo 1. Pallet loading, developed by Aktiebolaget J. W. Enqvist Osakeyhtiö. The timber is loaded into a pallet on the ground, the pallet is then winched onto the truck platform with a winch mounted behind the cab. — Photo by the writer

maksi niissä tapauksissa, joissa sen avulla voidaan lyhentää kuormausvarastolla viipymisaikaa 10 ja 20 %. Sen käyttö näyttää alkavan kannattaa vasta sitten, kun ko. aikaa voidaan lyhentää yli 30 %. Dieselautojen yhteydessä sen käyttö on edullisempaa. Kannattavuusraja ohitetaan mm. silloin, kun aikasäästö ylittää 15...20 %. Kuorman koon suurentuessa kuormauslaitteen taloudelliset käyttöedellytykset paranevat. Esimerkiksi perävaunullisten autojen kohdalla kustannussäästö muodostuu siten suuremmaksi kuin perävaunuttomien autojen kohdalla. Lyhyillä ajomatkoilla kuormauslaitteesta on suhteellisesti enemmän hyötyä kuin pitkällä. Esimerkiksi silloin, kun kuormausaikaa voidaan lyhentää 50 %, ajokertakustannuksissa saavutetaan autotyyppistä riippuen 30 km matkalla kesäolosuhteissa 4...12 % ja talviolosuhteissa 4...13 % kustannussäästö käsin kuormaukseen verrattuna. 100 km matkalla säästö on enää vain 1...4 % ja 1...5 %.

Taulukoista 4 ja 5 käy siis ilmi, että silloin kun auto voidaan ajaa kuormattavan varastomuodostelman viereen, pinotavaran kuormauksen koneellistaminen, mikäli sen ensisijaisena tavoitteena on kuljetuskustannusten alentaminen, edellyttää verraten huomattavaa aikasäästöä käsin kuormaukseen verrattuna. Tilanne muuttuu kokonaan, jos tavoitteeksi asetetaan lähinnä raskaan kuormaustyön keventäminen ja muut ns. miellyttävyyssäkökohdat.

Taulukoiden 4 ja 5 tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että tukkien kuormauksessa käytet-



Kuva 2. Nokia Osakeyhtiössä kehitettyä nippualustakuormausta. Auto työntää tai vetää vintturin avulla tyhjän alustan nippumittapinon alle. — Valok. kirj.

Photo 2. Bundle bed loading developed by Nokia Osakeyhtiö. The truck pushes or winches the empty bed under the bundle measuring pile. — Photo by the writer.

tävä mekaaninen puominosturi, jonka kustannukset ovat olleet laskelmien perustana, on verraten halpaa hintainen. Esim. Ruotsissa käytettävät hydrauliset puominosturit, joita on erilaisilla lisälaitteilla varustettuina kokeiltu pinotavaran kuormauksessa, ovat mekaanisia nostureita tuntuvasti kalliimpia. Kuormauslaitteen hinnan kohotessa sen taloudellinen käyttö edellyttää ymmärrettävästi edellä mainittua suurempaa aikasäästöä. Toisaalta on otettava huomioon, että laskelmissa on lähdetty kuormauslaitteen käytöstä vain kuormaamisessa. Mikäli sitä voidaan käyttää myös purkamisen yhteydessä, esim. rautatievaunuun tai pinoon purettaessa, sen taloudellisuus saattaa olosuhteista riippuen parantua jonkin verran edellä esitetystä. Laskelmissahan on edelleen lähdetty siitä, että auto voidaan ajaa pinon tai ristikon viereen. Sellaisissa tapauksissa, joissa tämä ei ole mahdollista, tai joissa käsin kuormaaminen on esim. auton ja pinon välisen korkeuseron tms. tekijöiden vuoksi tavallista vaikeampaa, kuormauslaitteen taloudellisuus paranee. Huonoissa olosuhteissa sen avulla on mahdollisuus säästää suurempi aikasäästö käsin kuormaukseen verrattuna kuin hyvissä olosuhteissa. Kuormausmatkan pidentyessä herää kysymys siitä, missä määrin erilaisten pinotavarankuljettimien käyttö on ta-

dostuvat useassa tapauksessa halvemmiksi kuin, jos tavara siirretään autoon käsin. Kuljettimien taloudellisuutta ei kuitenkaan tavallisesti voida ratkaista yksinomaan mainitulla perusteella, vaan niiden käytöstä aiheutuvia kustannuksia on verrattava kustannuksiin, jotka muodostuisivat siitä, että ko. pinon tai ristikon viereen tehtäisiin tie ja tavara kuormattaisiin sen jälkeen käsin (*Putkisto*). Todettakoon kuitenkin, että on paljon tapauksia, joissa tällaisen tien tekemiseen ei ole mitään käytännöllisiä mahdollisuuksia. Tällöin vertailu on suoritettava ensiksi mainitulla pohjalla. Koska vertailuperusteen valitseminen ja vertailussa käytettävät kustannukset riippuvat paljon paikallisista olosuhteista, kuten maaston laadusta, varaston suuruudesta, vuodenajasta jne., ei tässä yhteydessä ole aiheellista puuttua tarkemmin kuljettimien käyttöön pinotavaran autoon kuormauksessa.



Kuva 3. Kun päästuki ja nippujen väliset tuet on asetettu paikoilleen, alusta vedetään auton päälle samalla tavalla kuin vaihtolava. — Valok. kirj.

Photo 3. When the main support and the supports between the bundles are placed in situ the bed is winched onto the truck in the same way as the interchangeable platform. — Photo by the writer.



Kuva 4. Ruotsalainen Långban kahmain, joka on asennettu hydrauliseen puominosturiin. Sitä voidaan käyttää myös mekaanisessa puominosturissa. Se soveltuu 2...3 m pituisen tavaran kuormaamiseen. Kuormaamisessa lienee sopivin kahden miehen työryhmä.

Photo 4. The Swedish Långban grab which is mounted on a hydraulic boom crane. It can also be used with a mechanical boom crane and is suitable for loading 2...3 m. timber. A 2-man team is probably best for the loading work.

Jos kuormauslaitteen avulla voidaan jättää auton apumies pois, sen taloudellisuus paranee tuntuvasti edellä esitetystä. Esimerkiksi mainitun, kustannuksiltaan mekaanista puominosturia vastaavan pinotavaran kuormaajan käyttö alentaa tällöin ajokertakustannuksia, vaikka kuormaukseen kuluaisikin hieman enemmän aikaa kuin käsin kuormattaessa.

Huolimatta siitä, että pinotavaran kuormauksen koneellistamisen taloudelliset mahdollisuudet saattavatkin näyttää vähäisiltä, siihen on kiinnitettävä suurta huomiota, sillä pian voidaan joutua tilanteeseen, jolloin ns. miellyttävyyssnäkökohdat ovat taloudellisuussnäkökohtia ratkaisevampia. Pitkän pinotava-

ran käsin kuormaaminen tuottaa jo nykyään vaikeuksia. Tässä työssä on hyvällä menestyksellä käytetty samaa puominosturia kuin tukkien kuormaamisessa. Sen sijaan lyhyen pinotavaran koneellista kuormausta ei ole vielä pystytty ratkaisemaan joka suhteessa tyydyttävästi. Ratkaisu saattanee löytyä lähinnä nippukuormauksesta tai koko kuormien kuormauksesta. Tällä periaatteella toimivia autokohtaisia laitteita on jo nykyään käytössä. Näiden yleistymisen edellyttää kuitenkin nippumittauksen mahdollistamista.

Noin 10 vuotta sitten ryhdyttiin maassamme kokeilemaan pinotavaran kuljetuksessa esikuormausperiaatteeseen pohjautuvia vaihtolavoja. Tehdasalueilla tapahtuvissa kuljetuksissa ne ovat saavuttaneet vakiintuneen aseman. Sen sijaan puutavaran kuljetuksissa niitä käytetään ainakin toistaiseksi verraten vähän. Taulukoissa 6 ja 7 nähdään perävaunuttomien autojen suhteelliset ajokertakustannukset vaihtolavaa käytettäessä. Tällöin on lähdetty siitä, että autoa kohti on 3 vaihtolavaa ja että auto joutuu viipymään kuormausvarastolla 10 min/kuorma (Heiskanen 1946). Tähän aikaan sisältyy tyhjän lavan pudottamiseen, kuormauspaikalle siirtymiseen ja kuormatun lavan nostamiseen sekä kiinnittämiseen kulunut aika. Kuorman purkamisaika on vaihtolava-autojen kohdalla samansuuruinen kuin muidenkin autojen. Lavan kiinteät kustannukset on määritetty vastaavalla tavalla kuin auton. Sen käytön on Aktiebolaget J. W. Enqvist Osakeyhtiöltä saatujen tietojen pohjalla laskettu lisäävän bensiiniauton korjaus- ja polttoainekustannuksia 95: — mk/kuorma ja dieselauton 65: — mk/kuorma. Suhteellisilla ajokertakustannuksilla tarkoitetaan vaihtolavan käyttöön ja tavalliseen käsinkuormaukseen perustuvien perävaunuttomien autojen ajokertakustannuksien suhdetta silloin, kun viimeksi mainittujen autojen kustannukset on merkitty 100:ksi. Taulukon 6 kustannuksia laskettaessa on lähdetty siitä, että vaihtolava-autossa on apumies ja että lavan kuormauksesta ei aiheudu lisäkustannuksia. Tällöin hevosmies tai traktorin kuljettaja purkaa kuormansa vaihtolavalle. Myös auton apumies osallistuu lavan kuormaukseen.

Taulukkoon 7 on laskettu kustannukset silloin, kun vaihtolava-autossa ei ole apumiestä ja lavan kuormaa-

Taulukko — Table 6

Vaihtolava-autojen suhteelliset ajokertakustannukset eräillä ajomatkoilla.

(Vaihtolava-autoissa apumies, lavan kuormaamisesta ei eri korvausta)

Relative per-trip costs of trucks with interchangeable platforms on some transport journeys.

(Helper in the truck with interchangeable platform; no extra charge for the loading of platform)

Ajo- matka Hauling distance, km	Ajoaika — Hauling time			
	Sulan maan aikana Unfrozen ground		Maan ollessa jäässä Frozen ground	
	Bensiiniauto Gasoline truck	Dieselauto Diesel truck	Bensiiniauto Gasoline truck	Dieselauto Diesel truck
	Suhteelliset ajokertakustannukset Relative per-trip costs			
10	78.1	73.0	75.0	69.2
30	91.2	88.2	89.6	85.9
100	98.8	97.6	98.1	96.7

Taulukko — Table 7

Vaihtolava-autojen suhteelliset ajokertakustannukset eräillä ajomatkoilla.

(Vaihtolava-autossa ei apumiestä, lavan kuormaamisesta korvausta 40: — mk/p-m³)

Relative per-trip costs of trucks with interchangeable platforms on some transport journeys.

(No helper in the truck with interchangeable platform; extra charge for the loading of platform 40: — marks per cu.m. piled measure)

Ajo- matka Hauling distance, km	Ajoaika — Hauling time			
	Sulan maan aikana Unfrozen ground		Maan ollessa jäässä Frozen ground	
	Bensiiniauto Gasoline truck	Dieselauto Diesel truck	Bensiiniauto Gasoline truck	Dieselauto Diesel truck
	Suhteelliset ajokertakustannukset Relative per-trip costs			
10	98.5	92.2	97.6	91.3
30	94.9	91.6	94.6	90.8
100	93.0	91.5	93.0	90.6

misessa joudutaan käyttämään erikoista kuormajaa. Tämän palkka on sosiaalikulunnuksineen nykyään n. 40: — (Rm/p-m³). Niiden autojen kustannuksiin, joihin vaihtolava-autoja taulukoissa verrataan, sisältyy apumiehen palkka.

Taulukosta 6 havaitaan, että vaihtolava-auton ajokertakustannukset ovat kaikilla siinä esitetyillä ajomatkoilla tavallisen menetelmän mukaan käsin kuormatun auton kustannuksia alhaisemmat. 30 km matkalla ero on autotyyppistä riippuen 9...14 %. Ero, joka on dieselautojen kohdalla ja maan jäätyneenä ollessa suurempi kuin bensiiniautojen kohdalla ja sulan maan aikana, pienenee ajomatkan pidentyessä. 100 km matkalla se on enää vain 1...3 %. Apumiehen poisjättäminen vaihtolava-autosta parantaisi sen taloudellisuutta tavalliseen perävaunuttomaan autoon verrattuna, jossa apumies on välttämätön käsin kuormauksen vuoksi. Esimerkiksi 30 km matkalla säästö olisi tällöin 19...25 %. Apumiehen poisjättäminen edellyttää vaihtolavojen kuormauksen järjestämistä yksinomaan hevosmiehen tai traktorin kuljettajan tehtäväksi. Tämä saattaa kuitenkin tuottaa varsinkin hankintakauppojen osalla vaikeuksia. Tällöin tarvitaan ainakin lyhyillä ajomatkoilla useampia vaihtolavoja autoa kohti, kuin mistä on lähdetty esimerkitapauksessa, joten säästö muodostuu jonkin verran edellä mainittua pienemmäksi.

Vaihtolava tarjoaa myös silloin, kun käytetään erikoista kuormajaa, mahdollisuuksia varsinaisten kuljetuskustannusten alentamiseen (taulukko 7). Dieselauton yhteydessä vaihtolavasta on enemmän hyötyä kuin bensiiniauton yhteydessä. Päinvastoin kuin taulukossa 6 esitetyssä tapauksessa ko. kustannussäästö suurenee ajomatkan pidentyessä. Tämä johtuu siitä, että vaihtolavan kuormauksesta maksettavan lisäkorvauksen, 40: — mk/p-m³, osuus ajokertakustannuksista pienenee ajomatkan pidentyessä. Pitkillä matkoilla ero aiheutuu ensi sijassa apumiehen poisjättämisestä vaihtolava-autosta. Todettakoon, että lyhyillä ajomatkoilla vaihtolavan avulla saavutettava kustannussäästö on taulukossa 7 esitetyssä tapauksessa pienempi, mutta pitkillä hieman suurempi kuin taulukossa 6 esitetyssä tapauksessa. Jos vaihtolava-autossa on apumies ja lavan kuormaamisessa joudutaan lisäksi käyttämään erikoista kuormajaa, lavan avulla ei tavallisissa kuormausolosuhteissa näytä olevan saavutettavissa taloudellisia etuja käsin kuormaukseen verrattuna, vaan useassa tapauksessa sen käyttäminen nostaa ajokertakustannuksia.

Taulukoiden 6 ja 7 tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että silloin, kun vaihtolavakuljetus voidaan yhdistää välittömästi metsäkuljetukseen, sen avulla voidaan saada aikaan säästöä myös erilaisissa varastokustannuksissa. Tällöin välttyään mm. alus- ja pääpuiden, sidelankojen ja lumitöiden aiheuttamilta kustannuksilta. Tätä kustannussäästöä ei ole otettu huomioon edellä esitetyissä vertailuissa.

Nykyisessä muodossaan vaihtolavoja voidaan käyttää vain perävaunuttomien autojen yhteydessä. Tunnettuahan on, että pitkillä ajomatkoilla perävaunullinen auto on myös pinotavarankuljetuksessa perävaunutta taloudellisempi. Verrattaessa keskenään vaihtolavalla, jonka kuormaamisesta ei jouduta maksamaan eri korvausta, varustetun perävaunuttoman auton ja käsin kuormatun perävaunullisen auton kustannuksia havaittiin, että vaihtolava-auton kustannukset ovat 50 km matkalla kesällä n. 50 % ja talvella n. 40 % perävaunullisen auton kustannuksia suuremmat. 100 km matkalla ero on kesäolosuhteissa n. 65 % ja talviolosuhteissa n. 60 %. Tällöin on lähdetty perävaunullisen auton koko kuljetuskapasiteetin hyväksi käyttämisestä. Kaikissa tapauksissa tämä ei ole mahdollista, esimerkiksi varastojen tai teiden huonon kunnan vuoksi.

Loppupäätelmät

Yhteenvedona edellä esitetystä voidaan todeta, että kuta lyhyempi ajomatka, kuta suurempi auto ja kuorma sekä kuta parempi tie, sitä merkittävämpi vaikutus kuormaus- ja purkamisvarastojen laadulla ja varastotöiden järjestelyllä on ajokerta-aikaan ja ajokertaa kohti laskettuihin varsinaisiin kuljetuskustannuksiin, ns. ajokertakustannuksiin. Dieselautojen kustannuksiin varastot vaikuttavat suhteellisesti enemmän kuin bensiiniautojen kustannuksiin. Autojen koon suurentuessa, dieselautojen määrän kasvaessa ja tietön laadun parantuessa lisääntyy näin ollen kuormaus- ja purkamistöiden rationalisoimisen merkitys.

Varastot, jotka rajoittavat autojen kuormittamista, ovat ajokertakustannuksien kannalta merkittävä kustannustekijä. Kuta pitempi ajomatka, sitä tuntuvampi on tällaisen varaston vaikutus.

Kuva 5. Ruotsalainen hydraulisesti toimiva Hiab pinotavaran kuormaja, jolla kuljettaja voi kuormata yksinään. Se voidaan sijoittaa joko autoon tai varsinaiseen perävaunuun. — Valok. SDA.

Photo 5. The Swedish hydraulically operated Hiab cordwood loading device with which the driver can load single-handed. The device can be mounted on either the truck or the trailer. — Photo by SDA.



Sellaisissa tapauksissa, joissa auto voidaan ajaa kuormattavan varastomuodostelman viereen ja joissa autossa tarvitaan apumies, autokohtaisten pinotavaran kuormauslaitteiden taloudellisen käytön edellytyksenä on verraten huomattava kuormausajan lyheneminen käsin kuormaukseen verrattuna. Työskentelyolosuhteiden vaikeutuessa kuormauslaitteesta saatava hyöty suurenee. Jos sen avulla voidaan poistaa auton apumies, sen taloudelliset käyttömahdollisuudet paranevat tuntuvasti. Kustannuksiltaan halpojen kuormauslaitteiden käyttö voi tällöin muodostua kannattavaksi, vaikka kuormausaika ei lyhenisikään käsin kuormausajasta.

Vaihtolavat tarjoavat oikein käytettyinä mahdollisuuksia perävaunuttomien autojen ajokertakustannuksien alentamiseen. Pitkillä matkoilla perävaunuttomat vaihtolava-autot eivät yleensä pysty taloudellisesti mielessä kilpailemaan perävaunullisten, tavallisen menetelmän mukaan käsin kuormattujen autojen kanssa.

Edellä on käsitelty varastojen laadun ja varastotöiden vaikutusta ajokertaa kohti laskettuihin varsinaisiin kuljetuskustannuksiin. Nämä tekijät vaikuttavat, kuten edellä on jo viitattu, myös ajotulokseen ja tätä tietä muihinkin autokuljetuskustannuksiin. Esimerkiksi ajotuloksen pienentyessä, jolloin automäärän pysyessä samana ajokausi pitenee, hallinto-, huolto- ja ennen kaikkea työnjohtokustannukset pyrkivät

kohoamaan. Automäärän suurentaminen saattaa taas nostaa tiekustannuksia. Koska varastojen laadun ja varastotöiden vaihtelut vaikuttavat tavallisesti eniten varsinaisiin kuljetuskustannuksiin, tässä yhteydessä ei ole katsottu aiheelliseksi ryhtyä käsittelemään tarkemmin sitä, missä määrin ne vaikuttavat muihin autokuljetuskustannuksiin.

KIRJALLISUUTTA

- Hakkarainen, Aulis E.* 1958. Kaksi- ja kolmiakselisen puutavara-auton käyttökustannuksien vertailu (Summary: Comparison of the Operating Costs of 2-axle and 3-axle Timber Trucks). Metsätehon tied. n:o 144 — Metsäteho Report No. 144. Helsinki.
- Harve, Paavo* 1957. Puutavaran hankinnan kustannuslaskenta. Ennakkolaskenta. Metsäkäsikirja 2. osa, ss. 222—240. Rauma.
- Heiskanen, Veijo* 1946. Pinotavaran kuormaus autoihin. Eräs kotimainen esikuormauslaite. Metsätehon tied. n:o 12 — Metsäteho Report No. 12. Helsinki.
- Heiskanen, Veijo* 1948. Tutkimuksia pinotavaran autokuljetuksesta (Summary: Investigations into Truck Hauling of Piled Wood). Metsätehon julk. n:o 10 — Metsäteho Publication No. 10. Helsinki.
- Putkisto, Kalle* 1954. Pienpuutavaran siirtelyn koneellistaminen (Summary: Mechanization of the Moving of Small Timber). Metsätehon tied. n:o 108 — Metsäteho Report No. 108. Helsinki.
- Sundberg, Ulf* 1953. Studier i skogsbrukets transporter. SDA:s meddelande nr 48. Stockholm.

Storages as a Cost Factor in the Truck Transport of Timber

by Aulis E. Hakkarainen

SUMMARY

The article discusses with the help of examples the effect of the quality of loading and unloading storages on actual truck transport costs per trip, i.e. so-called per-trip costs, and the extent to which these costs may be influenced by mechanisation of cordwood loading. Actual truck transport costs refer to loading and unloading costs and the cost of driving empty and loaded.

The calculations were made for some of the most common truck models used in timber haulage. The starting point was the assumption that the average speed, empty and loaded, for average road conditions, was 30 km/hour, and that a truck load, excluding trailer, of seasoned cordwood during the period of unfrozen ground was 14.1 piled cu.m. and during the period of frozen ground 16.5 piled cu.m. The corresponding loads for a truck with semi-trailer were 28.6 and 33.5 piled cu.m., respectively, and 355 and 424 cu.ft. when transporting softwood logs. Unless otherwise stated, the tables give only results based on loads during the period of unfrozen ground.

Table 1 shows the relative distribution of the per-trip costs into loading, unloading and driving items. It is assumed that the cordwood is loaded manually, hauled by trailer-less truck and unloaded into a heap. As regards logs, it is assumed that the truck has a semi-trailer, that mechanised loading is used and, when unloading, the

logs are scattered about. The loading and unloading costs consist of the fixed cost of the equipment, wages and the possible cost of using a loading device. Driving costs, on the other hand, consist of the fixed and variable cost of the equipment, and wages. To supplement the table, it may be mentioned that when the quality of the road improves, i.e. the driving speed increases, the per-trip costs and the share of the driving cost in them decrease but the other costs increase in proportion. For instance, if the average driving speed is 35 km/hour, the proportion of driving costs, depending on the model of vehicle used, is 74...79 % over a distance of 30 km for a trailer-less truck loaded with cordwood and 68...71 % for a truck and semi-trailer loaded with logs.

Over a distance of 30 km, which corresponds to the average truck-transport haul of industrial raw wood in Finland, driving time accounts for 62 % of the per-trip time with a trailer-less cordwood truck in average working conditions; the corresponding percentages for the loading (manual) and unloading times are 32 and 6 respectively. For a mechanically-loaded log-carrying truck with trailer the comparable percentages are 55, 34 and 11.

Table 2 shows the effect of the loading and unloading conditions on the per-trip cost. The changes in question are felt slightly more noticeably in the cost of diesel trucks and large trucks than in the cost of gasoline trucks and small trucks.

Storages may also affect the load size and the truck operating costs. The trucks may have to leave with short loads from a loading site with poor foundation or incorrectly organised, and storages with poor foundations may raise the truck operating costs considerably. As can be seen in Table 3, storages at which the load is less than the permissible truck load constitute a significant factor in the per-trip costs. The cost-increasing effect of short loads is due to the fact that the reduction of truck operating costs is small compared with the diminution of the load. The relative per-trip costs given in Table 3 indicate the ratio between the per-trip costs with a short load and with the permissible capacity load when the latter costs are denoted by 100. The costs of diesel trucks are practically the same as the costs for gasoline trucks in the table.

Tables 4 and 5 illustrate the influence of the mechanisation of cordwood loading on the per-trip costs. In compiling the tables it was assumed that a loading device was used which corresponds in costs to the mechanical boom crane used for log loading. This device was considered to shorten the loading time, compared with manual loading by 10, 20, 50 and 75 %. The relative per-trip costs given in the tables indicate the ratio between the per-trip costs based on mechanised loading and on manual loading when the latter are denoted by 100. It must be borne in mind that the mechanical boom crane used for log loading in Finland is relatively cheap to operate. As the costs of the loading device increase, the saving in time, the condition for its economic use, compared with manual loading naturally also increases. On the other hand, it must be remembered that it is assumed for these calculations that the truck can drive right up to the pile for loading. If this is not possible, or if the loading conditions are more difficult than usual for instance because of the loading height, the economic conditions of opera-

tion of the loading device are better than those mentioned above as the mechanical equipment makes it possible in poor loading conditions to effect a greater saving in time compared with manual loading than in good loading conditions.

Some ten years ago, experiments were started in Finland with using interchangeable platforms for cordwood haulage. In this method the truck usually has 2 or 3 detachable platforms. An empty platform is dropped down to the ground at the loading site where it is loaded while the truck takes another, full, platform to the unloading site. The full platform is hoisted onto the truck by a winch mounted on the vehicle itself. Tables 6 and 7 give the relative per-trip costs of interchangeable-platform trucks without trailer. The costs in question are the ratio between the per-trip costs based on the use of the interchangeable platform and on ordinary manual loading when the latter is denoted by 100. Table 6 assumes that the haulier or the tractor operator unload onto the interchangeable platform and that no special loader is necessary to fill the platform, while Table 7 assumes that a special loader is used. The tables show that the use of interchangeable platforms offers a way of reducing the per-trip costs of trailer-less trucks. If a helper is used in a truck with interchangeable platforms and there is also a special loader to fill the platforms, no saving in costs is achieved with the interchangeable platforms, indeed there is an increase in costs.

In their present form, interchangeable platforms may be used only in trailer-less trucks. Trucks with semi-trailers have proved more economical than trailer-less vehicles over long hauling distances. The ratio is similar also for comparison of the costs of a trailer-less truck with interchangeable platforms with the costs of a truck with trailer loaded by hand in the conventional way.

