METSÄTEHON
TIEDOTUS
METSÄTEHO REPORT

395

Puutavara-auton polttoaineenkulutus

FUEL CONSUMPTION OF A TIMBER TRUCK TRAILER COMBINATION

OLAVI KOSKINEN
OLAVI PENNANEN

HELSINKI 1986

Metsätehon tiedotus — *Metsäteho Report* 395

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

PUUTAVARA-AUTON POLTTOAINEENKULUTUS

Fuel Consumption of a Timber Truck Trailer Combination

Olavi Koskinen
Olavi Pennanen

METSÄTEHO, PL 194 (Fabianinkatu 9 B), 00131 HELSINKI 13

Painovalmiste Ky, Helsinki

ISBN 951-673-103-1
ISSN 0356-7257

SISÄLLYS
Contents

	Sivu *Page*
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMINEN	5
3 TUTKIMUSTULOKSET	6
4 PÄÄTELMÄT	9
Summary	10
LIITTEET	11

TIIVISTELMÄ

Täysperävaunuauton polttoaineenkulutus ajokertaa kohti oli 37 km:n keskikuljetusmatkalla varastoittain keskimäärin 57 litraa/100 km; tyhjänä- ja kuormattunaajossa polttoainetta kului keskimäärin 48 l/100 km sekä kuormauksessa ja purkamisessa yhteensä 9 l/100 km. Kuormattunaajossa polttoainetta kului 57 l/100 km ja tyhjänäajossa 39 l/100 km. Kuormauksen valmistelussa ja kuormauksessa polttoainetta kului 6.0 l/kuorma ja purkamisessa 1.2 l/kuorma.

Lyhimmillä kuljetusmatkoilla (12 km) polttoainetta kului kuormaus mukaan lukien lähes 80 l/100 km, kun taas pisimmillä (99 km) noin 48 l/100 km. Ero johtuu siitä, että pitkillä matkoilla metsäteiden ja kuormauksen osuus polttoaineenkulutuksesta pieneni.

Metsäteillä tyhjänä ajettaessa polttoainetta kului noin 55 % ja kuormattuna 90 % enemmän kuin kestopäällysteisillä pääteillä ajettaessa. Hyvillä metsäteillä, paikallisteillä, maanteillä ja taajamissa ajettaessa polttoainetta kului 15 - 30 % enemmän kuin pääteillä ajettaessa.

Tutkimuksessa oli hyvin mäkisiä ja keliolosuhteiltaan vaikeita tienosia. Niillä ajettaessa polttoainetta kului runsaasti, mikä korostaa tienpidon ja puutavaran varastoinnin suunnittelun tärkeyttä myös polttoaineen kulutuksen kannalta.

1 JOHDANTO

Puutavara-auton polttoaineenkulutukseen vaikuttavat tien laatu, ajotapa, ajoneuvon ominaisuudet ja autoyhdistelmän paino. Puutavaran autokuljetukselle tieolosuhteilla on huomattava merkitys, koska metsäteillä vierintä- ja nousuvastus ovat suuret.

Tavoitteena oli selvittää, miten paljon puutavara-auto kuluttaa polttoainetta ja miten tieolosuhteet vaikuttavat polttoaineen kulutukseen. Tutkimus on liikenneministeriön ja Metsätehon yhteistyö.

2 TUTKIMINEN

Polttoaineen kulutusta tutkittiin syyskuussa 1984 Enso-Gutzeit Oy:n Joensuun hankinta-alueella. Tutkimuksen kohteena oli yhdeksän kuorman ajo neljästä eri varastosta (taulukko 1). Kuormat kuormattiin auton omalla kuormaimella ja purettiin nippuina kaatamalla. Yksi kuorma purettiin auton omalla kuormaimella.

Puutavara-auto oli 4-akselinen Scania R 142 H 8 x 2 Intercooler, vuosimalli 1983. Moottorin teho oli 309 kW (DSC 1401). Autolle sallittu kokonaispaino oli 28.0 tonnia ja kantavuus 16.5 tonnia.

A. Weckmannin valmistaman perävaunun pituus oli 7.7 m. Se oli matalarakenteinen ja 3-akselinen. 4-akseliseen vetoautoon kytkettynä perävaunulle sallittiin 20.0 tonnin kokonaispaino ja sen kantavuus oli 14.4 tonnia.

Autoon kytketty kuormain oli Foresteri 797, vuosimalli 1983. Sen nostoteho on 70 kNm ja ulottuvuus 9.7 m.

Auton kuljettaja oli 21-vuotias ja hän oli ajanut puutavara-autoa 3 vuotta. Kuormaimen käyttöjärjestelmä oli kuljettajalle uusi.

Polttoaineen kulutusta mitattiin sitä varten valmistetulla ajoanalysaattorilla. Se on laite, jolla kuljetuksen aikana kerätään tiedot ajoajasta, ajomatkasta, polttoaineenkulutuksesta ja ajonopeudesta. Tiedot kerättiin magneettinauhalle kuormittain, työnvaiheittain ja etukäteen valituin tieosuuksittain. Tiedot voidaan myös simuloida tietokoneella.

TAULUKKO 1 Tutkimuskuormat
Table Loads studied

Ajoreitti *Routes*	Kuljetusetäisyys *Transport distance*	Nousua *Upgrade* (kuormattuna-ajosuuntaan) *(driving loaded)*		Laskua *Downgrade*		Kuormia, kpl *Number of loads*	Puutavaralaji *Timber assortment*	Tilavuuspaino, kg/kehys-m³ *Volume-weight, kg/frame volume m³*	Autoyhdistelmän kokonaispaino, t *Gross combination weight, ton* *)	Ajonopeus *Mean speed*	
	km	m/km	% matkasta *% of distance*	m/km	% matkasta *% of distance*					kuormattuna *loaded*	tyhjänä *empty*
										km/h	
Harila - Joensuu (tehdas - *mill*)											
	25	6.2	28	7.2	46	2	Koivutukit *Birch sawlogs*	505	46	36	35
Kekovaara - Uimaharju (tehdas - *mill*)											
	99	5.1	49	5.3	39	3	Kuusitukit *Spruce sawlogs*	540	48	63	68
Kunnasniemi - Onttola (uitto - *floating*)											
	12	9.2	28	11.2	53	2	2 m mäntykuitupuu *2-m pine pulpwood*	410***)	39	43	53
Kinttumäki - Paloniemi (varasto - *landing*)											
	12	7.4	36	9.8	44	1	Koivutukit *Birch sawlogs*	565	47	33	32
Joensuu - Heinola (tehdas - *mill*)**)											
	284	-	-	-	-	1	Koivutukit *Birch sawlogs*	565	54	74	-

*) Kuormattuna, ilman kuormainta - *Loaded, without loader*
**) Vain kuormattuna-ajo kuormain mukana - *Driving loaded only, with loader*
***) Ei mittaustulos, vaan liikenneministeriön päätöksen mukainen (puolikuiva) - *Not a test result*

Teiden pystysuora geometria eli mäkisyys mitattiin barometrilla niiltä teiltä, joilta tätä tietoa ei entuudestaan ollut. Valituilta osuuksilta mitattiin horisontaalinen geometria eli mutkat gyroskoopilla. Valintaperusteena oli arvio siitä, että mutkat vaikuttavat ajoon. Tiet mittasi tie- ja vesirakennushallitus.

Aineisto käsiteltiin ja analysoitiin sekä graafiset kuvaukset piirrettiin liikenneministeriössä.

3 TUTKIMUSTULOKSET

Keskimääräinen polttoaineenkulutus tyhjänä ja kuormattuna ajettaessa oli varastoittain 48 l/100 km (taulukko 2). Kuormattuna ajettaessa polttoainetta kului 57 l/100 km ja tyhjänä ajettaessa 39 l/100 km. Kuljetusmatka oli keskimäärin 37 km. Kuormattuna-ajossa Joensuusta Heinolaan kului polttoainetta 47 l/100 km.

TAULUKKO 2 Polttoaineenkulutus tyhjänä- ja kuormattuna-ajossa

Tieluokka	Ajomatka	Ajonopeus	Polttoaineenkulutus	
	km	km/h	l/100 km	osuus, %
TYHJÄNÄAJO				
Metsätie	11.3	20	53	11
Runko- ja paikallistie	12.5	46	46	10
Maantie	37.9	63	41	28
Taajama	8.5	31	43	6
Kanta- ja valtatie	75.1	74	34	45
Yhteensä ja keskimäärin	145.3	54	39	100
KUORMATTUNA-AJO				
Metsätie	11.2	21	94	13
Runko- ja paikallistie	12.5	40	57	8
Maantie	38.8	51	58	27
Taajama	8.9	32	64	7
Kanta- ja valtatie	75.7	72	50	45
Yhteensä ja keskimäärin	147.1	51	57	100
TYHJÄNÄ- JA KUORMATTUNA-AJO YHTEENSÄ JA KESKIMÄÄRIN	292.4	52	48	-

Metsäteillä tyhjänä ajettaessa polttoainetta kului noin 55 % ja kuormattuna ajettaessa noin 90 % enemmän kuin kestopäällysteisillä pääteillä ajettaessa. Metsäteillä oli hyvin mäkisiä osuuksia ja usein kuormain oli lisäpainona metsätieosuuden molempiin suuntiin. Kun ajettiin hyvälaatuisilla metsäteillä - runkoteillä -, paikallisteillä ja maanteillä, polttoainetta kului 15 - 30 % enemmän kuin kestopäällysteisillä pääteillä. Taajamassa-ajo kulutti polttoainetta noin 25 % enemmän kuin kestopäällysteisillä pääteillä ajo. Se johtui siitä, että ajonopeus vaihteli muun liikenteen ja liikennevalojen vuoksi.

Ajoreittiä Harila - Joensuu (kuva 1) muutettiin, jotta eri tieluokkiin saatiin havaintoja. Tavallisesti ajovälit 3, 5 ja 6 olisi ajettu kestopäällysteistä tietä pitkin.

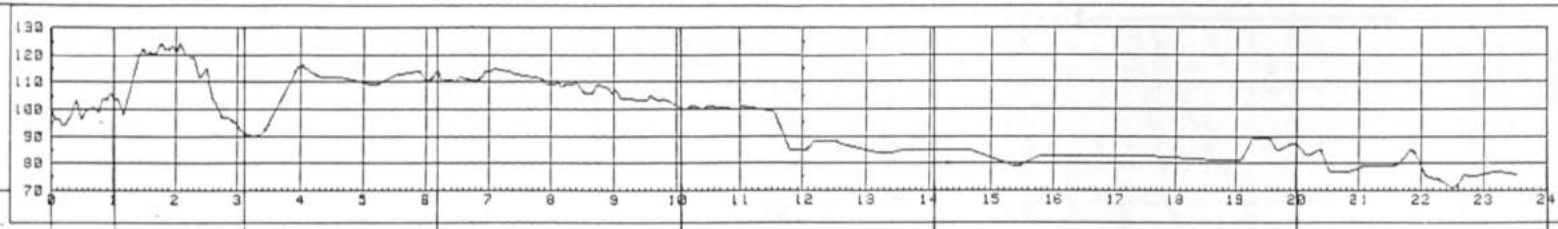
Kun ajettiin kuormattuna-ajosuuntaan, koko ajoreitillä oli nousua 146 m eli 6.2 m/km ja laskua 170 m eli 7.2 m/km. Ajoreitin alkuosa on erityisen mäkinen ja siksi polttoaineenkulutus oli yli kaksinkertainen päätielläajoon verrattuna. Ajoväleillä 1 ja 2 kuormain oli mukana, jolloin kokonaispaino kuormattuna oli 49.4 t ja tyhjänä 19.4 t. Polttoaineenkulutusta lisäsivät myös tien märkyydestä ja liukkaudesta johtuvat kiinni juuttumiset ajovälillä 1.

Ajovälillä 6 oli nopeusrajoitus ja myötämäkeä, kun ajettiin kuormattuna-ajosuuntaan. Ne näkyvät pienenä kuormattuna-ajon polttoaineenkulutuksena.

Kuormauksessa polttoaineenkulutus jaettiin kuormauksen valmistelun ja varsinaisen kuormauksen kesken (taulukko 3).

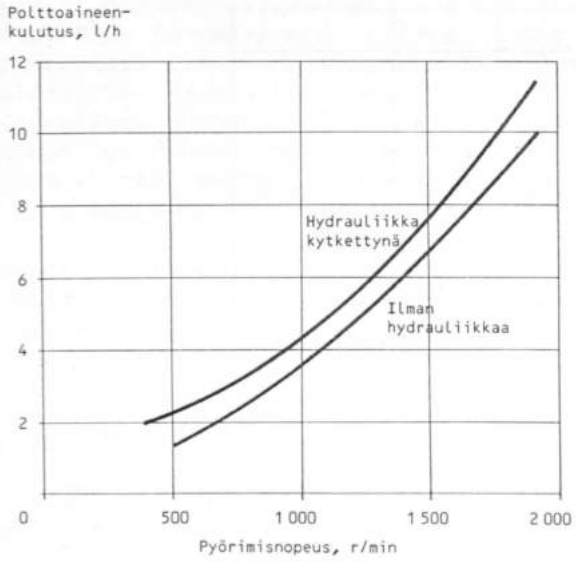
TAULUKKO 3 Polttoaineenkulutus kuormauksessa

Työnvaihe	l/kuorma	min/kuorma	l/h	l/m^3
KUORMAUKSEN VALMISTELU				
Kääntäminen	0.1	1.9	2.9	-
Kuormaimen kiinnitys	0.3	9.3	2.0	-
Kuormaus- ja ajokuntoon laitto	0.7	9.7	4.3	-
Siirtyminen	0.1	0.8	5.3	-
Kuormaimen irrotus	0.6	10.9	3.2	-
Yhteensä ja keskimäärin	1.8	32.6	3.2	0.05
VARSINAINEN KUORMAUS	4.3	48.6	5.3	0.12



Ajoväli, n:o *Hauling interval, No.*	1 ja 2 and	3	4	5	6	7	8	1-8
Tieluokka ja päällyste *Road class and surface*	Metsätie, sora, upottavuutta *Forest road, gravel*	Runkotie, sora *Main forest road, gravel*	Maantie, kestopäällyste *Highway, asphalt*	Maantie, sora *Highway, gravel*	Maantie, öljysora, nopeusrajoitus 50 km/h *Highway, oil gravel, speed limit 50 km/h*	Valtatie, kestopäällyste *Main road, asphalt*	Taajama, kestopäällyste, liikennevaloja *Urban area, asphalt, traffic lights*	
Kuormattuna-ajo - *Driving loaded*								
- km/h	13	18	56	45	50	48	30	36
- l/100 km - *litres/100 km*	141	107	85	71	36	67	62	71
Tyhjänäajo - *Driving empty*								
- km/h	8	23	68	45	55	53	29	35
- l/100 km - *litres/100 km*	100	54	35	38	38	38	46	43
KUORMATTUNA- JA TYHJÄNÄAJO KESKIMÄÄRIN *DRIVING LOADED AND EMPTY AVERAGE*								
- km/h	10	20	62	45	53	51	30	36
- l/100 km - *litres/100 km*	123	81	60	54	37	52	55	57

Kuva 1. Polttoaineenkulutus ajoreitillä Harila - Joensuu
Fig. 1. Fuel consumption on route Harila - Joensuu



Kuva 2. Polttoaineenkulutus joutokäynnissä

TAULUKKO 4 Polttoaineenkulutus purkamisessa

Työnvaihe	l/ kuorma	min/ kuorma	l/h	l/m^3
PURKAMINEN KAATAMALLA (7 kuormaa)				
Nippujen sidonta	0.8	36	1.4	-
Varsinainen purkaminen	0.3	7	2.5	-
Siirtyminen	0.1	1	5.9	-
Yhteensä ja keskim.	1.2	44	1.7	0.03
PURKAMINEN OMALLA KUORMAIMELLA PINOON (1 kuorma)				
Purkamisen valmistelu	0.2	3	5.1	-
Varsinainen purkaminen	1.6	17	5.5	-
Siirtyminen	0.0	0	0.0	-
Yhteensä ja keskim.	1.8	20	5.5	0.06

Varsinaisessa kuormauksessa polttoaineenkulutus muuttuu moottorin käyntinopeuden ja kuormaustehokkuuden mukaan (kuva 2). Kun kuormaimen ohjausjärjestelmä oli kuljettajalle outo, kuormaukseen kului lähes puolta pitempi aika kuin tavallisesti. Se lisäsi polttoaineenkulutusta kuormaa ja puumäärää kohti. Kuormauksen valmistelussa polttoaineenkulutusta lisäsi se, että moottori kävi kuormausnopeudella hydrauliikka kytkettynä.

Purkamisessa polttoaineenkulutus (taulukko 4) sidonnan aikana johtuu siitä, että auton moottori oli käynnissä.

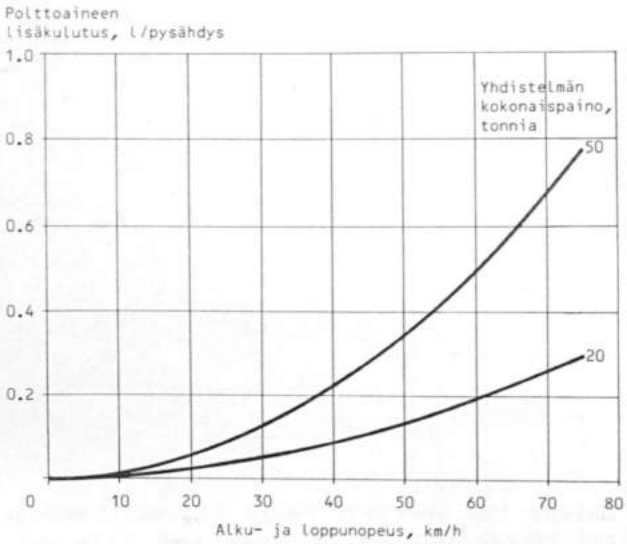
Keskimääräinen polttoaineenkulutus eri kuljetusreiteillä (taulukko 5) ajokertaa kohti eri kohteiden keskiarvona oli 57 litraa/100 km. Kulutus vaihtelee kuitenkin kuljetusmatkan mukaan, koska kuormattaessa, purettaessa ja metsäteillä ajettaessa kuluva polttoaine vaikuttaa lyhyillä ajomatkoilla enemmän kuin pitkillä.

Polttoainetta kului kuormaamisessa ja purkamisessa lyhyillä kuljetusmatkoilla (12 km) 30 - 40 % polttoaineenkulutuksesta koko ajokertaa kohti. 25 km:n kuljetusetäisyydellä kuormaamisessa ja purkami-

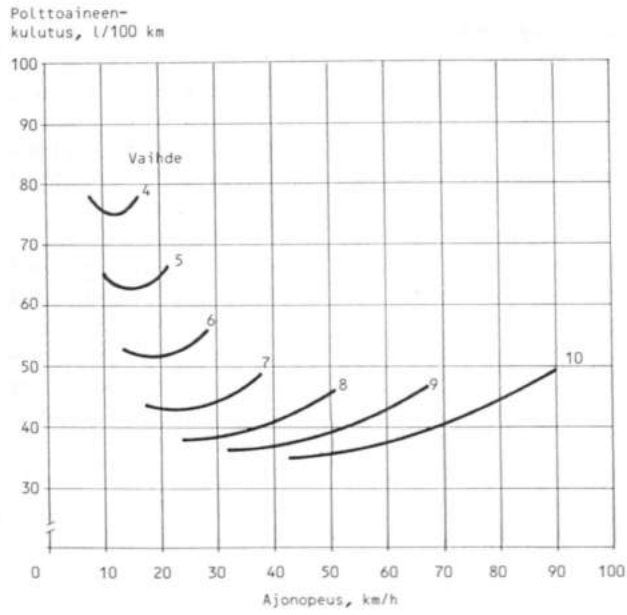
TAULUKKO 5 Keskimääräinen polttoaineenkulutus eri ajoreiteillä
Table Mean fuel consumption on various routes

Ajoreitti *Routes*	Kuormauksen valmistelu yms. *Preparation for loading*	Kuormaus *Loading*	Ajo kuormattuna *Driving loaded*		Ajo tyhjänä *Driving empty*		Purkaminen *Unloading*	Yhteensä ja keskimäärin *Total and average*	
	1/kuorma *litres/load*	1/kuorma *litres/load*	1/kuorma *litres/load*	1/100 km *litres/100 km*	1/kuorma *litres/load*	1/100 km *litres/100 km*	1/kuorma *litres/load*	1/kuorma *litres/load*	1/100 km *litres/100 km*
Harila - Joensuu	1.5	4.4	17.1	70.5	10.3	43.3	0.9	34.2	70.4
Kekovaara - Uimaharju	1.9	5.0	51.5	52.2	35.4	36.0	1.1	94.8	47.9
Kunnasniemi - Onttola	2.2	4.0	5.7	56.1	5.8	47.9	1.7	19.5	79.5
Kinttumäki - Paloniemi	0.5	2.7	7.8	66.4	5.5	47.6	1.8	18.4	78.4
Joensuu - Heinola	-	-	133.4	46.9	-	-	-	-	-
Keskimäärin - *Average**)	1.7	4.3	-	56.6	-	39.0	1.2	-	56.7

*) Ei sisällä reittiä Joensuu - Heinola
Route Joensuu - Heinola not included



Kuva 3. Polttoaineen lisäkulutus autoyhdistelmän pysäyttämisen ja uudelleen kiihdyttämisen johdosta



Kuva 4. Polttoaineenkulutus kestopäällystetietä eri nopeuksilla ja vaihteilla kuormattuna ajettaessa

sessa kului 20 % ja 100 km:n kuljetusetäisyydellä vajaat 10 % koko ajokertaan käytetystä polttoaineesta. Metsäteillä ajettaessa polttoainetta kului keskimäärin noin 15 % ajon polttoaineenkulutuksesta. Ajoreiteittäin metsäteillä kului polttoainetta hyvin vaihtelevasti kuljetusetäisyyden ja metsätieosuuden mukaan.

Kun metsätiellä oli lähes pysähtymistä vaativa este, esimerkiksi kuoppa, kului kiihdytykseen polttoainetta 0.2 l/kerta. Pääteillä vastaava kulutus lisääntyi 0.5 - 1.0 l/kerta (kuva 3). Jos pysähdyksiä on useita, vaikuttavat ne polttoaineenkulutukseen paljon. Myös pehmeällä tiellä pienellä vaihteella ajettaessa polttoainetta kului paljon. Kuvaan 4 on simuloitu polttoaineenkulutus silloin, kun ajetaan kuormattuna (kokonaispaino 50 t) eri vaihteilla ja nopeuksilla kestopäällystetietä.

4 PÄÄTELMÄT

Kuormauksessa ja purkamisessa polttoainetta kuluu tavallisilla tehtaalleajomatkoilla (noin 90 km) noin 10 % ja uittoon ja rautatielle (noin 40 km) 15 - 20 % polttoaineen kokonaiskulutuksesta. Metsäteillä ajettaessa polttoainetta kuluu vastaavasti noin 10 % ja 15 % kokonaiskulutuksesta. Kun puutavaraa kuljetetaan tehtaalle, polttoaineesta kuluu viidennes, ja kun sitä kuljetetaan uittoon ja rautatielle, kolmannes muuhun kuin yleisillä teillä ajoon.

48 t:n täysperävaunuauton polttoaineenkulutusta on tutkittu aiemmin vain pääteilläajosta. Siltä osin tämän tutkimuksen tulokset vastaavat aiempia. Tuloksia arvioitaessa on lisäksi otettava huomioon se, että tämän tutkimuksen autoyhdistelmässä oli seitsemän akselia tavallisen kuuden asemesta. Ajoreittiä muutettiin käytännön ajoreitistä, jotta olosuhteet vaihtelisivat enemmän, ja kohteissa oli mäkisiä ja upottavia tienosia. Yhdessä kohteessa yhdistelmän paino jäi selvästi pienemmäksi kuin sallittu 48 t. Kuormaimen käyttö oli aluksi hidasta, koska sen käyttöjärjestelmä oli kuljettajalle outo. Myös se vaikuttaa tuloksiin.

FUEL CONSUMPTION OF A TIMBER TRUCK TRAILER COMBINATION

By Olavi Koskinen and Olavi Pennanen

S u m m a r y

The aim of the study was to determine the fuel consumption of a timber truck as well as the effect of road conditions on fuel consumption. The study was carried out jointly by the Ministry of Communications and Metsäteho.

A 4-axle truck of a Scania R 142 H 8 x 2 Intercooler with a 3-axle trailer was used. The fuel consumption was measured using a specially designed drive analyser.

Test results are shown in Table 1 (p. 5). The mean fuel consumption for various routes is shown in Table 5 (p. 8).

The mean fuel consumption of the truck trailer combination per turn was 57 litres/100 km, when the average measured transport distance was 37 km. The fuel consumption when driving was an average of 48 litres/100 km and when loading and unloading a total of 9 litres/100 km. The fuel consumption when driving loaded was 57 litres/100 km and empty 39 litres/100 km. The fuel consumption for preparation of loading and actual loading was 6.0 litres/load and unloading 1.2 litres/load.

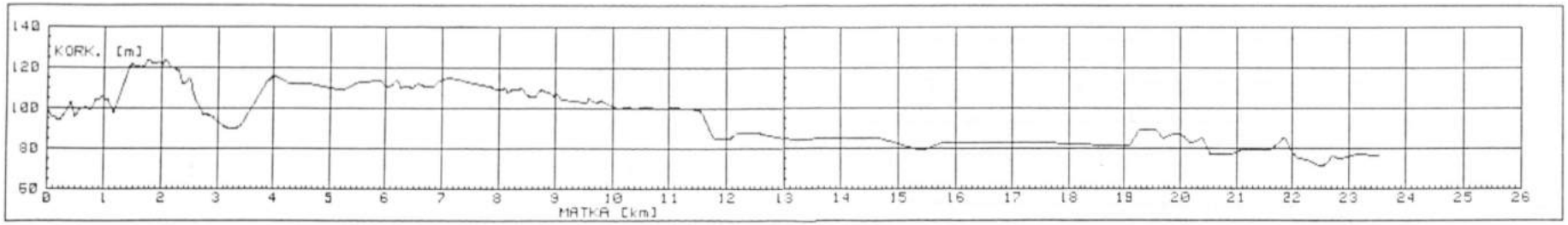
During the shortest hauls (12 km), nearly 80 litres/100 km of fuel was consumed, loading included, while the longest hauls (99 km) only about 48 litres/100 km was consumed. The difference is due to the decreasing proportion of forest roads and fuel consumed during loading on longer hauls.

Driving empty on forest roads consumed about 55 % more fuel than driving on asphalt main roads, and about 90 % more when driving loaded. The fuel consumption on main forest roads, local roads, highways, and in urban areas was 15 - 30 % higher than driving on main roads.

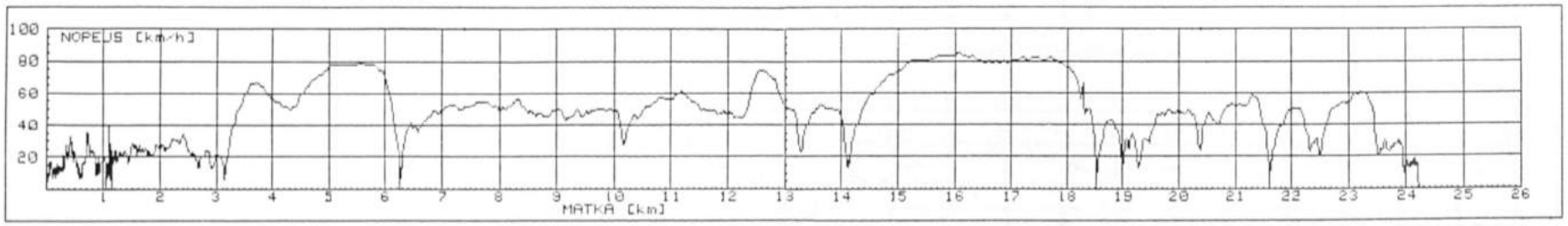
The fuel consumption for loading and unloading is about 10 % of the total fuel consumption in normal hauling to mill (distance about 90 km), and about 15 - 20 % of the total on hauling to floating and to railroad (distance about 40 km). Driving on forest roads is about 10 and 15 % correspondingly of the total fuel consumption. About one-fifth of the fuel for hauling to mill and one-third for hauling to floating and to railroad is used for driving on other than public roads.

AJOREITIN HARILA - JOENSUU TIEPROFIILI JA KUORMATTUNA-AJONOPEUS

Tieprofiili



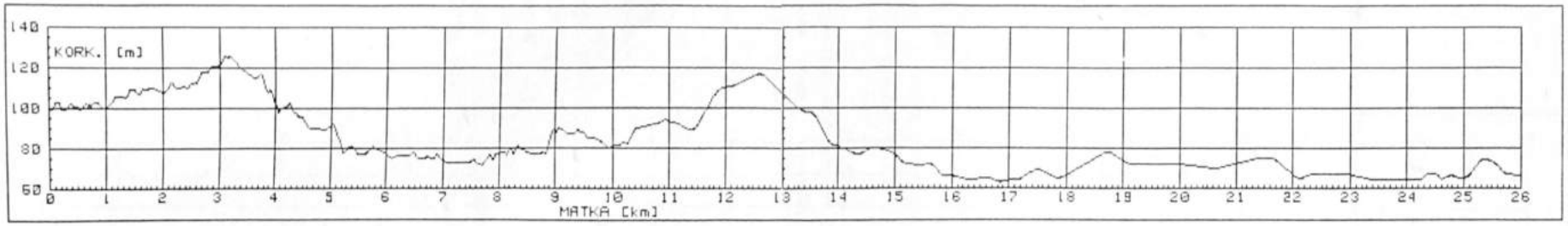
Kuormattuna-ajonopeus



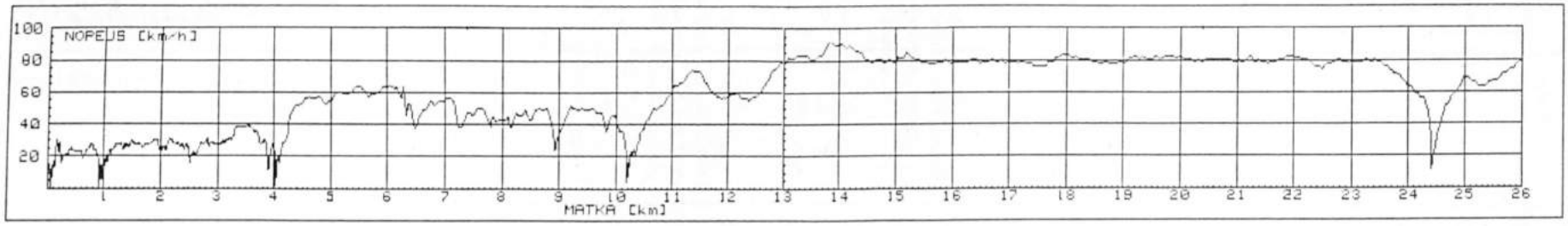
LIITE 1

AJOREITIN KEKOVAARA - UIMAHARJU TIEPROFIILI JA KUORMATTUNA-AJONOPEUS

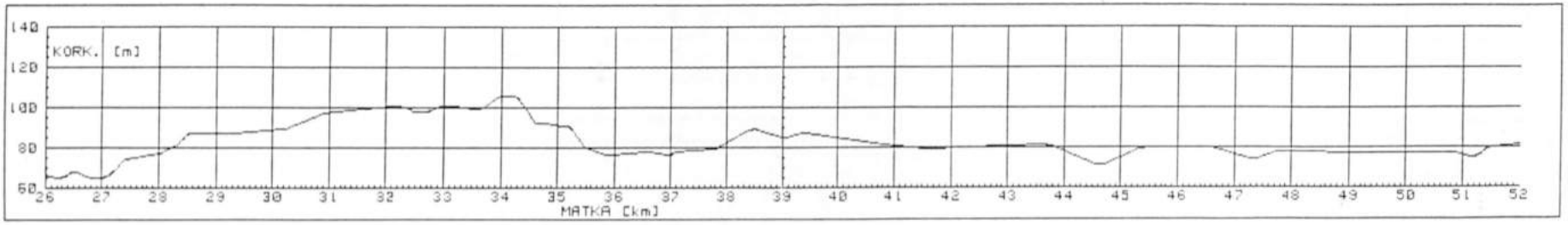
Tieprofiili



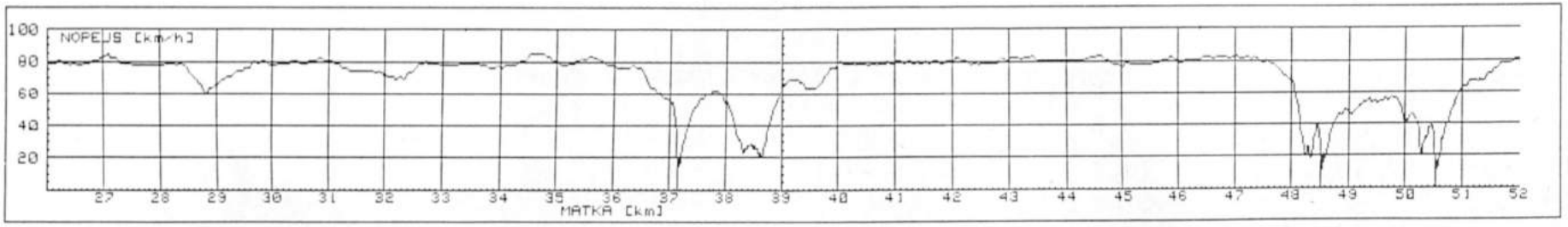
Kuormattuna-ajonopeus



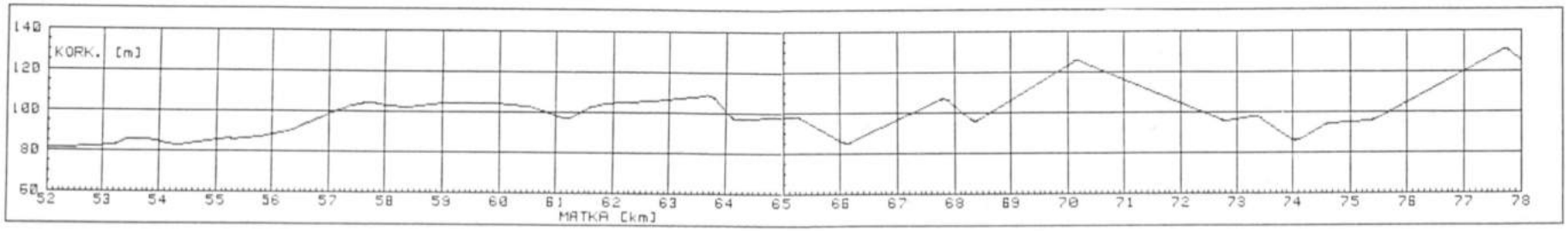
Tieprofiili



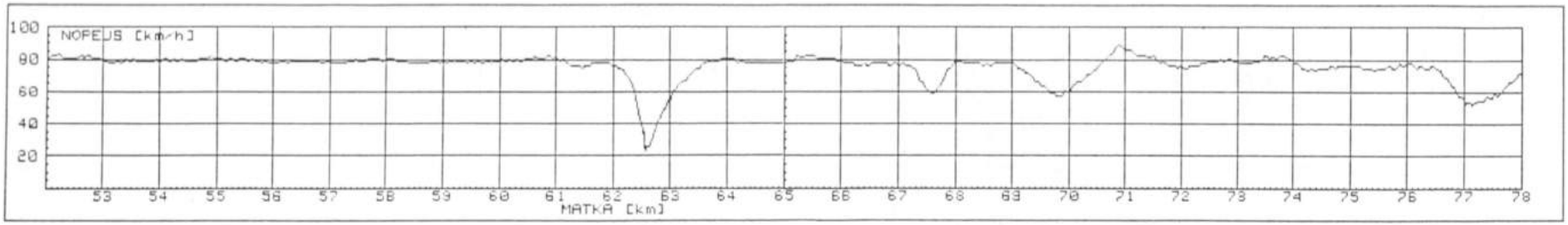
Kuormattuna-ajonopeus



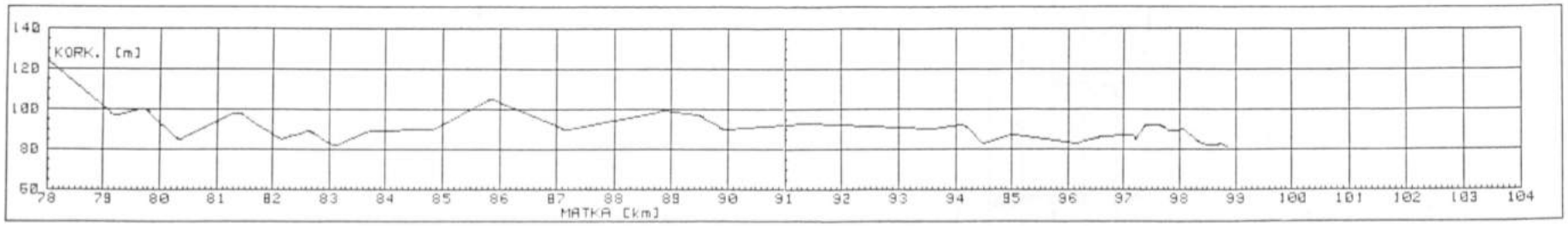
Tieprofiili



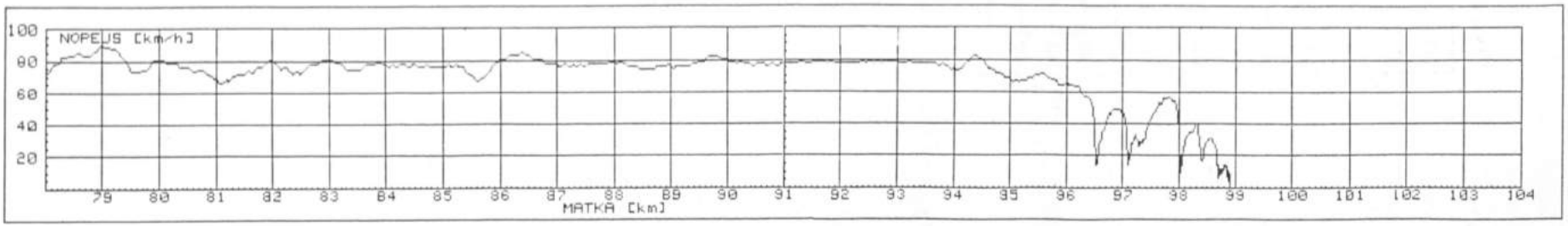
Kuormattuna-ajonopeus



Tieprofiili



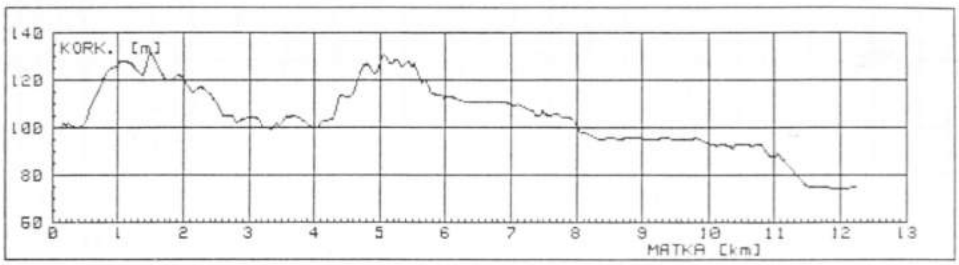
Kuormattuna-ajonopeus



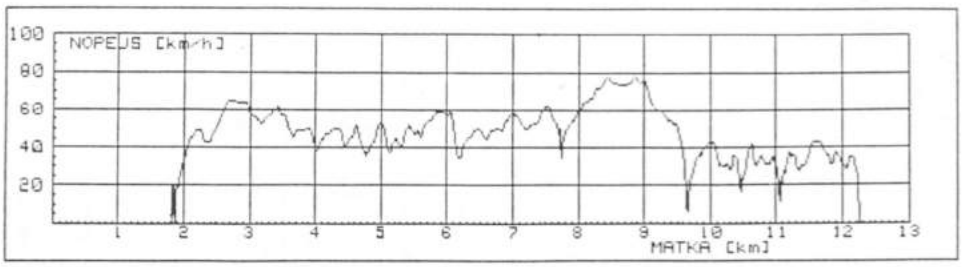
L I I T E 3

AJOREITIN KUNNASNIEMI - ONTTOLA TIEPROFIILI JA KUORMATTUNA-AJONOPEUS

Tieprofiili



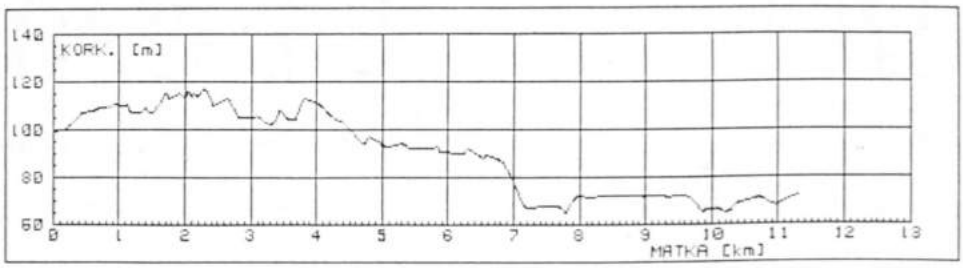
Kuormattuna-ajonopeus



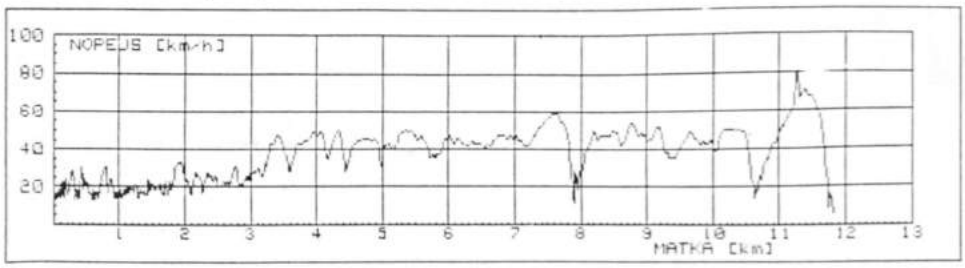
L I I T E 4

AJOREITIN KINTTUMÄKI - PALONIEMI TIEPROFIILI JA KUORMATTUNA-AJONOPEUS

Tieprofiili



Kuormattuna-ajonopeus



ISBN 951-673-103-1
ISSN 0356-7257