



B 6 / 1981

AJOANALYSAATTORITUTKIMUKSIA 1/80

Routimisen vaikutus autojen ajokus-
tannuksiin maantiellä n:o 330

Taloussosaston tutkimustoimisto 10.10.1980

ALKUSANAT

Tutkimus on tehty Hämeen tie- ja vesirakennuspiirin ja TVH:n talousosaston tutkimustoimiston yhteistyönä. Tarkoituksena on ollut hankkia tietoa maantiellä n:o 330 esiintyvän routimisen vaikutuksista tienkäyttäjien ajokustannuksiin. Samalla on saatu kokemusta uuden ajoanalysointilaitteen soveltuvuudesta tämän tyyppisiin tutkimuksiin.

Selvityksen ovat tehneet TVH:n talousosaston tutkimustoimistossa tutkija Pertti Karhu, ins. Arto Tevajarvi ja tutkija René Tigerstedt.

ALKUSANAT

1.	YLEISTÄ	1
1.1.	Tutkimuksen taustaa	1
1.2.	Tutkimuksen tavoite	1
2.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA MITTAUSTEN SUORITTAMINEN	2
2.1.	Mittauskalusto	2
2.2.	Käytetyt ajonopeudet	2
2.2.1.	Nopeustarkkailun tuloksia	2
2.2.2.	Geometrian vaikutus ajonopeuksiin	3
3.	ROUTAVAURIOT	3
3.1.	Routavaurioiden esiintymistiheys	3
4.	TUTKIMUSTULOKSET	4
4.1.	Tulosten muoto ja sisältö	4
4.2.	Henkilöautoa koskevat tulokset	5
4.2.1.	Henkilöautolla saatujen tulosten tarkastelua	10
4.3.	Kuorma-autoa koskevat tulokset	10
4.3.1.	Kuorma-autolla saatujen tulosten tarkastelua	15
5.	LIIKENNETALOUDELLISIA LASKELMIA	16
5.1.	Liikennemäärät ja -suoritteet	16
5.1.1.	Liikennemäärät	16
5.1.2.	Liikennesuoritteet	17
5.2.	Routimisen aiheuttama polttoaineenkulutuksen lisäys	18
5.2.1.	Laskentaperusteita	18
5.2.2.	Mittauksissa saatujen kulutusten mukaan	18
5.2.3.	Ajokustannukset 1980-julkaisun mukaan	19

5.3.	Routimisen lisäys ajoaikoihin	21
5.3.1.	Henkilöautot	21
5.3.2.	Raskaat ajoneuvot	21
5.4.	Routimisen aiheuttama lisäys aika- kustannuksiin	22
5.4.1.	Aikakustannuslisäys (K_t)	22
5.5.	Laskuesimerkkejä	23
5.5.1.	Laskentaperusteita	23
5.5.2.	Laskuesimerkki 1	23
5.5.3.	Laskuesimerkki 2	24
6.	YHTEENVETO TULOKSISTA	25
6.1.	Yhteenvetotaulukot	25
6.2.	Tulosten arviointia	26

1. Yleistä

1.1. Tutkimuksen taustaa

Maantie n:o 330 (Ylöjärvi - Kuru) on seudullinen tie, joka täydentää TVL:n Hämeen piirin päätieverkkoa; Tampereelta pohjoiseen Näsijärven länsipuolitse. Tie on muutamia vuosia sitten perusparannettu kestopäällysteinen tie, jonka keskimääräinen vuorokausiliikenne on kevyille ajoneuvoille 975 ja raskaille ajoneuvoille 125. Routiminen kuitenkin heikentää kevättalven ja kevään aikana tien liikennöitävyyttä merkittävästi. Maasto, jonka läpi tie kulkee, on mäkistä ja usein erittäin sivukaltevaa - maaperä huonosti vettä läpäisevää moreenimaata. Näiden seikkojen yhteisvaikutuksena syntyy tien rungon kuivatusongelmia. Syksyllä tierunkoon kulkeutunut vesi laajenee jäätyessään, kun pakkaskausi alkaa. Tästä seuraa päällysteen rikkoutuminen ja päällysteen epätasaisia nousuja, jotka yleensä sijoittuvat siirtymäkiilojen ja rumpujen kohdalle.

1.2. Tutkimuksen tavoite

Routimisen ajokustannusvaikutusten selvittämiseksi esitti Hämeen tie- ja vesirakennuspiiri syksyllä 1979 TVH:n ajoanalysointorilla tehtäväksi selvityksen maantiellä n:o 330 esiintyvän routimisen vaikutuksesta tietä käyttävien henkilöautojen polttoainetalouteen.

Esityksen pohjalta tutkimustoimisto käynnisti "Mt330"-projektin, joka aluksi sisälsi vain henkilöautojen polttoainetalousselvityksen Ylöjärvi-Kuru-tiellä. Myöhemmin tarjoutui mahdollisuus mitata raskaampienkin ajoneuvojen polttoainetaloutta routimisen suhteen kuorma-autoon asennetulla polttoaineen kulutusmittarilla. Näin "Mt330"-projekti voitiin laajentaa kaikki ajoneuvoryhmät kattavaksi selvitykseksi.

2. Tutkimusmenetelmät ja mittausten suorittaminen

Mittauksia varten jaettiin tutkittava väli (tieosat 02-09) kolmeen tiejaksoon - jaksot edelleen noin kahden kilometrin mittaisiin linkeihin. Polttoaineenkulutus ja vastaavat keskimääräiset matkanopeudet mitattiin linkeittäin yhtä tiejaksoa kerrallaan edestakaisin ajaen.

2.1. Mittauskalusto

Tutkimuksessa käytetty henkilöauto oli tutkimustoimiston SAAB 96 GL, johon on asennettu ajoanalysointilaitteisto. Mittaukset suoritettiin kolmessa vaiheessa; 30.10.-31.10.1979, 12.2.-13.2.1980 ja 14.4.-15.4.1980. Lokakuun mittaus vastasi vertailutasoa, jolloin routavaurioita ei ole. Helmikuun tilanne edusti kehityksessä olevia routanousuja (pitkälle kehittyneet) ja huhtikuussa suoritettujen mittaukset kuvasivat kelirikon aikaista tilannetta tiellä.

Tutkimuskuorma-auto oli Hämeenkyrön tiemestaripiirin Karhu-Sisu, johon on asennettu tutkimustoimiston Flowtronic 204-merkkinen polttoainemittari. Kuorma-autolla suoritettiin mittauksia 9.5.1980 ja 14.8.1980. Elokuun mittaukset vastasivat vertailutasoa, jolloin routimishaittoja ei ole. Toukuussa suoritettujen mittaukset edustivat kelirikkoajan liikennöitävyytilannetta, mutta kelirikon pahin vaihe oli silloin jo selvästi ohitettu.

2.2. Käytetyt ajonopeudet

2.2.1. Nopeustarkkailun tuloksia

Tiellä ei suoritettu pitkäaikaista nopeustarkkailua. Seuraamalla erityyppisiä kevyitä ajoneuvoja ennen varsinaisia ajoanalysointimittauksia pyrittiin kuitenkin saamaan tuntuma tiellä käytettäviin keskimääräisiin matkanopeuksiin. Havain-

not nopeuksista osoittivat, että tienkäyttäjät mt330:lla ajavat selvästi suuremmilla nopeuksilla kuin perusnopeustiestöllä keskimäärin ajetaan. Tulos vahvistui myöhemmin varsinaisten ajoanalyysoimittauksien aikana. Osa ajoista toteutettiin seuraamalla määrättyä, kohteeksi valittua autoa jakson lävitse, eikä näin suoritettujen simulointiajojen nopeustaso paljoakaan poikennut ajoanalyysoimittauksien vapaisissa olosuhteissa saavuttamista nopeuksista.

Kuorma-autolla suoritettiin vastaavaa tarkkailua raskaiden ajoneuvojen käyttämisestä matkanopeuksista. Kuorma-automittauksissakin tehtiin muutamia simulointiajoja raskaiden yhdistelmien perässä. Havainnot vahvistivat tarkkailusta saatuja tuloksia, joiden mukaan raskaatkin ajoneuvot käyttävät tällä tiellä melko suuria nopeuksia.

2.2.2. Geometrian vaikutus ajonopeuksiin

Kaarteisuus ei aiheuttanut selvityksen kohteena olevalla tiellä mitään erityisongelmia mittausajoja suoritettaessa. Vain muutamissa pienisäteisissä kaarteissa suuremmilla ajonopeuksilla ajettaessa saattaa nopeuden alentaminen käydä välttämättömäksi.

Mäkisyys ei myöskään rajoita ajonopeuksia, silloin kun routavaurioita ei esiinny.

3. Routavauriot

3.1. Routavaurioiden esiintymistiheys

Ensimmäisellä ja toisella mittaustiejaksolla esiintyi erikoisen runsaasti routimisen aiheuttamia päällysterikkoja ja routaheittoja koko kevättalven ja kevään aikana. Vaurioita, jotka selvästi tuntuivat epämiellyttävästi auton sisällä, oli enimmillään noin 10 kpl/km. Vauriot eivät olleet

sijainniltaan mitenkään säännöllisin välimatkoin, vaan sijoittuivat yleensä siirtymäkiiltojen ja rumpujen kohdalle.

Tien erikoisesta, vuoristorataa muistuttavasta pituusleikkauksesta seuraa se, että siirtymäkiilat sijaitsevat usein mäkien keski- tai yläosassa. Näin ei esimerkiksi ylämäessä täysin pystytä hyödyntämään edellisen mäen päälle noustaessa hankittua asemaenergiaa. Tästä syystä syntyy etenkin raskaille ajoneuvoille tarvetta toistuviin jarrutuksiin ja nopeudenmuutoksiin routanousujen kohdalla. Koska routimisen vaikutus ulottuu vielä yleensä poikki tien, ei routaheittojen kiertäminen ole mahdollista tai liikenneturvallisuuden kannalta muutenkaan suositeltavaa. Varsinkin ylämäessä tapahtuvat jarrutukset ja turhat pienemmälle vaihdealueelle turvautumiset lisäävät merkittävästi polttoaineenkulutusta.

Kolmas tiejakso (tieosat 07, 08, 09) poikkeaa routimishaittojen osalta selvästi kahdesta ensimmäisestä. Siellä oli vain muutama pahempi routaheitto koko jakson matkalla. Geometrialtaan kolmas jakso on myöskin muista jaksoista poikkeava. Mäkisyys on selvästi laajapiirteisempää - nousut pitkiä mutta loivia.

4. Tutkimustulokset

4.1 Tulosten muoto ja sisältö

Mittaustulokset on taulukoitu erikseen henkilö- ja kuorma-autoille. Tulokset laskettiin tiejaksoittain ja ajosuunnittain. Tällöin tuloksena on keskimatkanopeus (km/h) ja polttoaineenkulutus (l/100 km) tiejaksoa ja ajosuuntaa kohden. Lopullisena tuloksena laskettiin tiejaksokohtainen keskimatkanopeus/polttoaineenkulutuksen keskikarvo. Eri mittauskohdilta saadut nopeus-/kulutusarvoparit taulukoitiin tiejaksoittain.

Tästä edelleen laskettiin erotus ja erotusprosentti arvo-
pareittain vertailutason suhteen.

4.2. Henkilöautoa koskevat tulokset

Jatkolaskelmissa on tarkasteltu pelkästään huhtikuun mittaus-
tuloksia (lokakuu) mittausten suhteen. Tähän päädyttiin
paitsi tarkastelun helpottamiseksi myös siksi, että routimi-
sen vaikutustaso polttoainetalouteen voidaan olettaa vakiok-
si koko routimishaittojen kestoajan. Lisäksi talvimittauk-
sissa pakkasen vaikutusta on vaikea ottaa huomioon. Ensim-
mäisen tiejakson osalta on taulukoitu myös talvirenkailla
saadut mittaustulokset.

Tulokset on esitetty taulukoissa 1-5

Taulukko 1: Henkilöauton mittaustulokset tiejaksoilta I ajokerroittain ja -suunnittain eri mittausajankohtina;
 routavaurio- ja normaaliajan tulosten vertailu (ta = talvirenkaat, ke = kesärenkaat)

Jakso I	30.10.-79 ke		30.10.-79 ta		12.2.-80 ta		14.4.-80 ta		14.4.-80 ke		Δke%		Δta		Δta%			
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	Δv	Δp	Δv%	Δp%	Δv	Δp	Δv%	Δp%
Suunta	70.4	6.05	76.9	6.82	74.1	7.83	68.9	7.13	74.7	7.35	+4.3	+1.30	+6.1	+21.5	-8.0	+0.31	-10.4	+ 4.5
	75.0	5.97	76.4	6.74	76.0	7.94	69.6	7.28	71.5	6.74	-3.5	+0.77	-4.7	+12.9	-6.8	+0.54	- 8.9	+ 8.0
	77.1	6.06	76.7	6.69	75.2	7.76	68.3	6.87	72.0	6.95	-5.1	+0.89	-6.7	+14.7	-8.4	+0.18	-11.0	+ 2.7
	76.9	5.93	75.3	6.74	74.1	7.54	69.1	7.26	72.0	7.00	-4.9	+1.07	-6.3	+18.0	-6.2	+0.52	- 8.2	+ 7.7
Kuru	76.9	6.08	77.1	6.84	73.5	7.22	69.6	7.04	71.6	6.84	-5.3	+0.76	-6.9	+12.5	-7.5	+0.20	- 9.7	+ 2.9
	77.6	6.41	76.4	6.82	72.2	7.26	70.0	7.52										
	74.9	6.30			74.9	7.44												
					64.1	6.56												
ka	75.5	6.11	76.5	6.78	73.5	7.48	69.3	7.18	72.4	7.00	-3.1	+0.89	-4.1	+14.6	-7.2	+0.40	- 9.4	+ 5.9
Ylöjärvi	74.3	6.01	77.3	7.57	71.7	8.09	67.8	7.19	73.2	7.19	-1.1	+1.18	-1.5	+19.6	-4.1	+0.38	- 5.3	+ 5.0
	74.9	6.74	76.2	7.46	75.6	7.83	70.0	8.00	72.6	7.22	-2.3	+0.48	-3.1	+ 7.1	-6.2	+0.54	- 8.1	+ 7.2
	73.9	6.56	77.1	7.06	75.6	7.79	70.0	7.59	71.7	7.26	-2.2	+0.70	-3.1	+10.7	-7.1	+0.53	- 9.2	+ 7.5
	77.0	6.95	75.6	7.35	75.9	7.89	70.8	7.52	72.3	7.48	-4.7	+0.53	-6.1	+ 7.6	-4.8	+0.17	- 6.3	+ 2.3
ka	77.6	6.91	72.6	7.52	74.1	8.05	70.3	7.76	70.2	7.11	-7.4	+0.20	-9.5	+ 2.9	-2.3	+0.24	- 3.2	+ 3.2
	74.6	7.02	76.3	7.57	75.3	7.68			72.7	7.28	-1.9	+0.26	-2.5	+ 3.7				
	75.5	6.63	76.1	7.44	74.0	7.76	69.8	7.61	72.0	7.25	-3.0	+0.62	-4.0	+ 9.4	-6.3	+0.17	- 8.3	+ 2.3

Taulukko 2: Henkilöauton mittaustulokset tiejaksolta 2 ajokerroittain ja -suunnittain eri mittausajankohtina; routavaurioajan ja normaaliajan tulosten vertailu (ta = talvirenkaat, ke = kesärenkaat)

Jakso 2	31.10.-79 ke		13.2.-80 ta		15.4.-80 ke		Δke		Δke%		
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	Δv	Δp	Δv%	Δp%	
Suunta											
Kuru	78.1	7.32	76.4	7.36	72.6	8.14	-5.5	+0.82	-7.0	+11.2	
	78.5	7.36	79.2	7.62	69.9	7.39	-8.6	+0.03	-11.0	+0.4	
	78.4	7.41	77.8	7.76	73.9	7.83	-4.5	+0.42	-5.7	+5.7	
	78.5	7.41	78.1	7.72	74.4	7.86	-4.1	+0.45	-5.2	+6.1	
	78.5	7.29	79.3	7.69	75.4	7.95	-3.1	+0.66	-3.9	+9.0	
	77.6	7.39	76.7	7.41	75.6	7.69	-2.0	+0.30	-2.6	+4.1	
ka	78.4	7.18	70.9	6.92	75.8	7.59	-2.6	+0.41	-3.3	+5.7	
	78.3	7.34	76.9	7.50	73.9	7.78	-4.4	+0.44	-5.6	+6.0	
Ylöjärvi	73.9	6.94	77.3	7.29	73.2	8.09	-0.7	+1.15	-0.9	+16.6	
	78.2	7.08	77.8	7.53	74.2	7.50	-4.0	+0.42	-5.1	+5.9	
	78.2	7.08	78.1	7.55	69.8	7.03	-8.4	-0.05	-10.7	-0.7	
	78.9	7.06	77.4	7.46	74.2	7.48	-4.7	-0.42	-6.0	+5.9	
	78.4	6.85	78.7	7.62	74.9	7.50	-3.5	-0.65	-4.5	+9.4	
	77.6	6.51	76.2	7.39							
ka	77.5	6.92	77.6	7.47	73.3	7.52	-4.2	+0.6	-5.4	+8.7	

Taulukko 3: Henkilöauton mittaus tulokset tiejaksolta 3 ajokerroittain ja -suunnittain eri mittausajankohtina; routavaurio- ja normaaliajan tulosten vertailu (ta = talvirenkaat, ke = kesärenkaat)

Jakso	31.10.-79 ke		13.2.-80 ta		15.4.-80 ke		Δke		Δke%	
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	Δv	Δp	Δv%	Δp%
Suunta	77.5	6.93	73.9	6.30	76.5	6.71	-1.0	-0.22	-1.3	-3.1
	77.6	6.87	76.5	6.71	75.8	6.54	-1.8	-0.33	-2.3	-4.8
	77.4	6.90	78.3	6.99	76.6	6.70	-0.8	-0.20	-1.0	-2.9
	76.4	6.59	77.1	6.77						
	77.7	6.62	77.6	6.81						
	77.7	6.70								
ka	77.4	6.77	76.7	6.73	76.3	6.65	-1.1	-0.12	-1.4	-1.8
	77.1	7.14	79.8	8.30	73.3	7.50	-3.8	+0.36	-4.9	+5.0
	76.1	6.79	75.8	7.68	75.4	7.34	-0.7	+0.55	-0.9	+8.1
	78.2	7.17	71.0	6.94	76.5	7.51	-1.7	+0.34	-2.2	+4.7
	77.0	7.16	76.2	7.57						
Ylöjärvi	77.6	7.16	77.0	7.96						
	77.8	6.90								
	77.3	7.05	76.0	7.69	75.1	7.45	-2.2	+0.40	-2.8	+5.7
ka										

Taulukko 4: Tiejaksottaisten (edestakaisten ajojen) tulosten keskiarvot; routavaurio- ja normaaliajan vertailu (kesärenkaat)

Jakso	0-taso		Kelirikko		Erotus		Erotus %:ina	
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	Nopeusero	Kulutusero	Nop.ero%	Kul.ero%
	1	75.5	6.37	72.2	7.13	-3.3	+0.76	-4.4
2	77.9	7.13	73.6	7.65	-4.3	+0.52	-5.5	+ 7.3
3	77.4	6.91	75.7	7.05	-1.7	+0.14	-2.2	+ 2.2

Taulukko 5: Jakson 1 talvirenkailla suoritettujen ajojen mittaus tulosten keskiarvot; routavaurio- ajan ja normaaliajan tulosten vertailu

Jakso	0-taso (talvi)		Kelirikko (talvi)		Erotus		Erotus %:ina	
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	Nop.ero	Kul.ero	Nop.ero%	Kul.ero%
	1	76.3	7.11	69.6 ¹⁾	7.40	-6.7	+0.29	-8.8
1	76.3	7.11	73.8 ²⁾	7.62	-2.5	+0.51	-3.3	+7.2

1) Mitattu 12.2.80

2) Mitattu 14.4.80

4.2.1. Henkilöautolla saatujen tulosten tarkastelua

Henkilöautolla saatiin tulokseksi vertailutason suhteen seuraavanlaista:

a) Kesärenkaat:

Tiejakso 1:

- keskimatkanopeus aleni	4.4 %
- kulutus kasvoi	11.9 %
- ajomukavuus aleni	

Tiejakso 2:

- keskimatkanopeus aleni	5.5 %
- kulutus kasvoi	7.3 %
- ajomukavuus aleni	

Tiejakso 3:

- keskimatkanopeus aleni	2.2 %
- kulutus kasvoi	2.2 %

b) Talvirenkaat:

Tiejakso 1:

- keskimatkanopeus aleni	8.8 %
- kulutus lisääntyi	4.1 %

4.3. Kuorma-autoa koskevat tulokset

Kuorma-autolla suoritettut mittaukset eivät osuneet ajoituk-
seltaan erityisen hyvään ajankohtaan, sillä keväällä routa-
haitat olivat mittausten aikoihin poistumassa. Routimisen
vaikutustaso edustaa siten näissä tarkasteluissa minimiä
polttoainetalouden suhteen. Mittausajoja suoritettiin sekä
kuormatulla että kuormaamattomalla kuorma-autolla. Jatkolas-
kelmissä on käytetty kuitenkin pelkästään kuormatun auton
tuloksia erotusprosentteja laskettaessa. Kuorma-auto sijoit-
tuu 16 tn:n kokonaispainoluokkaan.

Tulokset on esitetty taulukoissa 6-10

Taulukko 6: Kuorma-auton mittaustulokset jaksolta 1 ajokerroittain ja -suunnittain eri mittausajankohtina; routavaurioajan ja normaaliajan tulosten vertailu

Jakso 1	14.8.-80		9.5.-80		Erotus		Erotus %:ina	
Suunta	km/h	1/100 km	km/h	1/100 km	Δv	Δp	$\Delta v\%$	$\Delta p\%$
Kuormat- tuna Kuru	70.5	25.7	66.1	28.9	-4.4	+3.2	-6.2	+12.5
	72.7	23.7	71.0	24.8	-1.7	+1.1	-2.3	+ 4.6
	64.9	23.9	68.3	25.7	+3.4	+1.8	+5.2	+ 7.5
	69.5	23.0						
	72.2	23.7						
ka	70.0	24.0	68.5	26.5	-1.5	+2.5	-2.1	+10.4
Kuormat- tuna Ylöjärvi	73.0	26.0	71.2	30.1	-1.8	+4.1	-2.5	+15.8
	73.0	25.8	69.1	29.6	-3.9	+3.8	-5.3	+14.7
	71.1	25.0	69.2	30.2	-1.9	+5.2	-2.7	+20.8
	71.4	23.5						
ka	72.1	25.1	69.8	30.0	-2.3	+4.9	-3.2	+19.5
Tyhjänä Kuru	74.9	20.8	70.8	21.2				
	ka	74.9	20.8	70.8	21.2	-4.1	+0.4	-5.5
Tyhjänä Ylöjärvi	73.8	22.4	71.6	21.8	-2.2	-1.6	-3.0	- 6.8
	72.0	21.4			-0.4	+0.4	-0.6	+ 1.9
	ka	72.9	21.9	71.6	21.8	-1.3	-0.1	-1.8

Taulukko 7: Kuorma-auton mittaustulokset jaksolta 2 ajokerroittain ja -suunnittain eri mittausajankohtina; routavaurio- ja normaaliajan vertailu

Jakso 2	14.8.-80		9.5.-80		Erotus		Erotus %:ina	
Suunta	km/h	1/100 km	km/h	1/100 km	Δv	Δp	$\Delta v\%$	$\Delta p\%$
Kuormat- tuna Kuru	71.1	28.0	67.7	30.8	-3.4	+2.8	-4.8	+10.0
	70.3	29.0	70.3	32.0	± 0	+3.0	± 0	+10.3
	71.2	30.1	67.1	32.2	-4.1	+2.1	-5.8	+ 7.0
	71.1	30.2						
ka	70.9	29.3	68.4	31.7	-2.5	+2.4	-3.5	+ 8.2
Kuormat- tuna Ylöjärvi	70.7	24.1	70.8	28.0	+0.1	+3.9	+0.1	+16.2
	72.6	24.5	69.5	27.0	-3.1	+2.5	-4.3	+10.2
	73.9	25.1	73.1	26.9	-0.8	+1.8	-1.1	+ 7.2
	ka	72.4	24.6	71.1	27.3	-1.3	+2.7	-1.8
Tyhjänä Kuru	76.8	22.5	74.9	23.0				
	ka	76.8	22.5	74.9	23.0	-1.9	+0.5	-2.5
Tyhjänä Ylöjärvi	75.8	21.1	71.8	23.3	-4.0	+2.2	-5.3	+10.4
	ka	76.4	20.9	71.8	23.3	-3.6	+2.4	-4.7

Taulukko 8: Kuorma-auton mittaustulokset jaksolta 3 ajokerroittain ja -suunnittain eri mittausajankohtina; routavaurio- ja normaaliajan tulosten vertailu

Jakso 3	14.8.-80		9.5.-80		Erotus		Erotus %:ina	
Suunta	km/h	1/100 km	km/h	1/100 km	Δv	Δp	$\Delta v\%$	$\Delta p\%$
Kuormat- tuna	73.1	25.2	73.7	24.3	+0.6	-0.9	+0.8	- 3.6
	73.1	25.6	72.9	24.4	-0.2	-1.2	-0.3	- 4.7
Kuru	73.0	24.6	74.6	24.6	+1.6	± 0	+2.2	± 0
	66.0	22.4						
ka	71.3	24.5	73.7	24.4	+2.4	-0.1	+3.4	- 0.4
Kuormat- tuna Ylöjärvi	71.5	28.8	69.6	32.0	-1.9	+3.2	-2.7	+11.1
	70.9	28.1	69.5	32.7	-1.4	+4.6	-2.0	+16.4
	71.1	28.9	70.0	33.7	-1.1	+4.8	-1.5	+16.7
ka	71.2	28.6	69.7	32.8	-1.5	+4.2	-2.1	+14.7
Tyhjänä								
Kuru	76.8	21.1	73.0	23.2				
ka	76.8	21.1	73.0	23.2	-3.8	+2.1	-4.9	+10.0
Tyhjänä	77.2	22.6	71.0	24.4				
Ylöjärvi	75.9	22.3						
ka	76.6	22.5	71.0	24.4	-5.6	+1.9	-7.3	8.4

Taulukko 9: Tiejaksoittaisten (edestakaisten ajojen) tulosten keskiarvot; routa-
vaurio- ja normaaliajan vertailu (auto kuormattuna)

Jakso	14.8.-80		9.5.-80		Erotus		Erotus %:ina	
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	nopeusero	kulutusero	nop.ero %	kul.ero %
1	71.1	24.6	69.2	28.3	-1.9	+3.7	-2.7	+15.0
2	71.7	27.0	69.8	29.5	-1.9	+2.5	-2.6	+ 9.3
3	71.3	26.6	71.7	28.6	+0.4	+2.0	+0.6	+ 7.5

Taulukko 10: Tiejaksoittaisten (edestakaisten ajojen) tulosten keskiarvot; routa-
vaurioajan ja normaaliajan vertailu (auto tyhjänä)

Jakso	14.8.-80		9.5.-80		Erotus		Erotus %:ina	
	km/h	l/100 km	km/h	l/100 km	nopeusero	kulutusero	nop.ero %	kul.ero %
1	73.9	21.4	71.2	21.5	-2.7	+0.1	-3.7	+ 0.5
2	76.6	21.7	73.4	23.2	-3.2	+1.5	-4.2	+ 6.9
3	76.7	21.8	72.0	23.8	-4.7	+2.0	-6.1	+ 9.2

4.3.1. Kuorma-autolla saatujen tulosten tarkastelua

Kuorma-autolla saatiin seuraavia tuloksia:

a) Kuormattuna:

Tiejakso 1:

- keskimatkanopeus aleni 2.7 %
- kulutus lisääntyi 15.0 %
- ajomukavuus aleni

Tiejakso 2:

- keskimatkanopeus aleni 2.6 %
- kulutus lisääntyi 9.3 %
- ajomukavuus aleni

Tiejakso 3:

- keskimatkanopeus aleni 0.6 %
- kulutus lisääntyi 7.5 %

b) Kuormaamattomana:

Tiejakso 1:

- keskimatkanopeus aleni 3.7 %
- kulutus lisääntyi 0.5 %
- ajomukavuus aleni

Tiejakso 2:

- keskimatkanopeus aleni 4.2 %
- kulutus lisääntyi 6.9 %
- ajomukavuus aleni

Tiejakso 3:

- keskimatkanopeus aleni 6.1 %
- kulutus lisääntyi 9.2 %

5. Liikennetaloudellisia laskelmia

5.1. Liikennemäärät ja -suoritteet

5.1.1. Liikennemäärät

Liikennetiedot tierekisteristä (1.1.1980). Tiejaksokohtaiset liikennemäärät laskettu tiejakson tieosakohtaisista kvl:istä matkalla painottamalla.

Siten:

	pituus	Kvl _{kv}	Kvl _{rs}		Kvl _{kv}	Kvl _{rs}
Tieosa 2	5212 m	2358	201	Tiejakso 1	1914	182
Tieosa 3	6403 m	1551	166			
Tieosa 4	5612 m	868	205			
Tieosa 5	3330 m	499	91	Tiejakso 2	677	148
Tieosa 6	1922 m	428	79			
Tieosa 7	4849 m	330	60			
Tieosa 8	4923 m	485	69	Tiejakso 3	508	70
Tieosa 9	6734 m	652	79			

5.1.2. Liikennesuoritteet

Ajosuoritteet on laskettu sadalle vuorokaudelle, joka otetaan routimishaittojen kestoajaksi. Suoritteet (S) sekä kevyille että raskaille ajoneuvoille

Jakso 1

$$S_{kv} = 1914 \times 11.615 \cdot 100 = 2223 \cdot 10^3 \text{ ajon.km}$$

$$S_{rs} = 182 \times 11.615 \cdot 100 = 211 \cdot 10^3 \text{ ajon.km}$$

Jakso 2

$$S_{kv} = 677 \times 10.864 \cdot 100 = 735 \cdot 10^3 \text{ ajon.km}$$

$$S_{rs} = 148 \times 10.864 \cdot 100 = 161 \cdot 10^3 \text{ ajon.km}$$

Jakso 3

$$S_{kv} = 508 \times 16.497 \cdot 100 = 838 \cdot 10^3 \text{ ajon.km}$$

$$S_{rs} = 70 \times 16.497 \cdot 100 = 115 \cdot 10^3 \text{ ajon.km}$$

5.2. Routimisen aiheuttama polttoaineenkulutuksen lisäys

5.2.1. Laskentaperusteita

Laskelmissa on oletettu mittauksissa saadut suhteelliset muutokset tiejaksoittain vakioiksi. Tämän oletuksen jälkeen on vaikutusten arviolaskelma tehty kahdella tavalla. Kohdassa 5.2.2. käytetään henkilöautojen keskimääräisenä kulutusarvona em. mittauksissa todettua ajoanalysoitunutta keskimääräistä ja raskaiden ajoneuvojen osalta käytetään keskimääräisenä kulutuksena mittausautolla saatuja arvoja.

Kohdassa 5.2.3. samat laskelmat tehdään käyttäen vertailutasoina "Ajokustannukset 1980"-julkaisusta saatavia yksikkökulutusarvoja.

5.2.2. Mittauksissa saatujen kulutusten mukaan

1. Bensiini:

Jakso 1

$$2223 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 6.37 \frac{1}{100 \text{ ajon.km}} = 142000 \text{ litraa}$$

$$\text{Kelirikko lisää kulutusta } 11.9 \% = \underline{17000 \text{ litraa}}$$

Jakso 2

$$735 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 7.13 \frac{1}{100 \text{ ajon.km}} = 52000 \text{ litraa}$$

$$\text{Kelirikon kulutuslisäys } 7.3 \% = \underline{4000 \text{ litraa}}$$

Jakso 3

$$838 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 6.91 \frac{1}{100 \text{ ajon.km}} = 58000 \text{ litraa}$$

$$\text{Kelirikon kulutuslisäys } 2.2 \% = \underline{1000 \text{ litraa}}$$

Bensiinin kulutuslisäys yhteensä 22000 litraa vuodessa

2. Kaasuöljy:

Jakso 1

$$211 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 24.6 \frac{1}{100 \text{ ajon.km}} = 52000 \text{ litraa}$$

$$\text{Kelirikko lisää kulutusta 15.0 \%} = \underline{8000 \text{ litraa}}$$

Jakso 2

$$161 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 27.0 \frac{1}{100 \text{ ajon.km}} = 43000 \text{ litraa}$$

$$\text{Kelirikko lisää kulutusta 9.3 \%} = \underline{4000 \text{ litraa}}$$

Jakso 3

$$115 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 26.6 \frac{1}{100 \text{ ajon.km}} = 31000 \text{ litraa}$$

$$\text{Kelirikko lisää kulutusta 7.5 \%} = \underline{2000 \text{ litraa}}$$

Kaasuöljyn kulutuslisäys yhteensä 14000 litraa vuodessa

5.2.3. Ajokustannukset 1980-julkaisun mukaan

1. Bensiini: Kulutus 9 l/100 kmJakso 1

$$2223 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 9.0 \text{ l/100 ajon.km} = 200000 \text{ litraa}$$

$$\text{Routiminen lisää kulutusta 11.9 \%} = \underline{24000 \text{ litraa}}$$

Jakso 2

$$735 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 9.0 \text{ l/100 ajon.km} = 66000 \text{ litraa}$$

$$\text{Routiminen lisää kulutusta 7.3 \%} = \underline{5000 \text{ litraa}}$$

Jakso 3

$$838 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 9.0 \text{ l/100 ajon.km} = 75000 \text{ litraa}$$

$$\text{Routiminen lisää kulutusta } 2.2 \% = \underline{2000 \text{ litraa}}$$

Routiminen lisää bensiinin kulutusta yhteensä 31000 litraa

2. Kaasuöljy: Kulutus 35 l/100 km

Jakso 1

$$211 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 35 \text{ l/100 ajon.km} = 74000 \text{ litraa}$$

$$\text{Routiminen lisää kulutusta } 15.0 \% = \underline{11000 \text{ litraa}}$$

Jakso 2

$$161 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 35 \text{ l/100 ajon.km} = 56000 \text{ litraa}$$

$$\text{Routiminen lisää kulutusta } 9.3 \% = \underline{5000 \text{ litraa}}$$

Jakso 3

$$115 \cdot 10^3 \text{ ajon.km} \times 35 \text{ l/100 ajon.km} = 40000 \text{ litraa}$$

$$\text{Routiminen lisää kulutusta } 7.5 \% = \underline{3000 \text{ litraa}}$$

Routiminen lisää kaasuöljyn kulutusta yhteensä 19000 litraa

5.3 Routimisen aiheuttama lisäys ajoaikoihin

5.3.1. Henkilöautot

Jakso 1

$$\frac{\text{Suorite (ajonkm)}}{\text{Nopeus (km/h)}} = \text{(ajonh)}$$

$$\frac{2223 \cdot 10^3}{75.5} = 29400 \text{ h}$$

Kelirikko lisää ajoaikoja 4.4 % = 1300 h

Jakso 2

$$\frac{735 \cdot 10^3}{77.9} = 9400 \text{ h}$$

Kelirikko lisää ajoaikoja 5.5 % = 500 h

Jakso 3

$$\frac{838 \cdot 10^3}{77.4} = 10800 \text{ h}$$

Kelirikko lisää ajoaikoja 2.2 % = 200 h

Ajoaikalisäys yhteensä 2000 h

5.3.2. Raskaat ajoneuvot

Jakso 1

$$\frac{211 \cdot 10^3}{71.1} = 3000 \text{ h}$$

Kelirikko lisää ajoaikoja 2.7 % = 100 h

Jakso 2

$$\frac{161 \cdot 10^3}{71.7} = 2200 \text{ h}$$

Kelirikko lisää ajoaikoja 2.6 % = 100 h

Jakso 3

$$\frac{115 \cdot 10^3}{71.3} = 1600 \text{ h}$$

Kelirikko ei lisää ajoaikaa 3. jaksolla

Ajoaikalisäys yhteensä 200 h

5.4. Routimisen aiheuttama lisäys aikakustannuksiin

Laskelmissa on käytetty aikakustannusten yksikköhintoina "Ajokustannukset 1980"-julkaisun arvoja. Aikakustannuslisäys on laskettu kullekin tiejaksolle.

5.4.1. Aikakustannuslisäys (K_t)

Yhdistetty ajoajan arvo	ha:	13.10 mk/h
	ka:	27.90 mk/h

Jakso 1

$$K_t = 1300 \cdot 13.10 \text{ mk} + 100 \cdot 27.90 \text{ mk} = \underline{20000 \text{ mk}}$$

Jakso 2

$$K_t = 500 \cdot 13.10 \text{ mk} + 100 \cdot 27.90 \text{ mk} = \underline{9000 \text{ mk}}$$

Jakso 3

$$K_t = 200 \cdot 13.10 \text{ mk} \pm 0 = \underline{3000 \text{ mk}}$$

Aikakustannusten lisäys yhteensä 32000 mk/v

5.5 Laskuesimerkkejä

Seuraavassa esitetään kaksi laskuesimerkkiä. Esimerkissä 1 lasketaan routavaurioiden aiheuttama ajokustannuslisä olettaen, että mittausajoneuvojen kulutukset edustavat oman ajoneuvotyyppinsä keskimääräistä kulutusta.

Esimerkin 2 laskelmat perustuvat julkaisun Ajokustannukset 1980 kulutus- ja aikakustannusarvoihin.

Routavaurioiden suhteellisena vaikutuksena on molemmissa laskuesimerkeissä pidetty mittausajoissa saatuja tuloksia.

5.5.1. Laskentaperusteita

Laskelmissa on käytetty polttonesteillä seuraavia hintoja:

- bensiini	3 mk/l
- kaasuöljy	2 mk/l

Ajokustannuslisät molemmissa esimerkeissä 5.4.1. kohdan mukaiset.

5.5.2. Laskuesimerkki 1

Kohdan 5.2.2. mukaan

1. Polttoainekustannusten lisäys (K_p):

Jakso 1

$$K_p = 17000 \text{ l} \cdot 3 \text{ mk/l} + 8000 \text{ l} \cdot 2 \text{ mk/l} = \underline{67000 \text{ mk}}$$

Jakso 2

$$K_p = 4000 \cdot 3 + 4000 \cdot 2 = \underline{20000 \text{ mk}}$$

Jakso 3

$$K_p = 1000 \cdot 3 + 2000 \cdot 2 = \underline{7000 \text{ mk}}$$

Polttoainekustannusten lisäys yhteensä 114000 mk/v

2. Ajokustannusten lisäys (K):

$$K = K_p + K_t$$

K_t kohdasta 5.4.1.

Jakso 1

$$K = 67000 \text{ mk} + 20000 \text{ mk} = \underline{87000 \text{ mk/v}}$$

Jakso 2

$$K = 20000 \text{ mk} + 9000 \text{ mk} = \underline{29000 \text{ mk/v}}$$

Jakso 3

$$K = 7000 \text{ mk} + 3000 \text{ mk} = \underline{10000 \text{ mk/v}}$$

Yhteensä 126000 mk/v

5.5.3. Laskuesimerkki 2

1. Polttoainekustannusten lisäys (K_p):Jakso 1

$$K_p = 24000 \text{ l} \cdot 3 \text{ mk/l} + 11000 \text{ l} \cdot 2 \text{ mk/l} = \underline{94000 \text{ mk}}$$

Jakso 2

$$K_p = 5000 \cdot 3 + 5000 \cdot 2 = \underline{25000 \text{ mk}}$$

Jakso 3

$$K_p = 2000 \cdot 3 + 3000 \cdot 2 = \underline{12000 \text{ mk}}$$

Yhteensä 131000 mk

2. Ajokustannusten lisäys (K): $K = K_p + K_t$
 K_t kohdasta 5.4.1.Jakso 1

$$K = 94000 \text{ mk} + 20000 \text{ mk} = \underline{114000 \text{ mk/v}}$$

Jakso 2

$$K = 25000 \text{ mk} + 9000 \text{ mk} = \underline{34000 \text{ mk/v}}$$

Jakso 3

$$K = 12000 \text{ mk} + 3000 \text{ mk} = \underline{15000 \text{ mk/v}}$$

Yhteensä 163000 mk/v

6. Tulosten yhteenveto

6.1. Yhteenvetotaulukot

Taulukko 11: Routimisen aiheuttamat kustannuslisäykset
esimerkin 1 mukaan

Jakso	aikakust.(mk)	bensiini(mk)	kaasuöljy(mk)	yht.(mk)
Jakso 1	20000	51000	16000	87000
Jakso 2	9000	12000	8000	29000
Jakso 3	3000	3000	4000	10000
Koko väli	32000	66000	28000	126000

Taulukko 12: Routimisen aiheuttamat kustannuslisäykset
esimerkin 2 mukaan

Jakso	aikakust.(mk)	bensiini(mk)	kaasuöljy(mk)	yht.(mk)
Jakso 1	20000	72000	22000	114000
Jakso 2	9000	15000	10000	34000
Jakso 3	3000	6000	6000	15000
Koko väli	32000	93000	38000	163000

6.2. Tulosten arviointia

Routimisen vaikeusaste vaihtelee vuosittain. Tämän takia kyseisen ilmiön energiavaikutusten perinpohjainen selvittäminen edellyttäisi jatkuvaa, pitkäaikaista seurantaan. Edellä esitettyjä tuloksia on siksi pidettävä suuntaa antavina. Koska käytettyjen mittausajoneuvojen edustavuutta ei ole tarkkaan selvitetty, voidaan mittausten yleistämisellä koko ajosuoritetta koskevaksi (vrt. laskuesimerkit) saavuttaa vain karkea arvio routimisen vaikutuksista polttoainetalouteen. Mittausajoissa pyrittiin joustavaan ja tieolosuhteet ennakoivaan ajotapaan. Tästä johtuen mittauksissa saadut erot polttoaineenkulutuksessa ovat ilmeisesti keskimääräistä pienempiä.

Tulosten suunta on kuitenkin selvä ja ne vastaavat ajojen aikana tehtyjä havaintoja routavaurioiden vaihtelusta eri tiejaksoilla.

187906983K-VAPK