

TVH

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

RENGASPAINEN JA LOHKOLÄMMITTIMEN KÄYTÖN VAIKUTUKSET HENKILÖAUTON POLTTOAINEENKULUTUKSEEN

TALOUSOSASTO - TUTKIMUSTOIMISTO

SARJA B 7/1985

AJOANALYSAATTORITUTKIMUKSIA 4/85

08
T/E



86 0296 /

ALKUSANAT

Tässä raportissa esitetään kaksi ajoanalysointimittauksin tehtyä tutkimusta autoilijan mahdollisuuksista vaikuttaa ajokustannustensa pienentämiseksi. Sekä rengaspainetta että lohkolämmittimen käyttöä koskevissa selvityksissä tarkastellaan ko. tekijöiden vaikutusta henkilöauton polttoainetalouteen.

Lohkolämmittimen käyttöä ja rengaspainetta koskevat selvitykset ovat osatutkimuksia ins.opp. Jarmo Häklin TKK:n rakennusinsinööriosastolle tekemästä diplomityöstä "Analysointitutkimuksia tieliikenteen ajokustannuksista", ja siinä käytetty aineisto on koottu TVH:n talousosaston tutkimustoimistossa. Työtä on valvonut apul.prof. Pekka Ryttilä TKK:n rakennusinsinööriosastolta. Työn ohjaajana on toiminut ins. Arto Tevajärvi TVH:n talousosaston tutkimustoimistosta.

ALKUSANAT

1. RENGASPAINIEN VAIKUTUS HENKILÖAUTON POLTTOAINEENKULUTUKSEEN	1
1.1 Johdanto	1
1.2 Tutkimuksen tavoite ja toteutus	4
1.3 Mittaustulokset	4
1.4 Tulosten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	9
2. LOHKOLÄMMITTIMEN KÄYTÖN VAIKUTUS HENKILÖAUTON POLTTOAINEEN- KULUTUKSEEN	11
2.1 Yleistä	11
2.2 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät	11
2.3 Tutkimustulokset	12
2.4 Tulosten tarkastelua	18
2.5 Lohkolämmittimen käytön kustannusvaikutukset	21

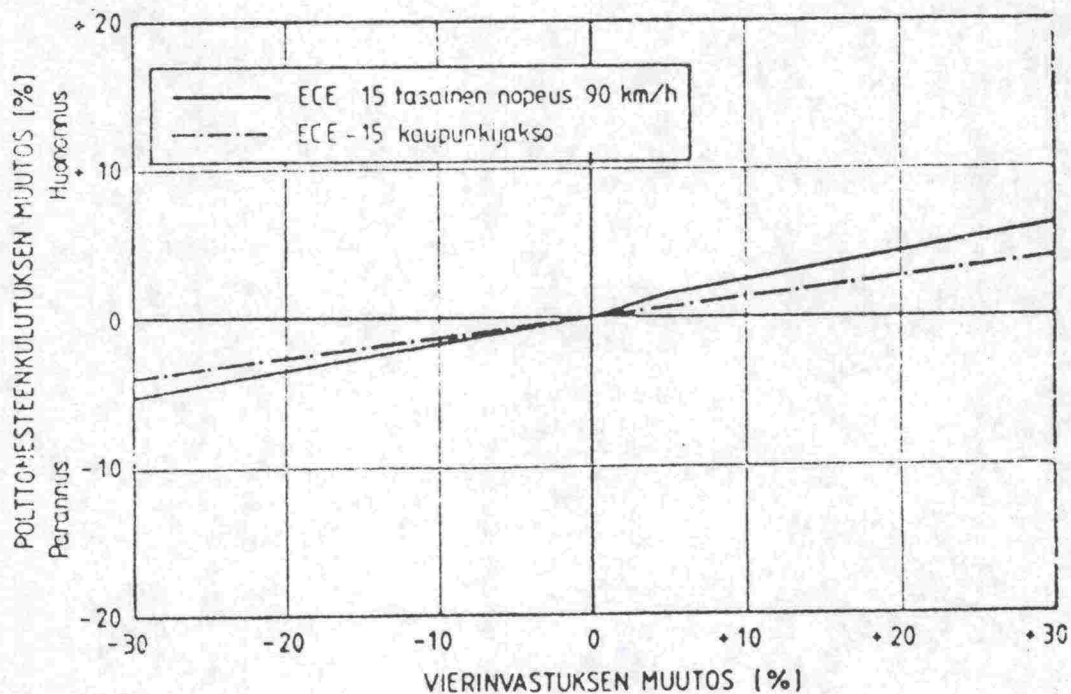
LÄHDELUETTELO

1. RENGASPAINEN VAIKUTUS HENKILÖAUTON POLTTOAINEENKULUTUKSEEN

1.1 Johdanto

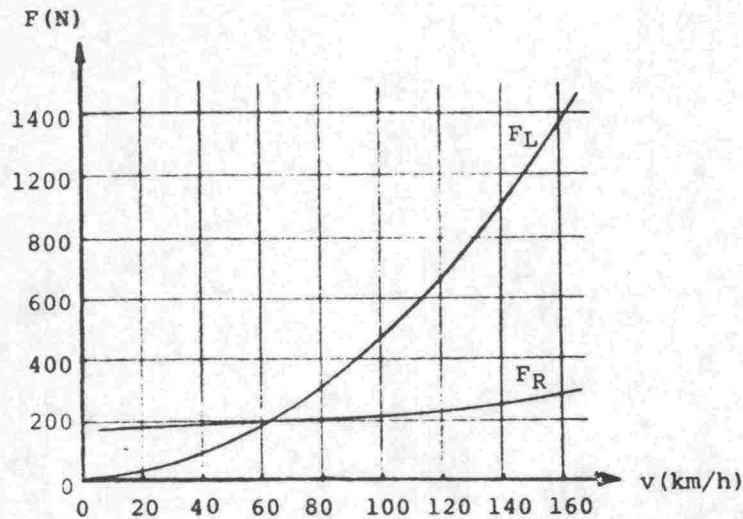
Rengaspaine, renkaan tyyppi sekä kunto ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat energiatalouteen ja ajoneuvon suorituskykyyn sekä edelleen auton ajo-ominaisuuksiin (ajovakavuus, ajomukavuus) ja sitä kautta liikenneturvalli-
suuteen.

Vierinvastuksen merkitystä henkilöauton energiatalouteen esittää kuva 43. Vierinvastuksen ja ilmanvastuksen merkitys ajoneuvon polttoaineenkulutukseen riippuu ajonopeudesta: nopeuden kasvaessa ilmanvastuksen merkitys kasvaa kun taas kaupunkiajossa ja muussa hitaan nopeuden ajossa vierinvas-
tuksen merkitys on suurempi. Nopeuksilla 60...70 km/h ovat ilmanvastuk-



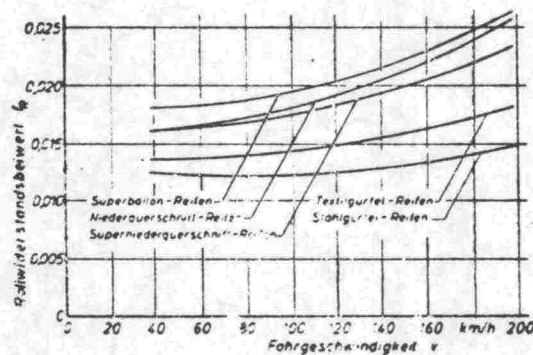
Kuva 43. Vierinvastuksen merkitys henkilöauton energiatalouteen.

sen ja vierinvastuksen vaikutukset lähes yhtä suuret (kuva 44) (Kallberg 1982b).



Kuva 44. Henkilöauton (n. 1200 kg) vierinvastus F_R ja ilmanvastus F_L nopeuden funktiona.

Vierinvastukseen vaikuttavat rengastyyppe, renkaan kunto ja rengaspaine. Vyörenkailla on 20...30 % alhaisempi vierinvastus kuin ristikudosrenkaila, ja vyörenkaista teräsvyörenkaalla alhaisempi vierinvastus kuin tekstiilivyörenkaalla (kuva 45). Kesärenkaalla on hiukan alhaisempi vierinvastus kuin samantyyppisellä talvi- tai nastarenkaalla (Tieliikenteen... 1978).



Kuva 45. Vierinvastuskerroin f_R nopeuden v funktiona eri rengastyypeillä

Eri tutkimukset osoittavat, että polttoaineenkulutus on teräsvyörenkailla ajettaessa n. 2...5 % pienempi kuin ristikudosrenkailla. VTI:n suorittamat mittaukset osoittavat ristikudostyyppisen nastarenkaan kuluttavan n. 7 % enemmän polttoainetta ja tekstiilivyörengastyyppisen nastarenkaan n. 2 % enemmän polttoainetta kuin teräsvyörengastyyppinen kesärenkas. KTM:n tieliikenteen energiatutkimuksessa (Tieliikenteen...1978) on saatu talvirenkaiden aiheuttamaksi kulutuksen lisäykseksi n. 2 % ja nastarenkaille n. 3 % verrattuna ajoon vastaavan tyyppisillä kesärenkailla.

Vyörenkaita käytetäänkin nykyään useimmissa uusissa henkilöautoissa. Ristikudosrenkaita esiintyy lähinnä nastarenkaiden yhteydessä. Jo vuonna 1975 oli kotimaisesta henkilöautojen renkaanvalmistuksesta n. 75 % vyörenkaita (Andelin 1982).

Alhainen rengaspaine aiheuttaa siis lisääntyvän vierinvastuksen ja sitä kautta suuremman kulutuksen. Renkaat kuumenevat liiaksi, jolloin ne myös kuluvat nopeammin. Alhainen rengaspaine vaikuttaa lisäksi auton ajo-ominaisuuksiin. Liikenneturvallisuusriski kasvaa ajettaessa alipaineisilla ja/tai heikkokuntoisilla renkailla.

Rengasviat, jotka yleensä ovat olleet osasyinä vahinkojen syntymiseen, ovat:

- huono kulutuspinta
- alhainen rengaspaine
- keliin sopimaton rengastus
- sekarengastus
- renkaan nopea tyhjeneminen
- kuluneet nastat
- em. vikojen yhdistelmät

Rengasviat ovat olleet osasyinä 15,5 %:ssa kuolemaan johtaneissa liikenneonnettomuuksissa vuosina -78-79. Alhainen rengaspaine ja/tai huono kulutuspinta edustavat lähes 60 % näistä rengasvioista. Vikojen vaikutus lisää riskiä etenkin ohitustilanteissa, jarrutettaessa sekä kaarreajossa. Lisäksi vaikutus tehostuu ajettaessa talvella liukkaalla tienpinnalla tai keksällä vetisissä olosuhteissa. Samoin rengasvika usein korostaa kuljettajan käsittelyvirhettä tai sen seurausta.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja toteutus

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää renkaiden ali- ja ylipaineen merkitys henkilöauton polttoaineenkulutukseen. Mittaukset suoritettiin 25.06.1984 Kt 54:llä Oitissa n. 1557 m pitkällä mittausvälillä. Mittausolosuhteet eivät olleet täysin ihanteelliset, sillä tuulilukemat vaihtelivat välillä 0...2,5 m/s ja mittausten aikana satoi myös hiukan (tienpinta oli kuitenkin riittävän kuiva mittausten suorittamiseksi). Muu liikenne ko. tieosalla ei haitannut mittausajojen suorittamista. Kohdevälin pituuskaltevuus oli n. 0 % ja tienpinnan (AB) kunto verraten hyvä, joten ko. tieosa sopi hyvin tämän tyyppiseen tutkimukseen.

Mittauksia tehtiin viidellä eri rengaspaineella ja kolmea eri vakionopeutta ajamalla siten, että kullakin rengaspaineen ja vakionopeuden yhdistelmällä ajettiin 5 kertaa edestakaisin. Edestakaisia havaintoja kertyi $5 \times 3 \times 5$ kpl eli yhteensä 75 kpl. Käytetyt rengaspaineet ja vakionopeudet olivat:

- rengaspaine (kPa): 110, 130, 160, 190 ja 230 kPa ja
- vakionopeus (km/h): 66, 76, ja 85 km/h.

Välin polttoaineenkulutus- ja ajoaikahavainnot kirjattiin lomakkeille sekä osittain ajoanalysoijalle.

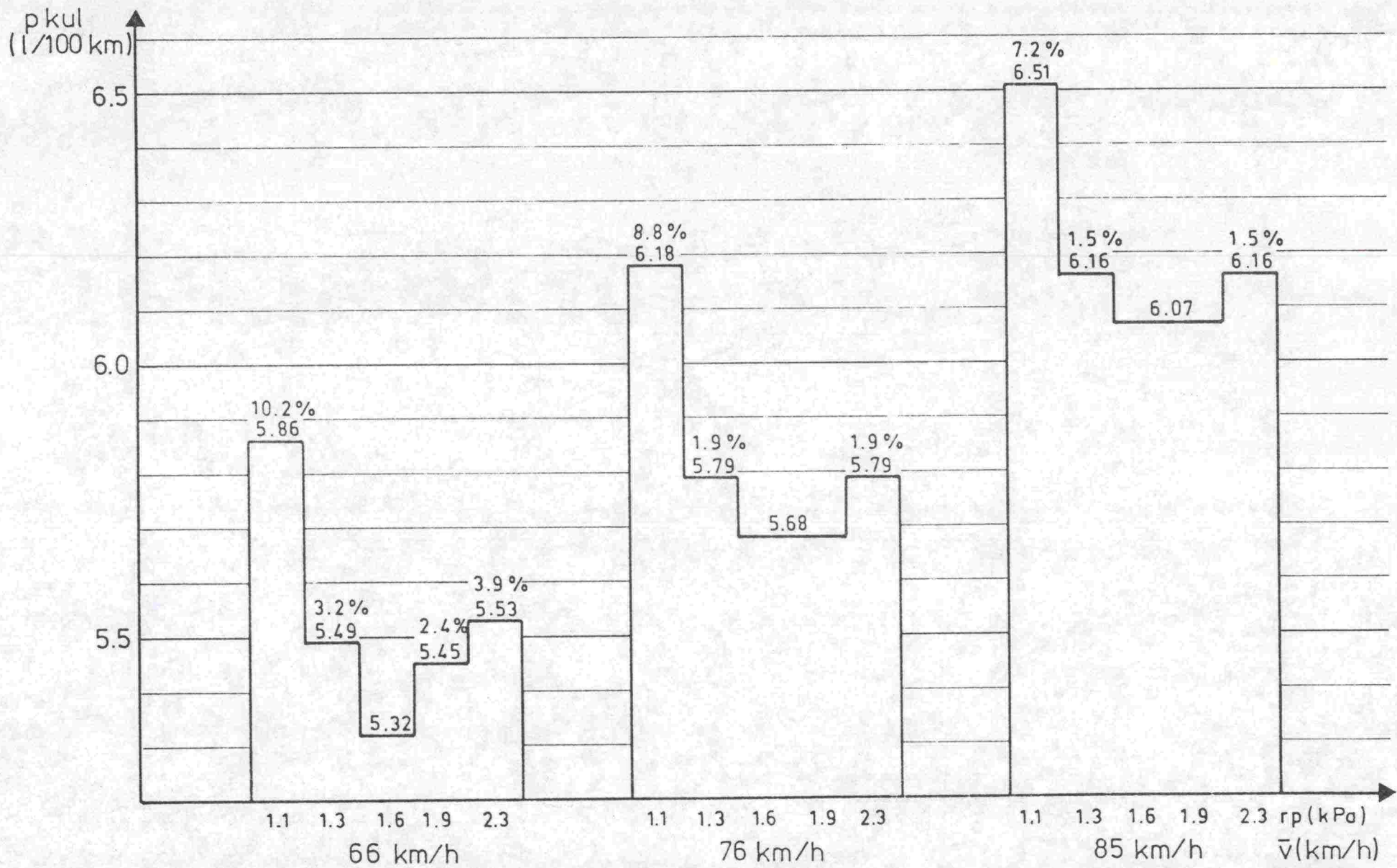
Mittausautona oli TALBOT 1510 GL-merkkinen henkilöauto vm. 1982 (omapaino 1050 kg). Tutkimuksessa käytetyt renkaat olivat teräsvyörenkaat (155 SR 13). Valmistajan suosittamat rengaspaineet olivat 180-200 kPa auton kuorman mukaan.

1.3 Mittaustulokset

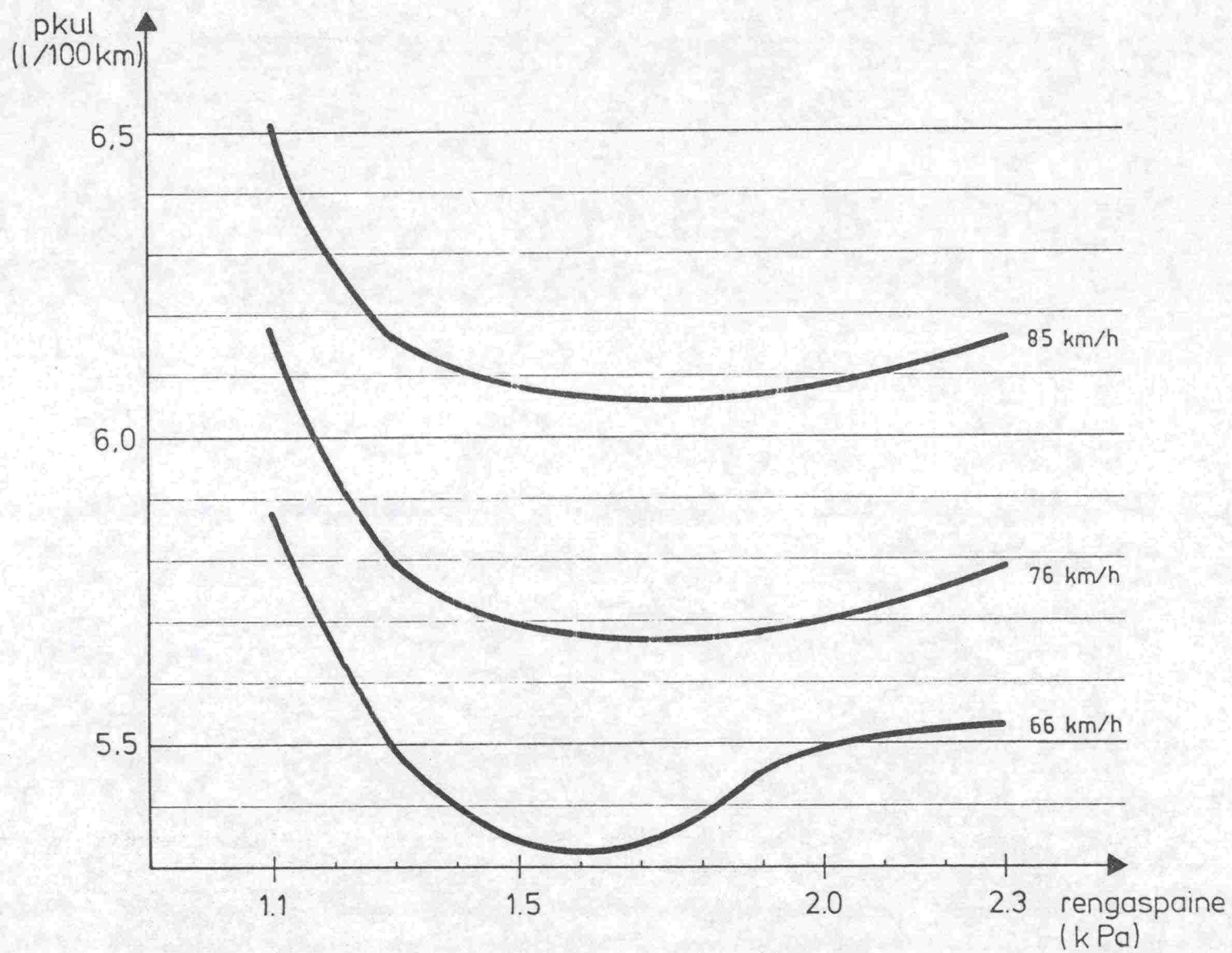
Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 45 sekä kuvissa 46-48. Tuloksista nähdään, että rengaspaineella 1.1 kp/cm² kuluu selvästi eniten polttoainetta käytetystä nopeustasosta riippumatta. Kulutuksen lisäys on 10-7 % alhaisimpaan kulutustasoon verrattuna. Rengaspaineilla 1.3 ja 2.3 cm² kuluu keskimäärin yhtä paljon lisäkulutuksen ollessa n. 3,5-1,5 %. Havaintoaineiston pienin kulutus saavutetaan rengaspaineella 1.6 kp/cm². Samaan kulutustasoon päästään myös rengaspaineella 1.9 kp/cm² nopeuksilla 76 ja 85 km/h. Nopeudella 66 km/h ajettaessa saatiin rengaspaineella 1.9 kp/cm² kulutuksen lisäykseksi yli 2 % rengaspaineeseen 1.6 kp/cm² verrattuna.

Taulukko 45. Henkilöauton polttoaineenkulutuksen riippuvuus rengaspaineesta ja ajonopeudesta

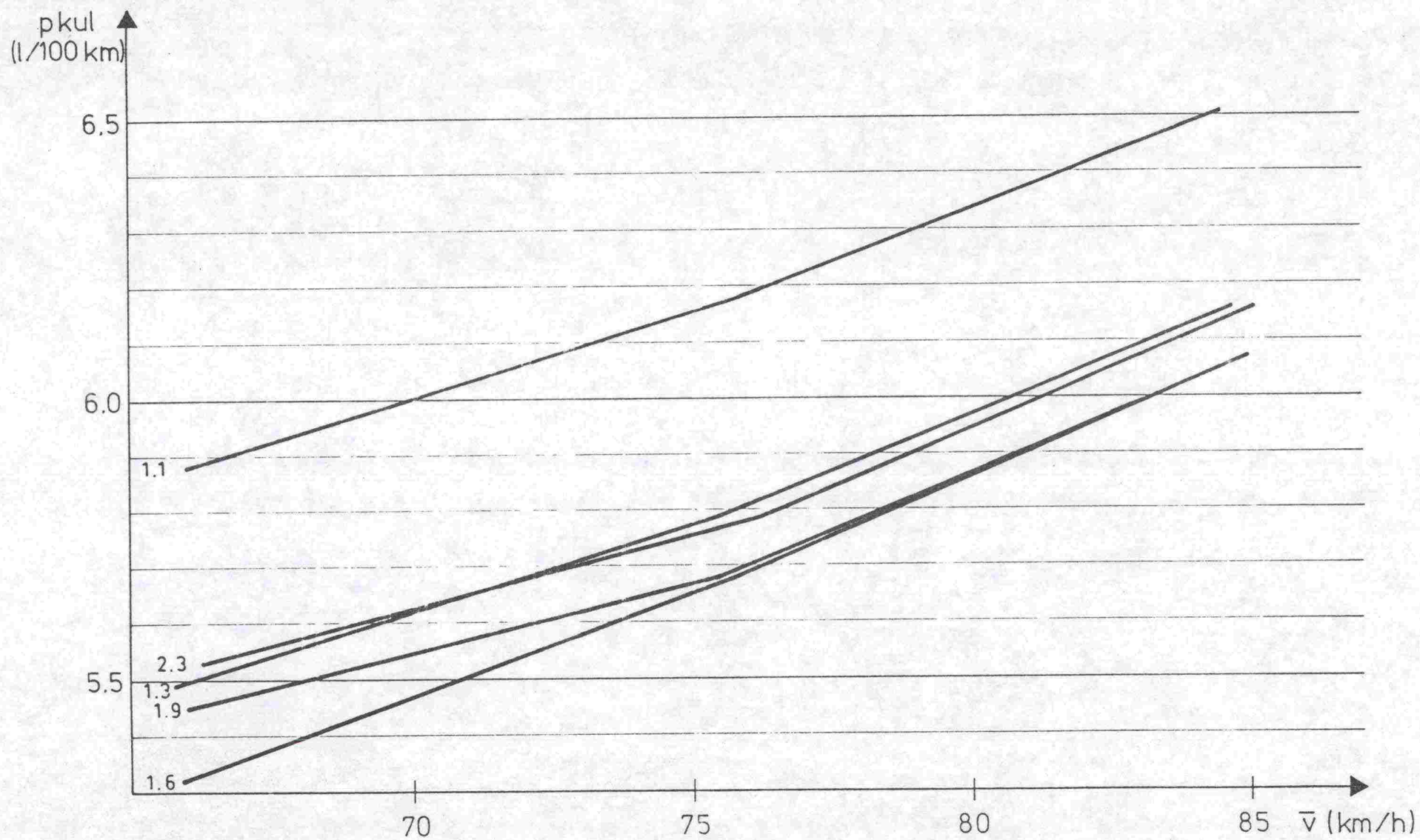
Rengaspaine [kPa]	Nopeus [km/h]	Polttoaineenkulutus (ml)			Hajonta (ml)		Var.kerr.	
		Suunta 1	Suunta 2	Keskim.	Su 1	Su 2	Su 1	Su 2
1.1	66	90.2	92.0	91.1	3.70	2.45	4.10	2.66
	76	95.6	96.6	96.1	3.58	2.88	3.74	2.98
	85	99.8	102.8	101.3	1.64	2.77	1.64	2.69
1.3	66	87.8	83.0	85.4	2.49	1.87	2.84	2.25
	76	93.6	86.6	90.1	3.97	2.07	4.25	2.39
	85	98.8	93.0	95.9	1.92	1.73	1.95	1.86
1.6	66	84.2	81.6	82.9	2.59	1.67	3.07	2.05
	76	89.8	87.0	88.4	1.10	1.41	1.22	1.63
	85	94.8	94.2	94.5	1.30	1.79	1.38	1.90
1.9	66	84.0	85.6	84.8	4.00	3.78	4.76	4.42
	76	89.0	88.6	88.8	1.41	2.88	1.59	3.25
	85	95.4	94.4	94.9	2.07	1.82	2.17	1.92
2.3	66	85.0	87.4	86.2	3.94	2.41	4.63	2.76
	76	88.0	92.8	90.4	2.24	0.84	2.54	0.90
	85	91.8	100.4	96.1	1.92	1.52	2.10	1.51



Kuva 46 Henkilöauton polttoaineenkulutus rengaspaineen ja ajonopeuden funktiona



Kuva 47 Henkilöauton polttoaineenkulutus rengaspaineen funktiona eri ajonopeuksilla



Kuva 48 Henkilöauton polttoaineenkulutus nopeuden funktiona

Tämän tutkimuksen alhaisin polttoaineenkulutus saavutettiin rengaspaineilla 160 ja 190 kPa. Siksi voidaankin olettaa, että tutkimuksessa käytetyn mitta-auton optimikulutustaso on n. 175...180 kPa. Jos käytetään vertailutasona valmistajan suosittamaa rengaspainetta 180 kPa, saadaan polttoaineenkulutuksen kasvuksi 1,5-2 %, kun käytetään 50 kPa:n ali- tai ylipainetta nopeuksilla 76 ja 85 km/h. Samoilla nopeuksilla kasvaa polttoaineenkulutus 7...9 %, kun ajetaan 70 kPa alipaineisilla renkailla.

Pienimmällä mittausnopeudella (66 km/h) saavutettiin edellisiä suuremmat erot eri rengaspaineiden aiheuttamalle kulutukselle. Jos vertailutasona pidetään 160 kPa (jolla saavutettiin pienin kulutus 1/100 km), niin 30 kPa:n alipaine aiheuttaa n. 3 % kasvun kulutukseen ja 50 kPa:n alipaine jo 10 %:n kasvun polttoaineenkulutukseen. Vastaavasti 30 kPa:n ylipaine nostaa kulutusta n. 2,5 % ja 70 kPa:n ylipaine n. 4 %.

Käytetty nopeustaso tasoitti rengaspaineesta johtuvia kulutuseroja. Alhaisemmilla nopeuksilla olivat polttoaineenkulutuksen erot eri rengaspaineilla suurimmillaan, mutta erot tasoittuivat nopeustason kohotessa. Kulutushavaintojen hajonnat ja variaatiokertoimet olivat pienemmillä nopeuksilla myös keskimäärin selvästi suurempia kuin suurilla nopeuksilla ajettaessa.

Mittaustuloksiin vaikuttaneista tekijöistä merkittävin lienee tuuliolosuhteiden vaihtelu 0.0-2.5 m/s mittausajojen aikana. Tämä selittää osaltaan nopeudella 66 km/h suoritettujen mittausten tuloksien poikkeavuutta muilla nopeuksilla suoritettujen mittausten tuloksista (ks. kuvat 46 ja 47). Havaintojen hajonnat sekä variaatiokertoimet ovat myös suurimmillaan nopeudella 66 km/h suoritetuissa mittauksissa.

1.4 Tulosten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Rengaspaineen vaikutusta polttoaineenkulutukseen on tutkittu sekä vakionopeusmittauksin että ajettaessa vaihtelevalla nopeudella liikenteen mukana. Tanskalaisen tutkimuksen (Larsen...) mukaan aiheuttaa 70 kPa:n alipaine n. 7 % korkeamman kulutuksen ristikudosrenkailla ja n. 4 %:n kulutuksen kasvun teräsvyörenkailla. Saksalainen rengasvalmistaja on saanut teräsvyörenkailla suoritetuissa tutkimuksissa kulutuksen kasvuksi n. 3 % rengaspaineen ollessa 50 kPa alle suositusarvon ja n. 7 % 80 kPa:n alipaineella (Kruger...1978). Molemmat tutkimukset on suoritettu vakionopeudella ajaen.

Eri rengaspaineista johtuva kulutuksen kasvu on pienempää ajettaessa vaihtelevalla nopeudella liikenteen mukana. VII:n mittaukset osoittavat runsaan 1 % kulutuksen kasvun ajettaessa teräsvyörenkailla vaihtelevalla nopeudella 50 kPa:n alipaineella. Sitä vastoin kulutus pienenee n. 1 % ajettaessa teräsvyörenkailla, joiden rengaspaine on 50 kPa yli suositusarvon (Laurell...1978).

Tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaiset aiemmin suoritettujen tutkimusten kanssa. Varsinkin saksalaisen, vakionopeudella suoritettun rengaspainetutkimuksen tulokset ovat lähellä tässä tutkimuksessa saatuja havain- toja. Kun otetaan huomioon eri rengaspaineiden aiheuttaman kulutuksen li- sän riippuvuus käytetystä vakionopeudesta, saadaan lisäkulutukseksi 1,5-3,0 % 50 kPa:n alipaineella, n. 7-10 % 70 kPa:n alipaineella sekä 1,5-4,0 % 50 kPa:n ylipaineella.

Rengaspaineen vaikutus polttoainekulutukseen on verraten marginaalinen, etenkin teräsvyörenkailla. Kuitenkin, jos arvioidaan kaikkien henkilöauto- jen säästävän esimerkiksi n. 1 % kulutuksessa oikealla rengaspaineella, saavutetaan tällä useiden miljoonien litrojen bensiinisäästöt vuodessa. Rengaspaineella on lisäksi merkitystä renkaiden kulumiseen sekä ajo- ominaisuuksiin.

2. LOHKOLÄMMITTIMEN KÄYTÖN VAIKUTUS HENKILÖAUTON POLTTOAINEENKULUTUKSEEN

2.1 Yleistä

Lohkolämmittimen käyttö vähentää, mutta ei kokonaan poista kylmäkäynnistyksen aiheuttamaa polttoaineen lisäkulutusta. Arvioitaessa lohkolämmittimen hankinnan kannattavuutta on verrattava sen avulla saatuja polttoainesäästöjä lohkolämmittimen hankinnasta ja asennuksesta sekä sähköenergian kulutuksesta aiheutuviin kustannuksiin. Lohkolämmittintä käyttämällä voidaan vähentää moottorin kulumista sekä lisätä ajomukavuutta. Viimeksi mainittujen etujen rahamääräinen arviointi on kuitenkin hyvin vaikeaa.

2.2 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät

Tämä tutkimus pyrki selvittämään talviajossa lohkolämmittimen käytön vaikutusta henkilöauton polttoaineenkulutukseen. Tavoitteena oli mitata polttoaineenkulutusta kolmessa eri lämpöluokassa, jotka olivat: 0°C...-5°C, -6°C...-15°C ja -16°C...-25°C. Mittauslaitteiden toimintahäiriöiden vuoksi jouduttiin alimman lämpötilaluokan mittaukset jättämään pois.

Polttoaineenkulutusta mitattiin käyntilämpimällä moottorilla, kylmällä moottorilla sekä lämmittämällä moottoria lohkolämmittimellä $\frac{1}{2}$, 1 tai 2 tuntia. Mittausreitiltä saatiin yhteensä 23 havaintoa eri lämpötiloissa ja eri lämmitysaikoja käyttämällä.

Tutkimuskohteeksi valittiin n. 16 km pitkä reitti, josta ensimmäinen 3 km oli vaihtelevaa taajama-ajoa kokooja- ja tonttikaduilla keskinopeuden ollessa 35-40 km/h. Reitin keskiosuus (n. 10 km) oli ajoa vt 4:llä ajonepeustavoitteena 80 km/h. Tutkimusreitti päättyi n. 3 km pituiseen maantieosuuteen (mt 3131), joka pyrittiin ajamaan nopeudella 50 km/h.

Ajoreitti jaettiin seitsemään linkkiin, joilta kultakin mitattiin välillä kulunut polttoaine sekä ajoaika. Polttoaineenkulutustutkimuksessa käytettiin Pierburg PLU 106 kulutusmittaria. Kulutus- ja ajoaikalukemien lisäksi kirjattiin jokaisella mittauskerralla ylös vallinneet keliolosuhteet (lämpötila, lumisade), tienpinnan kunto sekä tiedot muusta liikenteestä ja ajonkulusta.

Ajoreitin linkkien pituudet sekä saavutetut keskimääräiset ajonopeudet olivat seuraavat:

linkki		pituus (km)	ajonopeus (km/h)
0-1	} taajama-	0.980	33.0
1-2		2.300	39.5
2-3	} ajoa	1.720	65.2
3-4		2.800	76.0
4-5		2.960	76.6
5-6	} vt 4	2.570	72.9
6-7		3.030	52.0
	mt 3131	16.360	57.6

Mittaukset suoritti TVH:n tutkimustoimisto ja mittausautona käytettiin TALBOT 1510 GL vm.-82. Mittauksissa käytetty lohkolämmitin oli teholtaan -0.5 kW. Mittaukset pyrittiin ajamaan mahdollisimman tasaisesti ja joustavasti nopeusrajoitusten ja -ohjeiden mukaan. Havaintoaineisto kerättiin 23.1.-6.3.1985 välisenä aikana.

2.3

Tutkimustulokset

Mittaustuloksiin vaikuttaneita ulkoisia tekijöitä olivat tie- ja keliolosuhteiden vaihtelut eri mittauskerroilla. Nämä seikat (lumisade, tuuli, tienpinnan kunto, muu liikenne) vaikuttivat mm. siten, että käyntilämpimällä moottorilla saatiin polttoaineenkulutukseksi alemmassa lämpötilaluokassa (-6°C...-15°C) pienempi kulutus kuin korkeammassa lämpötiloissa. Laskelmissa käytettiin kuitenkin käyntilämpimän moottorin osalta molemmille lämpötilaluokille yhteistä keskimääräistä kulutusta.

Taulukoista 46 a-b nähdään käyntilämpimän moottorin polttoaineenkulutus. Taulukoissa 47 a-b on esitetty tulokset lohkolämmittimen käytön vaikutuksesta polttoaineenkulutukseen. Kuvissa 49a...b on havainnollistettu esilämmityksen vaikutusta keskimääräiseen polttoaineenkulutukseen matkan pituuden funktiona eri lämpötiloissa.

Tuloksista näemme, että 2 tunnin esilämmitys tuottaa kylmäkäynnistettyyn moottoriin verrattuna koko mittausreitillä (n. 16 km) polttoainesäästöä lämpötilassa -8°C 2.8 dl ja lämpötilassa -3°C 1.6 dl. Kulutussäästöstä saadaan 80-90 % 5 ensimmäisen kilometrin aikana.

Taulukko 46a. Käyntilämpimän moottorin polttoaineenkulutus linkeittäin

Polttoaineenkulutus (1/100 km)

Linkki	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
T (°C)							
-2	10.82	8.17	10.47	6.14	6.89	6.11	7.29
-3	8.98	7.39	9.71	5.89	6.89	6.07	6.77
-3	10.10	8.74	9.94	6.18	6.96	6.07	6.93
ka.	9.97	8.10	10.04	6.07	6.91	6.08	7.00
-7	9.59	7.57	9.13	5.93	6.59	5.99	6.70
-8	8.88	7.39	9.94	6.00	6.89	6.23	6.96
-12	8.78	7.35	9.88	5.96	6.49	5.99	6.80
-12	9.69	7.57	10.35	6.18	7.03	6.19	7.10
ka.	9.23	7.47	9.83	6.02	6.75	6.10	6.89
Keskim.	9.55	7.74	9.92	6.04	6.82	6.09	6.95

Taulukko 46b. Käyntilämpimän moottorin polttoaineenkulutus matkan mukaan

Polttoaineenkulutus (1/100 km)

Matka (km)	0.980	3.280	5.000	7.800	10.760	13.330	16.360
T (°C)							
-2	10.82	8.96	9.48	8.28	7.90	7.55	7.51
-3	8.98	7.87	8.50	7.56	7.38	7.13	7.06
-3	10.10	9.15	9.42	8.26	7.91	7.55	7.44
ka.	9.97	8.66	9.13	8.03	7.73	7.41	7.34
-7	9.59	8.17	8.50	7.58	7.30	7.05	6.99
-8	8.88	7.84	8.56	7.64	7.43	7.20	7.16
-12	8.78	7.77	8.50	7.59	7.29	7.04	6.99
-12	9.69	8.20	8.94	7.95	7.70	7.40	7.35
ka.	9.23	7.80	8.63	7.69	7.43	7.17	7.12
Keskim.	9.55	8.23	8.88	7.86	7.58	7.29	7.23

Taulukko 47a. Lohkolämmittimen käytön vaikutus polttoaineenkulutukseen linkeittäin

Polttoaineenkulutus (l/100 km)

LINKKI		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
T (°C)	t (h)							
-3	2 h	19.08	9.35	10.12	6.46	6.66	6.11	6.37
-4	2 h	19.90	9.35	10.81	6.32	6.69	6.03	6.67
ka.		19.49	9.35	10.47	6.39	6.68	6.07	6.70
-6	2 h	20.31	9.70	10.35	6.18	6.79	5.99	6.90
-9	2 h	20.71	9.87	9.77	6.32	6.93	6.07	6.63
ka.		20.51	9.79	10.06	6.25	6.86	6.03	6.77
-3	1 h	19.69	9.22	10.35	6.21	6.79	5.80	6.60
-3	1 h	21.33	9.43	10.52	6.32	6.82	6.03	7.10
ka.		20.51	9.33	10.44	6.27	6.81	5.92	6.85
-7	1 h	24.18	9.57	10.41	6.79	7.13	6.19	7.03
-7	1 h	23.67	9.74	11.10	6.54	7.03	6.11	6.93
ka.		23.93	9.66	10.76	6.67	7.08	6.15	6.98
-4	½ h	23.37	9.70	10.52	6.57	6.82	6.30	7.10
-4	½ h	19.08	10.00	10.87	6.43	6.82	6.03	6.86
ka.		21.23	9.85	10.70	6.50	6.82	6.17	6.98
-2	0 h	26.33	12.17	11.51	6.46	6.99	6.15	6.96
-2	0 h	24.29	11.39	10.52	6.61	6.89	5.91	6.80
-5	0 h	30.41	12.17	11.57	6.57	7.09	6.15	6.73
ka.		27.01	11.91	11.20	6.55	6.99	6.07	6.83
-7	0 h	32.04	13.43	12.33	6.86	7.33	6.19	7.36
-9	0 h	29.39	13.52	11.69	7.29	7.36	6.34	7.29
-12	0 h	31.12	13.39	12.27	7.00	6.96	6.23	7.92
ka.		30.85	13.45	12.10	7.05	7.22	6.25	7.52

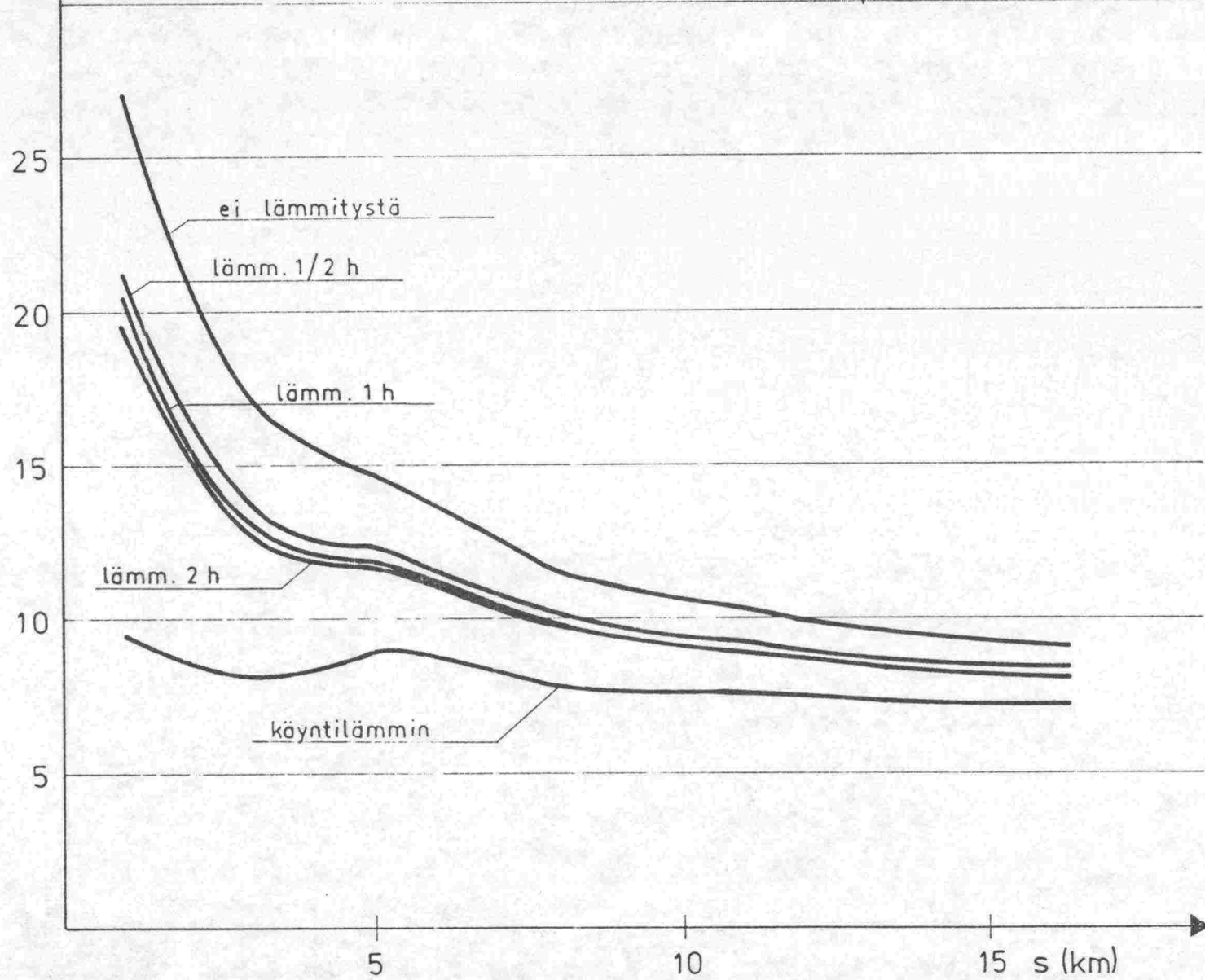
Taulukko 47b. Lohkolämmittimen käytön vaikutus polttoaineenkulutukseen matkan mukaan

Polttoaineenkulutus (l/100 km)

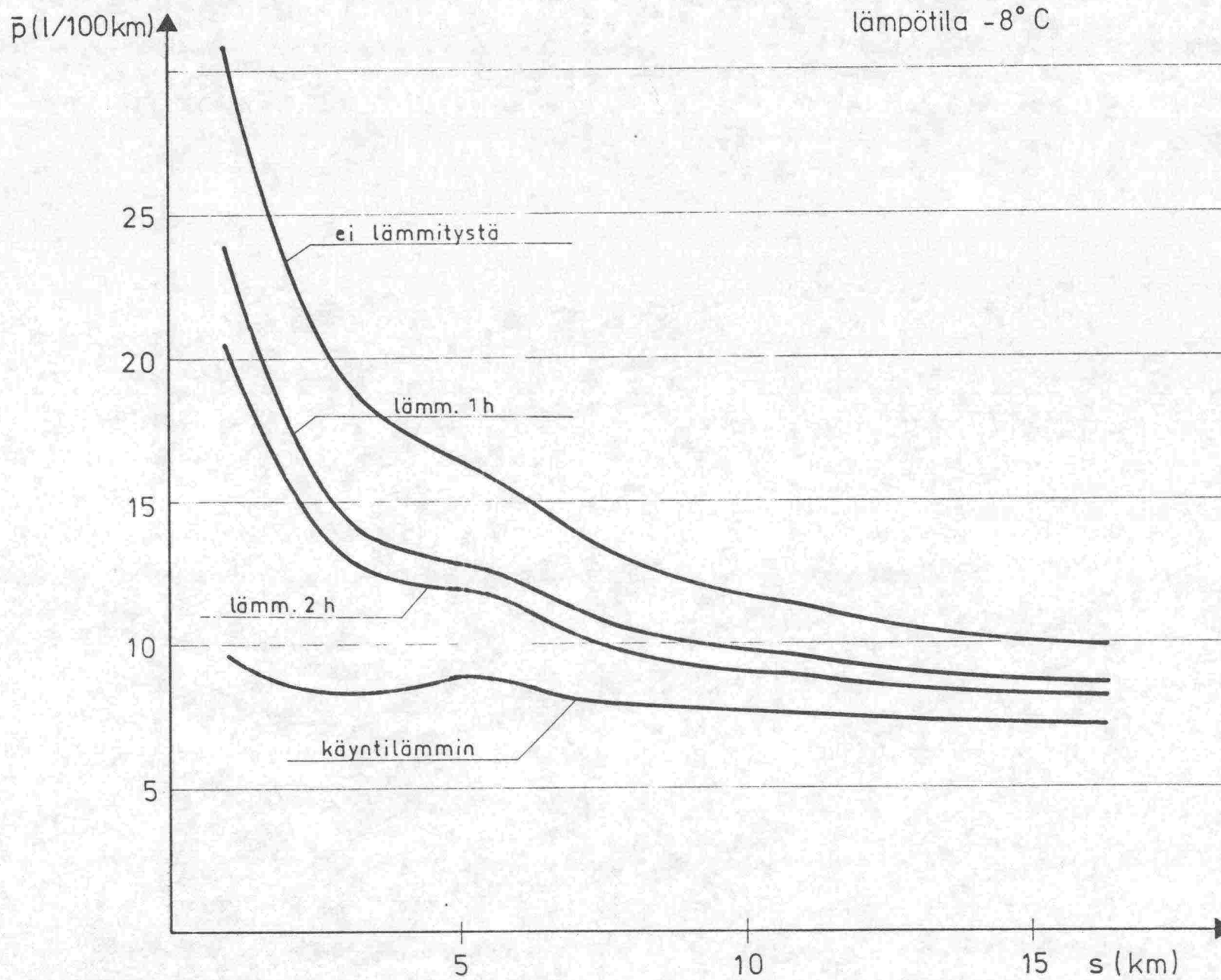
MATKA (km)		0.980	3.280	5.000	7.800	10.760	13.330	16.360
T (°C)	t (h)							
-3	2 h	19.08	12.26	11.52	9.68	8.85	8.32	8.03
-4	2 h	19.90	12.50	11.92	9.91	9.02	8.45	8.12
ka.		19.49	12.38	11.72	9.80	8.94	8.39	8.08
-6	2 h	20.31	12.87	12.00	9.91	9.05	8.46	8.17
-9	2 h	20.71	13.11	11.96	9.94	9.11	8.52	8.17
ka.		20.51	12.99	11.98	9.93	9.08	8.49	8.17
-3	1 h	19.69	12.35	11.66	9.71	8.90	8.30	7.99
-3	1 h	21.33	12.99	12.14	10.05	9.16	8.54	8.27
ka.		20.51	12.67	11.90	9.88	9.03	8.42	8.13
-7	1 h	24.18	13.93	12.72	10.59	9.64	8.97	8.61
-7	1 h	23.67	13.90	12.94	10.64	9.65	8.96	8.58
ka.		23.93	13.92	12.83	10.62	9.65	8.97	8.60
-4	½ h	23.37	13.78	12.66	10.47	9.47	8.86	8.53
-4	½ h	19.08	12.71	12.08	10.05	9.16	8.56	8.25
ka.		21.23	13.25	12.37	10.26	9.32	8.71	8.39
-2	0 h	26.33	16.40	14.72	11.76	10.45	9.62	9.13
-2	0 h	24.29	15.24	13.62	11.10	9.94	9.17	8.73
-5	0 h	30.41	17.62	15.54	12.32	10.88	9.97	9.37
ka.		27.01	16.42	14.63	11.73	10.42	9.59	9.08
-7	0 h	32.04	18.99	16.70	13.17	11.56	10.54	9.95
-9	0 h	29.39	18.26	16.00	12.87	11.36	10.39	9.82
-12	0 h	31.12	18.69	16.48	13.08	11.39	10.40	9.94
ka.		30.85	18.65	16.39	13.04	11.44	10.44	9.90

\bar{p} (l/100 km) ▲

lämpötila -3°C



Kuva 49a Esilämmityksen vaikutus keskimääräiseen polttoaineenkulutukseen



Kuva 49 b Esilämmityksen vaikutus keskimääräiseen polttoaineenkulutukseen

Kylmä moottori kuluttaa koko reitillä lämpötilassa -8°C 4.4 dl ja -3°C :ssa 3.0 dl enemmän polttoainetta kuin käyntilämpimä moottori. Tästä kulutus-erosta syntyy 3 ensimmäisen kilometrin aikana jo 80-90 %.

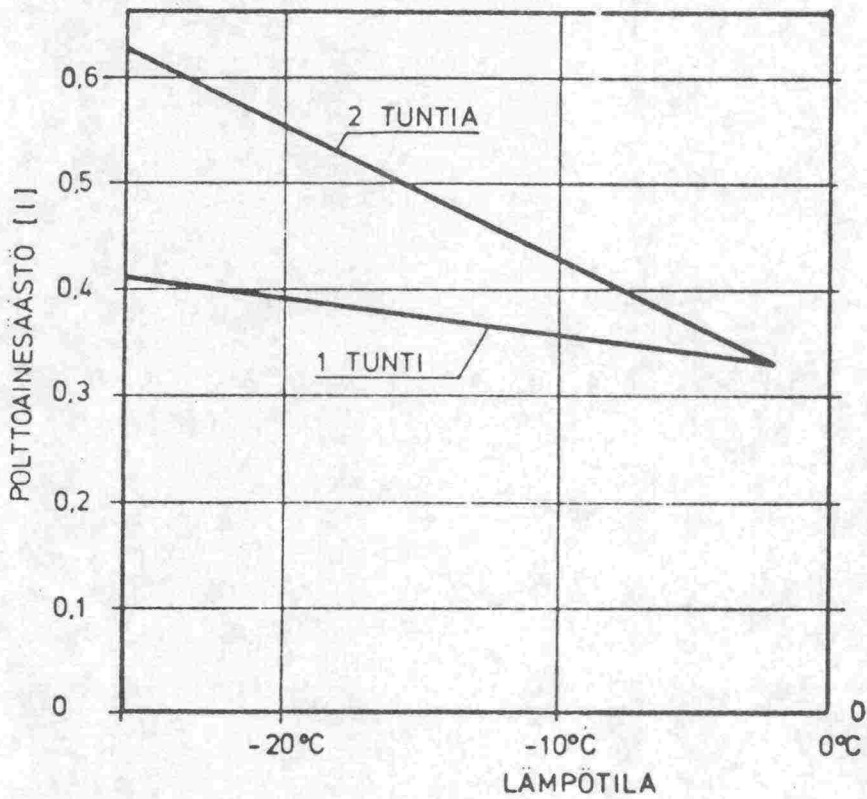
Kun verrataan eri pituisilla esilämmitysajoilla saavutettuja polttoainesäästöjä havaitaan, että -8°C :ssa 2 tunnin esilämmitys tuottaa 33 % (0.7 dl) ja -3°C :ssa vain n. 6 % (0.1 dl) enemmän säästöä kuin 1 tunnin esilämmitys. $\frac{1}{2}$ tunnin ja 1 tunnin esilämmityksien ero polttoainesäästöissä lämpötilassa -3°C on 0.4 dl.

Keskimääräinen polttoaineenkulutus oli kylmällä moottorilla -8°C :ssa n. 31 l/100 km ja -3°C :ssa vielä n. 27 l/100 km ensimmäisen kilometrin matkalla. Vastaava kulutuslukema käyntilämpimällä moottorilla oli n. 9.5 l/100 km. Koko koeosuudelle saatiin keskiarvoksi kylmällä moottorilla -8°C :ssa n. 10 l/100 km ja -3°C :ssa n. 9 l/100 km, kun vastaava lukema käyntilämpimällä moottorilla oli 7.2 l/100 km.

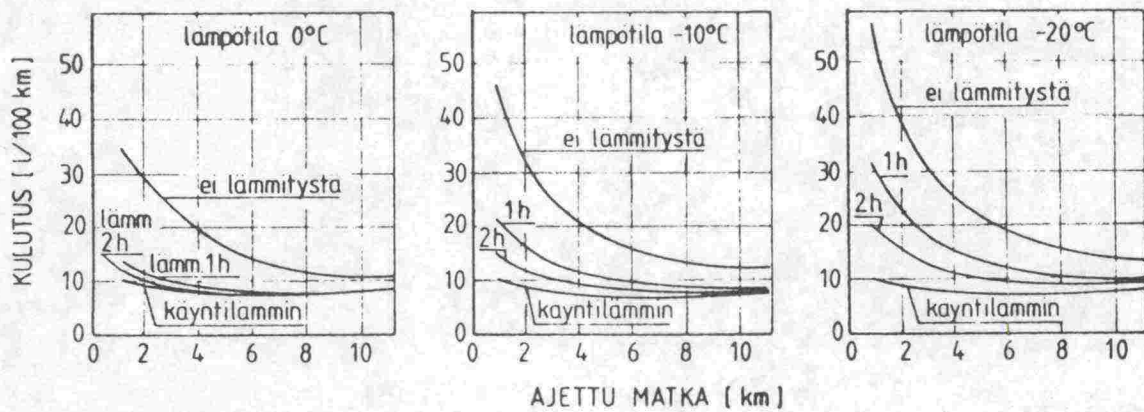
2.4

Tulosten tarkastelua

VTT on tutkinut taajama-ajossa lohkolämmittimen käytön vaikutusta henkilöauton polttoaineenkulutukseen. Tutkimuksen mukaan saavutetaan 1 tunnin esilämmityksellä -2°C :ssa 0.32 litran, -10°C :ssa 0.36 litran ja -20°C :ssa 0.39 litran polttoainesäästö 7.3 kilometrin matkalla (kuva 50). Kahden tunnin esilämmitys tuottaa VTT:n mukaan lisääntyttä sähkönkulutusta vastaavan lisäsäästön vasta alle -10°C lämpötiloissa. Kuvasta 51 nähdään esilämmityksen merkitys polttoaineenkulutukseen matkan pituuden mukaan (Alppivuori...1981b, Kallberg 1982b).

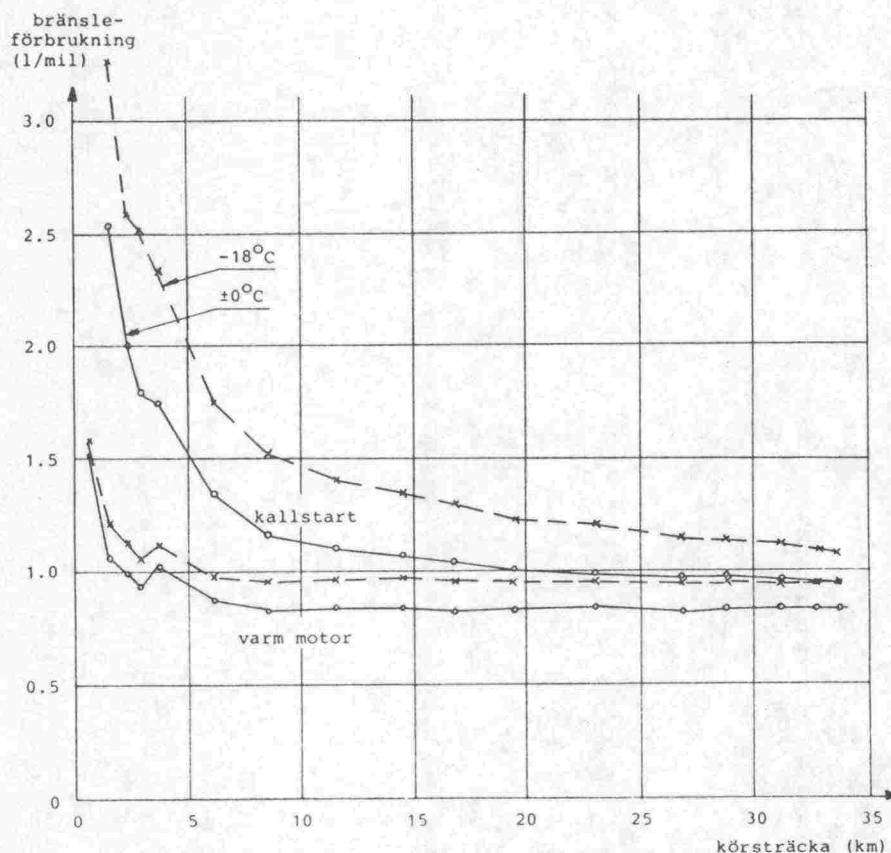


Kuva 50. Esilämmityksen aiheuttama polttonesteen säästö 7.3 km:n matkalla eri lämpötiloissa 1 h:n ja 2 h:n esilämmitysajalla.



Kuva 51. Esilämmityksen merkitys keskimääräiseen polttonesteen-kulutukseen matkan pituuden mukaan eri lämpötiloissa.

Ruotsissa on VTI tutkinut maantieajossa esilämmityksen vaikutusta polttoaineenkulutukseen (kuva 52). 3 tunnin esilämmityksellä saadaan VTI:n mukaan 0°C:ssa 0.1 litran ja -18°C:ssa n. 0.2 litran säästö polttoaineenkulutuksessa kylmään moottoriin verrattuna (Odsell 1980).



Kuva 52. Käynnistyksen jälkeinen polttoaineenkulutus matkan funktiona, SAAB 99, VTI:n koerata.

VTI:n ja tämän tutkimuksen tulokset ovat selvästi yhdensuuntaiset. VTI:n mukaan on keskimääräinen polttoaineenkulutus 6 kilometrin ajon jälkeen lämpötilassa -5°C kylmällä moottorilla 14 l/100 km, 3 tuntia esilämmitetyllä moottorilla 12 l/100 km ja käyntilämpimällä moottorilla 9 l/100 km. Tämä (Tt:n) tutkimus saa keskimääräiseksi polttoaineenkulutukseksi 5 kilometrin ajon jälkeen lämpötilassa -3°C kylmällä moottorilla 14.6 l/100 km, 2 tuntia esilämmitetyllä moottorilla 11.7 l/100 km ja käyntilämpimällä moottorilla 8.9 l/100 km.

VII:n tutkimus antaa suuremmat polttoaineenkulutussäästöt kuin VII:n tai Tt:n selvitys. Ero esilämmitysten aiheuttamissa kulutussäästöissä johtuu erilaisesta liikenneympäristöstä (taajama - maantie) sekä eroista ajoneuvoissa ja ajon luonteesta.

2.5 Lohkolämmittimen käytön kustannusvaikutukset

Kun verrataan esilämmityksen aiheuttamia polttoainekustannussäästöjä lohkolämmittimen hankinnasta ja asennuksesta sekä sähköenergian kulutuksesta aiheutuviin kustannuksiin joudutaan tekemään seuraavat oletukset: lohkolämmittintä käytetään vuodessa keskimäärin 150 päivää (marraskuu - maaliskuu), jolloin polttoainesäästö -5°C :ssa on n. 0.2 l käynnistystä kohden. Tämä säästö syntyy jo 10 kilometrin ajomatkan jälkeen. Kun polttoaineen hintana käytetään 4.09 mk/l (9.4.1985) saadaan kustannussäästöjä ajoneuvoa kohti vuodessa: polttoainesäästöt/ajon./vuosi = $150 \times 0.2 \text{ l} \times 4.09 \text{ mk/l} = 123 \text{ mk}$. Kun sähköenergian hintana käytetään 0.30 mk/kWh kuluu 2 tunnin esilämmitykseen 0.5 kW:n lohkolämmittimellä sähköenergiakustannuksia 0.30 mk/käynnistys. Vuodessa kuluu ajoneuvoa kohden $150 \times 0.30 \text{ mk} = 45 \text{ mk}$ esilämmityskustannuksia.

Esilämmityksellä saatavat energiakustannussäästöt ovat siten $123 - 45 \text{ mk} = 78 \text{ mk}$ ajoneuvoa kohti vuodessa. Kun lohkolämmittimen hankinta- ja asennuskustannukset ovat keskimäärin 350 mk, saadaan lämmittimeen tehty investointi takaisin viidessä vuodessa. Tarkastelusta puuttuvat autopaikasta ja lämmitintolpasta aiheutuvat kustannukset.

Kustannussäästöjen ohella lohkolämmittimen käyttö vähentää moottorin kulumista ja lisää ajomukavuutta erityisesti kovimmilla pakkasilla. Lisäksi ajoneuvon käynnistyminen on varmempaa.

LÄHDELUETTELO

- Alppivuori, Kari, Kallberg, Harri, Laitakari, Pentti 1981: Lämpöakku ja lohkolämmitin kylmäkäynnistyksen energiansäästäjinä. VTT Tie- ja liikennelaboratorio. Tiedonanto 68. Espoo.
- Andelin, Pertti 1982: Liikenteen energiankulutus ja energiansäästömahdollisuudet. Helsingin teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka. Opetusmoniste 2. Otaniemi.
- Kallberg, Harri 1982: Henkilöliikenteen energiankulutus eri liikenne- muodoilla. VTT Tie- ja liikennelaboratorio. Tiedotteita 160. Espoo.
- Kruger, R., Nebe, S., Treichel, D. 1978: Über den Einfluss des Reifenluftdruckes auf Fahreigenschaften und Haltbarkeit von Personewagen - Reifen. ATZ nr 3.
- Larsen, H., Norgaard, B., Sunn Pedersen, P.: Reduktion av eksisterende bilers energiforbrug. Laboratoriet for energiteknik RE 76 8-12.
- Laurell, Hans, Odsell, Olle 1978: Möjliga bränslebesparingar med befintliga personbilar. VTI, Rapport nr 157. Linköping.
- Odsell, Olle 1980: Användning av elektrisk motorvärmare. VTI, Rapport nr 190. Linköping.
- Tieliikenteen energiatutkimus 1978: Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto. Helsinki.