

**AJONEUVOJEN SIJAINTI JA POLKU-
PYÖRÄILIJÖIDEN TURVALLISUUS ERI
LEVYISILLÄ TEILLÄ**

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
KÄYTTÖOSASTON LIIKENNETOIMISTO

TVH 741964

HELSINKI 1981

08

Tie



81 533

ISBN 951-46-4679-7

AJONEUVOJEN SIJAINTI JA POLKUPYÖRÄILIJÖIDEN
TURVALLISUUS ERI LEVYISILLÄ TEILLÄ

H. Summala ja J. Vierimaa

ALKUSANAT

Käyttöosaston liikennetoimisto ryhtyi vuonna 1978 selvittämään yhteistyössä Helsingin yliopiston psykologian laitoksen kanssa, miten autoilijoiden ajolinjat jakautuvat tien poikkileikkauksessa. Tutkimuksesta valmistui raportti "Tutkimus ajoneuvojen sijainnista tien poikkileikkauksessa" TVII 742008 vuoden 1978 aikana.

Alustavan tutkimuksen jälkeen käynnistettiin jäljempänä selostettu jatkotutkimus, joka täydentää alustavaa tutkimusta. Tässä tutkimuksessa on ajoneuvon sijaintia poikkileikkauksessa selvitelty laajemmin eri levyisillä teillä ja otettu huomioon myös vaihtelevat liikennetilanteet. Autoilijoiden ajolinjoilla on erityisesti talviaikana merkitystä päällysteiden kulumiselle. Jatkossa onkin tarvetta tehdä tutkimusta, jossa selvitetään talviajan ajolinjoihin vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimukseen on osallistunut Helsingin yliopiston psykologian laitokselta Heikki Summala ja Jukka Vierimaa. Tie- ja vesirakennushallituksen yhdyshenkilönä on toiminut Matti Roine.

YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa mitattiin n. 20.000 ajoneuvon sijainti tien poikkileikkauksessa kaikkiaan yhdeksässä, suorassa, kaistan ja pientareen leveyden suhteen vaihtelevassa tien kohdassa.

Tien levetessä todettiin sijaintijakautuman huipun alenevan ja vaihtelualueen laajenevan eli tien pinnan kulutus jakaantuu -odotetusti - laajemmalle alueelle leveämmillä teillä. Toisaalta tulokset viittaavat siihen, että ajoneuvojen keskimääräinen etäisyys tien reunaviivasta pysyy kutakuinkin vakiona tien ja pientareen leveydestä riippumatta. Tämä merkitsee sitä, että esim. reunaviivan paikkaa vaihtelemalla voitaisiin vaikuttaa ajoneuvojen ajolinjoihin siten, että tien urautuminen keskimäärin vähenisi, ts. voitaisiin vaihdella suurimman kulutuksen sijaintikohtaa.

Tutkimuksessa selvitettiin myös sitä, kuinka tien pientareelle pysähtynyttä polkupyöräilijää väistetään eri levyisillä teillä. Tyypillisesti autoilijat ajavat polkupyöräilijää ohittaessaan niin kaukana vasemmalla kuin keskiviivaa ylittämättä voivat. Vasta kun käytettävissä oleva tila - tien keskiviivan ja polkupyörän välinen etäisyys - alittaa 3,5 m, autoilijat alkavat yleisesti väistää vastaantulevien ajokaistan puolelle. Ko. tilaa voitaneen suositella minimi-tilaksi, joskin on otettava huomioon että tässä tutkimuksessa oli kysymyksessä paikallaan oleva polkupyöräilijä; liikkuvan polkupyöräilijän sivuttaisuuntainen liike tulee lisäksi ottaa huomioon.

Minimietäisyys, jolla autoilijat ohittivat polkupyöräilijän, oli kapeilla teillä jopa selvästi alle metrin suuruinen, eikä se leveilläkään teillä kasvanut $1\frac{1}{2}$ metriä suuremmaksi. Tutkimuksessa todettiin, että lähimpänä pyöräilijää ajavat autot (jakautuman 5. persentiili) kulkivat likipitään samalla etäisyydellä tien reunaviivasta tien ja pientareen leveydestä riippumatta. Toisin sanoen ko. kuljettajat valitsivat ajolinjansa

yksinomaan reunaviivan mukaan, riippumatta siitä, kuinka leveä piennar pyöräilijällä oli käytettävissään ja kuinka läheltä pyöräilijää he joutuivat ajamaan.

Erillisessä osatutkimuksessa selvitettiin tien kestävyuden kannalta vahingollista autoilijoiden oikaisemista pientareelle kapean tien pienisäteisessä sisäkaarteessa. Oikaiseminen oli tutkitussa kaarteessa varsin yleistä - 41% henkilöautoista ja 61% kuorma-autoista oikaisi pientareen kautta.

SAMMANDRAG

I denna undersökning mättes ca 20 000 fordons läge i vägens tvärsektion i sammanlagt nio vägpunkter av varierande bredd.

Mätningarna visade, att ju bredare vägen var, desto mer sjönk toppvärdet för lägesfördelningen och desto större blev variationsvidden. Resultaten tyder dock på att fordonens genomsnittliga avstånd från vägens kantlinje hålls i stort sett konstant, oberoende av vägens och vägrenens bredd.

I kö varierade läget mindre, och trafikanterna väjde mindre för mötande fordon än då de inte körde i kö.

Genom undersökningen utreddes också hur bilister väjer för cyklist som stannat på vägrenen vid olika breda vägar. Oftast håller sig bilisterna, då de kör om en cyklist, så långt till vänster som de kan utan att passera mittlinjen. Först då det tillbudsstående utrymmet - avståndet mellan vägens mittlinje och cykeln - är under 3,5 m, börjar bilisterna allmänt köra om på motsatt sida av vägen. Detta utrymme kunde rekommenderas som minimiutrymme, trots att det endast gällde en stillastående cyklist i denna undersökning; en rörlig cyklists rörelser i sidled skall ju dessutom beaktas.

På smala vägar var minimiavståndet på vilket bilisterna körde om en cyklist t.o.m. avsevärt under en meter. Avståndet förefaller att bero på cyklistens läge i förhållande till kantlinjen på så sätt, att de bilister som körde närmast en cyklist höll sig på ungefär samma avstånd från vägens kantlinje oberoende av vägens och vägrenens bredd. Inte ens på de bredaste vägarna var avståndet någonsin över 1,5 meter.

SUMMARY

This study involved the measuring of the position of some 20 000 vehicles in the transverse section of the road at nine road points of varying width in all.

It revealed that the wider the road, the more the peak of the position spread declined and the more the variation range broadened. But the results also indicate, that the average vehicle distance from the edgeline remains more or less constant, regardless of the width of the road and shoulder.

In a queue there was less variation in the position, and less room was made for meeting motorists than when there was no queue.

The manner of overtaking a stationary cyclist by roads of varying width was also studied. It appears to be most common for a motorist to keep as far left as possible without crossing the center line when overtaking a cyclist. Only when the available space - the distance between the centre line and the cyclist - is less than 3,5 metres, do the motorists begin to pass the centre line for overtaking. This space should be the recommended minimum distance, even though this study was concerned with stationary cyclists only; the sideways movements of a moving cyclist also needs to be taken into account.

The minimum distance for overtaking a cyclist was clearly even less than a metre on narrow roads. This distance seems to depend on the position of the cyclist in relation to the edgeline, so that those motorists who passed nearest to a cyclist kept at more or less the same distance from the edgeline, regardless of the road and shoulder widths. The minimum distance never exceeded 1,5 metres even on the widest roads.

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

Alkusanat

Yhteenveto

Sammandrag

Summary

1. Johdanto	1
2. Ajoneuvojen sijainti erilaisissa tien poikkileikkauksissa	4
2.1 Mittauspaikat	4
2.2 Mittausten suorittaminen	4
2.3 Ajolinjajakautuma erilaisissa tien poikkileikkauksissa	6
2.4 Ajolinjajakautuma eri liikennetilanteissa	15
2.5 Sijainti eri tekijöiden funktiona	17
3. Ajolinjat polkupyöräilijää ohitettaessa	22
4. Ajoneuvojen sijainti pienisäteisessä kaarteessa	28
5. Johtopäätökset	33
Lähdeluettelo	35
Liitteitä 2 kpl	

1. JOHDANTO

Kukin ajoneuvo tarvitsee liikkuakseen häiriöttä ja turvallisesti tietyn levyisen tilan, joka usein on ajoratamerkinnöin rajattu ajokaistaksi. Voimassa olevan tieliikenneasetuksen mukaan ajoneuvoa on tiellä kuljetettava niin lähellä ajoradan oikeanpuoleista reunaa kuin turvallisuutta vaarantamatta on mahdollista (14 § 1). Uudessa tieliikennelakiehdotuksessa (Komiteanmietintö 1975:27) ajokaista on erityisesti määritelty ja sillä tarkoitetaan tiemerkinnoin osoitettua tai muuta autojonolle riittävän leveää ajoradan pituussuuntaista osaa (2 § 4). Ajoneuvoa on edelleenkin kuljetettava lähellä oikeaa reunaa ottaen huomioon tienreunaa käyttävä liikenne ja vastaan tulevat ajoneuvot (10 § 1). Toisaalta tien poikkileikkausta mitoitettaessa autoille varataan liikennetila, joka koostuu ajoneuvon leveydestä, ajovarmuusvarasta sekä ajoneuvojen välissä etä ajoradan reunalla ja lisäksi liikkumisvarasta, ja sen leveys on riippuvainen tien ohjenopeudesta (TVL, Teiden suunnitteluhjeet, 1968; ks. kuva 1).

Tässä raportissa selvitetään sitä, missä kohti tietä autot todella ajavat ja mitkä tekijät niiden sijaintiin vaikuttavat. Ajavatko autoilijat käytännössä niin kuin lainsäätäjät tai sen valmistelija ja tien suunnittelija ovat tarkoittaneet.

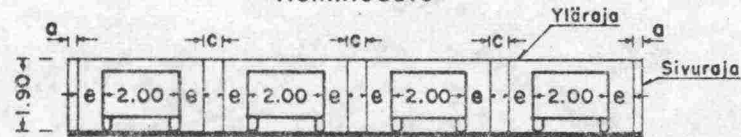
Tämä raportti on myös jatkoa aikaisemmalle tutkimukselle (Summala, Merisalo & Vierimaa, 1978), jossa lähdettiin selvittämään sitä, voitaisiinko teiden urautumiseen vaikuttaa autojen ajolinjoja muuttamalla. Kun autot ajavat samassa kohden tietä, muodostuu päällysteeseen uria, jotka ovat tärkeimpiä teiden uudelleenpäällystämistarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. Mikäli autot kuluttaisivat päällystettä tasaisemmin, voitaisiin uusintapäällystystä lykätä ja saataisiin aikaan tuntuvia säästöjä.

Tämän raportin luvussa 2 selvitetään sitä, miten kulutus - niin henkilö- kuin kuorma-autojen - jakautuu eri levyisillä teillä.

Poikkileikkauksen mitoitusperusteet

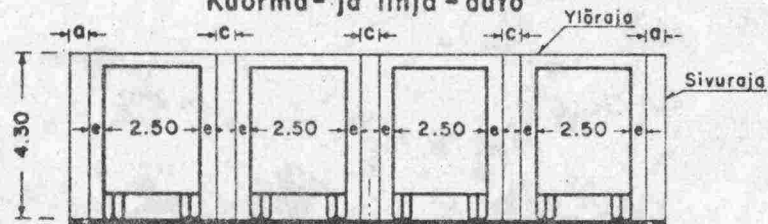
Eri liikenneyksiköiden vaatima liikennetila

Henkilöauto



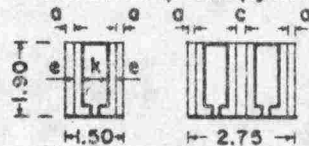
Ajonopeus [km/h]	Ajoneuvon leveys [m]	Liikkumis- vara 2 e [m]	Ajovarmuusvara		Liikennetilan leveys		
			Ajoneuvojen välissä c [m]	Ajoradan reu- nalla a [m]	1-ajokaistai- sella tiellä [m]	2-ajokaistai- sella tiellä [m]	4-ajokaistai- sella tiellä [m]
40	2.00	0.15	0.30	0.15		4.90	
50	*	0.25	0.50	0.25		5.50	11.00
60	*	0.50	0.50	0.25		6.00	12.00
70	*	0.75	0.50	0.25	3.25	6.50	13.00
80	*	1.00	0.50	0.25	3.50	7.00	14.00
100	*	1.50	0.50	0.25		8.00	
120	*	1.50	0.50	0.50		8.50	

Kuorma- ja linja-auto

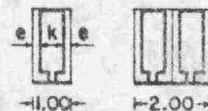


Ajonopeus [km/h]	Ajoneuvon leveys [m]	Liikkumis- vara 2 e [m]	Ajovarmuusvara		Liikennetilan leveys		
			Ajoneuvojen välissä c [m]	Ajoradan reu- nalla a [m]	1-ajokaistai- sella tiellä [m]	2-ajokaistai- sella tiellä [m]	4-ajokaistai- sella tiellä [m]
40	2.50	0.20	0.30	0.25		6.20	
50	*	0.20	0.40	0.25		6.30	12.50
60	*	0.20	0.50	0.25	3.20	6.40	12.80
70	*	0.25	0.50	0.50	3.75	7.00	13.50
(80)	*	0.50	0.50	0.50		7.50	14.50

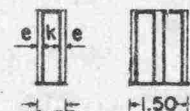
Moottoripolkupyörä



Polkupyörä



Jalankulkija



	Liikenneyksikön leveys k [m]	Liikkumisvara 2 e [m]	Ajovarmuusvara [m]		Liikennetilan leveys [m]			
			c	a	1 kaista	2 kaistaa	3 kaistaa	4 kaistaa
Moottoripp.	0.60	0.40	0.25	0.25	1.50	2.75	4.00	5.25
Polkupyörä	0.60	0.40	—	—	1.00	2.00	3.00	4.00
Jalankulkija	0.50	0.25	—	—	0.75	1.50	2.25	3.00

*Huom. Vto:n mukaan neljä- tai useampijakaistaisella tiellä on pienin ajokaistan leveys 3.5 m

Kuva 1. Eri liikenneyksiköille varattava liikennetila

Kolmannessa luvussa selvitetään sitä, kuinka autoilijat ottavat huomioon tien reunaa käyttävän kevyen liikenteen. Ko. luvussa esitetään tuloksia siitä, miten tien pientareelle pysähtynyttä polkupyöräilijää väistetään eri levyisillä teillä.

Raportin neljäs luku käsittelee erästä kapeapientareisten teiden ja pienisäteisten kaarteiden erityisongelmaa, autoilijoiden tapaa oikaista kaarteissa pientareelle päällysteen ulkopuolelle, mikä johtaa tien reunan vaurioitumiseen ja painumiin.

2. AJONEUVOJEN SIJAINTI ERILAISISSA TIEN POIKKILEIKKAUKSISSA

2.1 Mittauspaikat

Ajoneuvojen sijaintia tutkittiin kaikkiaan 9 mittauspisteessä Helsinkiä ympäröivällä tieverkolla (ks. kuva 2). Mittauspisteistä 8 sijaitsi suoralla tien osalla ja yksi - erillistutkimukseen kuuluva (ks. kohta 4) - pienisäteisessä kaarteessa. Tien poikkileikkaus eri mittauspisteissä on esitetty taulukossa 1.

2.2 Mittausten suorittaminen

Ajolinjamittaukset suoritettiin laitteistolla, jolla tien yli asetettavia valokennoja käyttämällä voitiin määrittää ohikulkuevien ajoneuvojen kummankin etupyörän sijainti tiellä; lisäksi magneettinauhalle rekisteröitiin ajoneuvon kulkusuunta, sen nopeus, tapahtuman reaaliaika ja näppäimistöltä annettu informaatio. Jälkikäsitteilyssä kullekin ajoneuville laskettiin leveys, keskikohdan sijainti tiellä, jonoasema sekä aikaväli edellä ajavaan samoin kuin lähimpään takana tulevaan, vastaan tulevaan ja vastaan tulleeseen ajoneuvoon. (Mittausjärjestelmä on jonkin verran modifioitu versio TVH:n raportissa nro 742008 esitellystä laitteistosta.)

Havaintoja kerättiin seitsemässä mittauspaikassa vähintään kaksi kuuden tunnin jaksoa, toinen "normaalitilanteessa" ja toinen tilanteessa, jossa tien pientareelle oli pysähtynyt polkupyöräilijä (ks. raportin kohta 3). Mittauspaikat 1 ja 9 kuuluivat erillistutkimukseen (ks. raportin kohta 4), ja niissä havaintoja kerättiin vain yksi kuuden tunnin jakso normaalitilanteessa (ilman polkupyöräilijää).

Tässä raportissa esitetyt analyysit perustuvat kaikkiaan n. 20 000 ajoneuvosta tehtyyn havaintoon.



Kuva 2. Mittauspaikat

Taulukko 1. Mittauspaikat

Mittaus- paikka nro	Tie nro	Tie- osa nro	Tien poikkileikkaus ^x (m)			Nopeus rajoitus (km/h)
			a	b	c	
1	mt 11412	-	8,8	7,0	6,3	50
2	mt 120	7	9,2	7,1	6,6	80
3	kt 50	4	10,8	8,1	6,9	80
4	mt 130	3	11,3	9,5	7,0	80
5	vt 4	109	11,9	9,6	7,0	100
6	kt 51	9	11,4	10,0	7,4	100
7	kt 50	1	11,3	10,1	7,4	80
8	kt 51	11	12,7	12,6	7,3	100
9	mt 11412	-	9,3	7,4	6,6	50

x

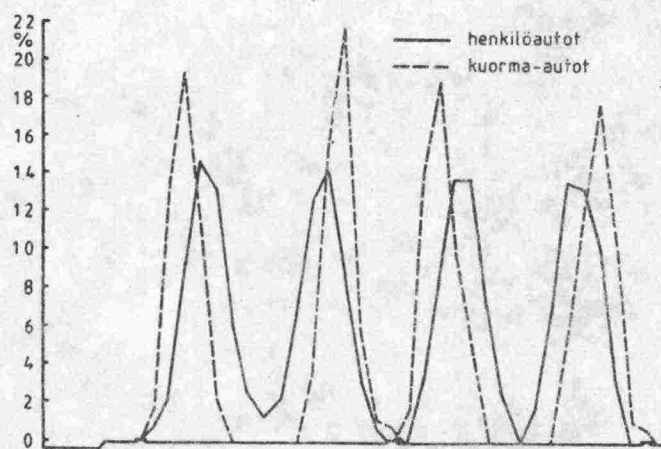
Mitatut kokonaisleveydet: a) tien kokonaisleveys, b) päällysteen leveys, c) ajoradan leveys

2.3 Ajolinjajakautuma erilaisissa tien poikkileikkauksissa

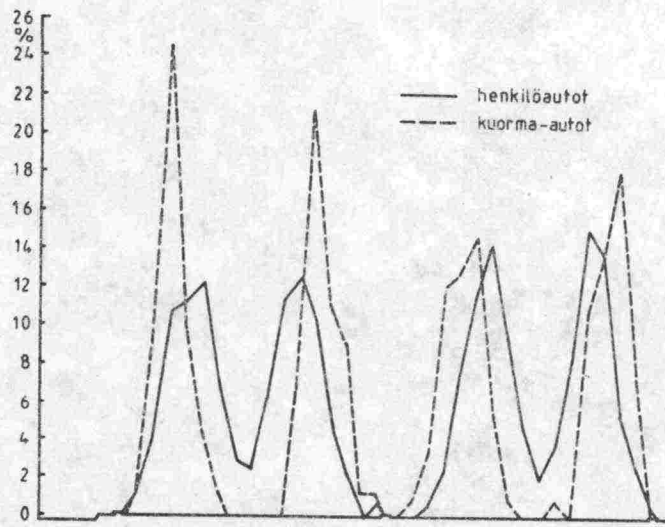
Kuvissa 3-8 on esitetty ajolinjojen kokonaisjakautumat eri mitauspisteissä - kapeimmasta leveimpään tiehen. Näissä kuten useissa myöhemmissä kuvissa on teiden poikkileikkaukset kuvattu niin, että keski- ja reunaviivat näkyvät kohoutumina ja päällysteen reuna pienenä putouksena. Havaintoja analysoitaessa tie on jaettu 20 cm:n levyisiin luokkiin, ja kuhunkin luokkaan - kullekin 20 cm:n levyiselle kaistalle - osuneiden autojen etupyörien ulkoreunojen prosentuaalinen osuus kaikista samaan suuntaan kulkeneiden autojen etupyörien lukumäärästä on esitetty kuvissa y-akselilla. Kuvissa voidaan nähdä neljä huippua, jotka kuvaavat autojen kummankin etupyörän pääasiallista sijaintia kummassakin suunnassa.

Kuvista voidaan todeta, että (1) kuorma-autojen ajolinjajakautumien huiput ovat selvästi korkeampia kuin henkilöautojen ja (2) tien leveyden kasvaessa jakautumien huiput ("kulutushuiput") alenevat. Taulukossa 2 on esitetty kaikkien neljän huipun (kumpikin etupyörä kummassakin suunnassa) keskiarvo kussakin

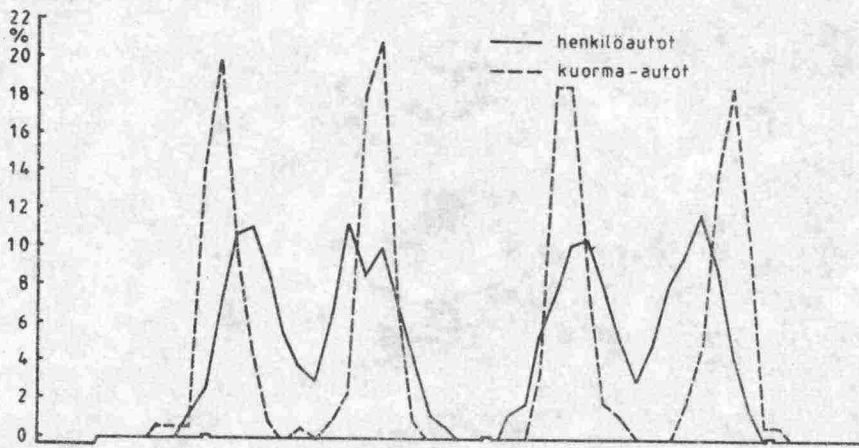
mittauspaikassa. Siitä voidaan todeta, että esim. mittauspaikassa 2 (tien poikkileikkaus 7,1/6,6) keskimääräinen ajolinjakautuman huippu oli henkilöautoilla 13,6 % ja kuorma-autoilla 20,1 %. Vastaavasti mittauspaikka 7 (tien poikkileikkaus 10,1/7,4) keskimääräinen huippu oli henkilöautoilla 10,0 % ja kuorma-autoilla 15,3 %. Erot näiden kahden mittauspaikan välillä voitaisiin tulkita siten, että muiden tekijöiden pysyessä muuttumattomina tietyn syvyinen ura syntyy kapeammalle tielle 36 % nopeammin kuin leveämmälle, jos tarkastellaan yksinomaan henkilöautojen aiheuttamaa kulutusta, ja 31 % nopeammin, jos tarkastellaan yksinomaan kuorma-autojen aiheuttamaa kulutusta. Toisaalta kuorma-autojen ajolinjojen huiput ovat keskimäärin 1,43 kertaa korkeampia kuin henkilöautojen, mikä vastaa hyvin aikaisempia tuloksia (ks. VTT, 1976; Summala ym., 1978).



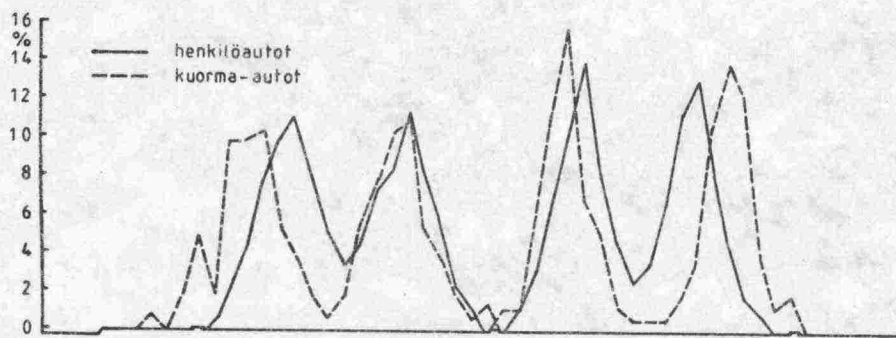
Kuva 3. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjakautumat mittauspaikassa 1



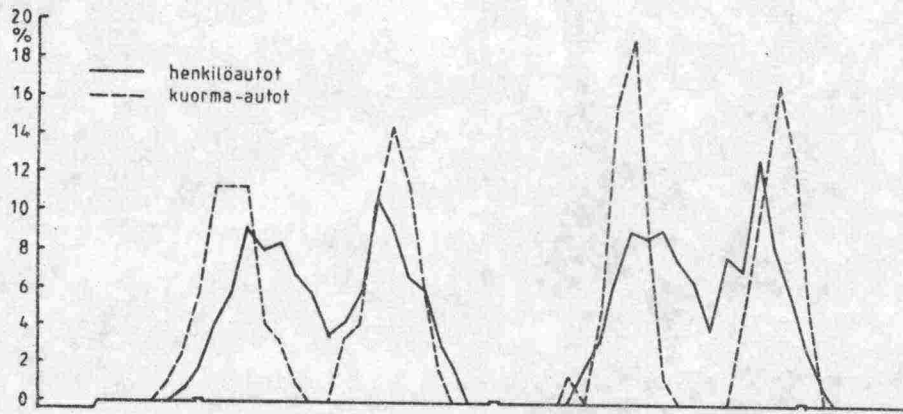
Kuva 4. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mittauspaikassa 2



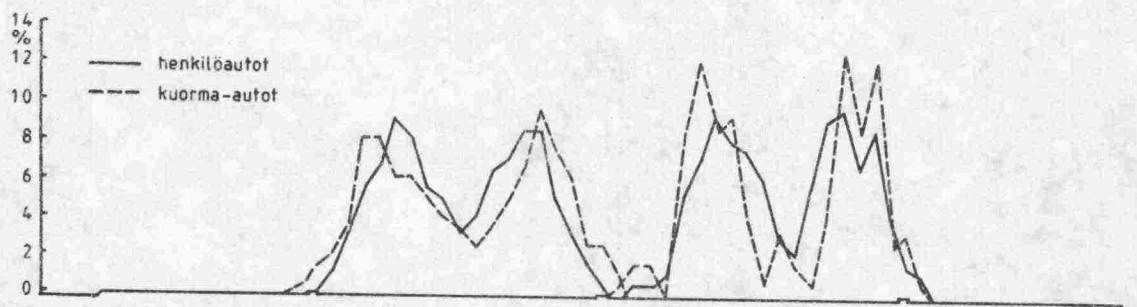
Kuva 5. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mittauspaikassa 5



Kuva 6. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mittauspaikassa 6



Kuva 7. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mittauspaikassa 7



Kuva 8. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mittauspaikassa 8

Taulukko 2. Ajolinjajakautumien huippujen keskiarvot eri mitauspaikoissa

Mittauspaikka nro	Nopeusrajoitus km/h	Tien poikkeileikkaus m	Jakautumahuippu	
			Henkilöautot %	Kuorma-autot %
1	50	7,0 / 6,3	14,2	19,4
2	80	7,1 / 6,6	13,6	20,1
5	100	9,6 / 7,0	11,0	19,3
6	100	10,0 / 7,4	12,2	12,8
7	80	10,1 / 7,4	10,0	15,3
8	100	12,6 / 7,3	9,6	14,2

Kun kulutushuiput tien leventyessä madaltuvat, autojen liikkuma-ala tiellä vastaavasti levenee ja keskimääräinen sijainti siirtyy kauemmaksi keskiviivasta (taulukko 3). 90 % henkilöautoista (ohittajat ja 5 % ääritapauksia jakautuman kummastakin päästä poistettu) liikkuu kapeimmalla tiellä 212 cm:n levyisellä alueella ja leveimmällä tiellä 265 cm:n levyisellä alueella. Autojen keskikohdasta laskettu vaihteluväli - jolloin auton leveys siis jätetään huomioon ottamatta - on kapeimmalla tiellä 85 cm ja leveimmällä 143 cm. Vastaavasti mitoitusnormeissa henkilöauton liikkumisvaraksi lasketaan 50 km/h:n mitoitusnopeudella - mikä vastannee mittauspaikkaa 1 - 25 cm, 80 km/h:n mitoitusnopeudella 1 m ja 100 km/h:n mitoitusnopeudella 1,5 m (ks. kuva 1). Lukuunottamatta teitä, joilla on 100 km/h:n nopeusrajoitus¹, liikkumisvara näyttää siis olevan liian pieni. Toisaalta mitoitusnormeissa on henkilöauton leveydeksi laskettu 2 m, kun se keskimäärin on melkoisesti pienempi.

Kuorma-autojen liikkuma-ala on leveyteen verrattuna huomattavasti pienempi eli ne seuraavat samaa uraa tarkemmin kuin henkilöautot (ks. oikeanpuoleinen sarake taulukossa 3 ja taulukko 2). Tien leveyden vaikutus kuorma-autojen liikkuma-alaan ei kuitenkaan näytä johdonmukaiselta, mikä johtunee suhteellisen pienistä havaintomääristä.

¹ Nopeusrajoitus ei välttämättä ole sama kuin tien mitoitusnopeus.

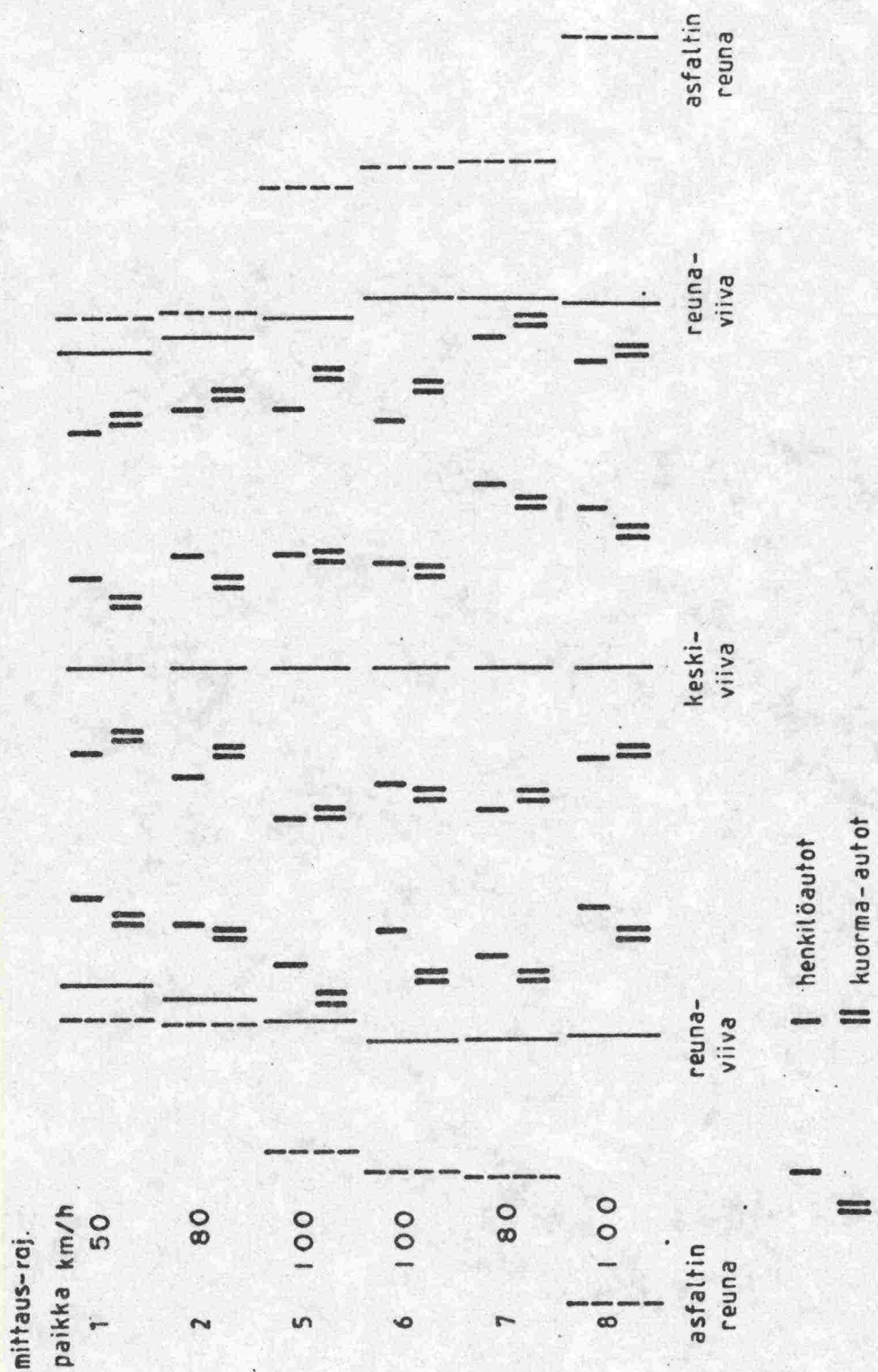
Kuvassa 9 on esitetty henkilö- ja kuorma-autojen keskimääräinen sijainti kaistallaan eri mittauspaikoissa kummassakin mittaussuunnassa. Siitä voidaan todeta, että kapeimmalla tiellä sekä henkilö- että kuorma-autot ajavat varsin tarkasti keskellä kaistaansa mutta tien leventyessä autot siirtyvät kauemmaksi keskiviivasta. Etäisyys reunaviivasta näyttää sen sijaan pysyvän varsin vakiona riippumatta ajoradan tai pientareiden leveydestä. On kuitenkin huomattava, että nopeusrajoitus oli jonkinverran korkeampi niillä teillä, joilla oli leveämmät pientareet, ja pientareiden leveneminen saattoi kompensoida nopeuden kasvusta aiheutuvan siirtymän keskemälle.

Taulukko 3. Ajoneuvojen keskimääräinen sijainti ja liikkumala eri mittauspaikoissa kummankin mittaussuunnan keskiarvona

Mittauspaikka nro	Nopeusrajoitus km/h	Tien poikki leikkaus m	Henkilöautot			Kuorma-autot		
			Sijainti ¹ cm	Liikkumala ² cm		Sijainti ¹ cm	Liikkumala ² cm	
				a	b		a	b
1	50	7,0/6,3	160	212	85	159	243	61
2	80	7,1/6,6	184	208	95	179	240	62
5	100	9,6/7,0	203	224	115	219	245	63
6	100	10,0/7,4	182	232	118	202	295	114
7	80	10,1/7,4	236	246	133	243	263	83
8	100	12,6/7,3	205	265	143	199	288	152

¹ Ajoneuvojen keskikohdan etäisyys keskiviivasta

- ²
- a) Liikkumala auton leveys mukaanluettuna. Ohittajat ja 5 % ääritapauksia jakautuman kummastakin päästä poistettu.
 - b) Liikkumala laskettuna autojen keskikohdasta. Ohittajat ja 5 % ääritapauksia jakautuman kummastakin päästä poistettu.



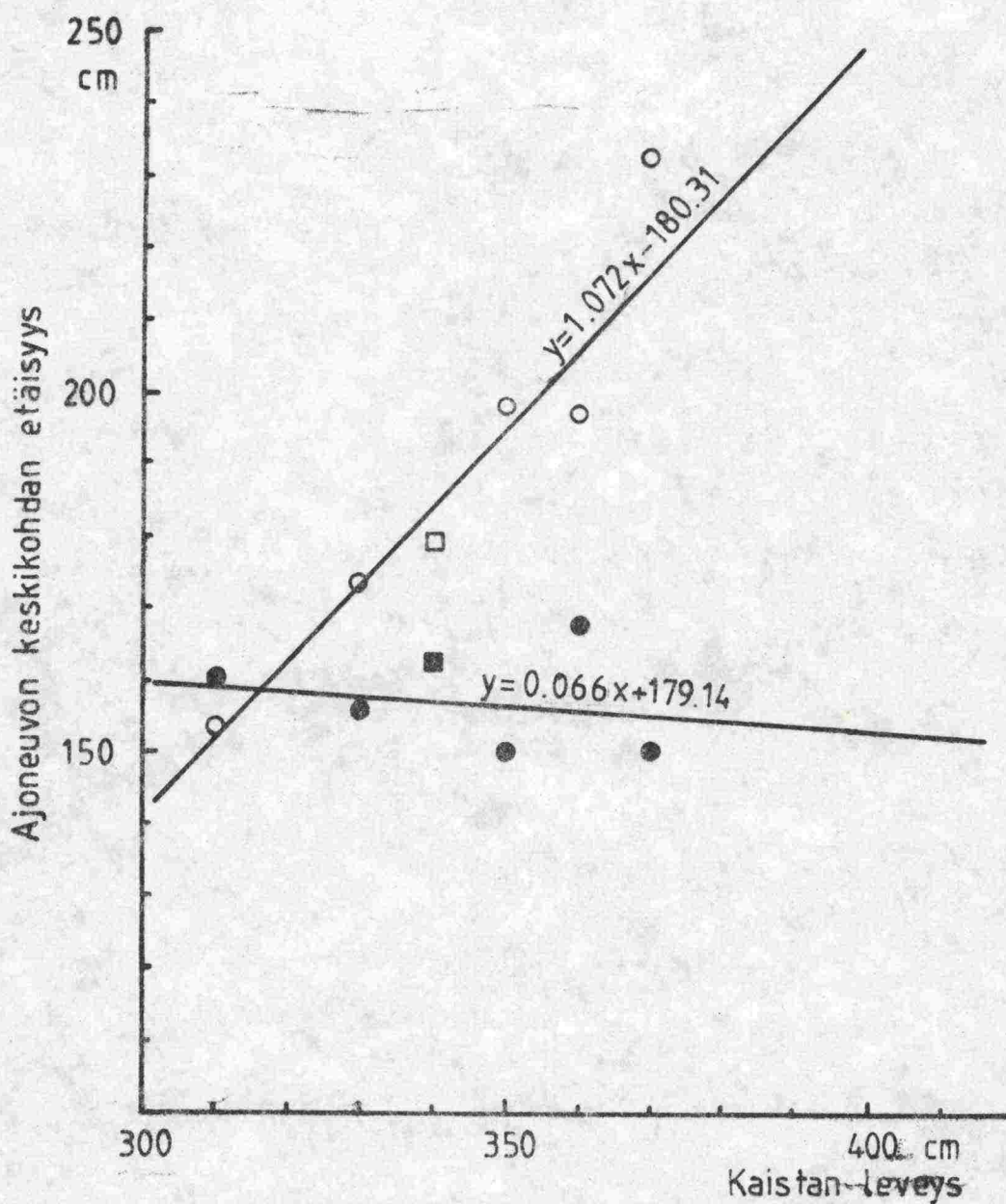
Kuva 9. Henkilö- ja kuorma-autojen keskimääräinen sijainti eri mittauspaikoissa

Kuvasta 10 voidaan nähdä, että vapaassa tilanteessa, ts. silloin, kun aikaväli edellä ajavaan on suurempi kuin 5 s ja vastaan tulijoita ei ole, henkilöautojen keskikohdan etäisyys reunaviivasta on n. 160 cm. Lukema perustuu mittauspaikoittain laskettuun eri suuntien keskiarvoon. Tien geometriasta, esim. kaarteesta aiheutuvat siirtymät näyttävät tämän aineiston mukaan olevan varsin symmetrisiä: siirtymä keskitielle ulkokaarteeseen puolella on yhtä suuri kuin siirtymä reunaan sisäkaarteeseen puolella.

Suurimmat eri suuntien keskimääräiset erot näyttävät olevan leveillä teillä. Näillä teillä mittauspaikkojen läheisyydessä oli eroja selittäviä geometrisia tekijöitä (kaarteisuutta, pitkittäiskaltevuutta), mutta ne eivät kuitenkaan olleet ratkaisevasti erilaisia kapeiden teiden mittauspaikkoihin nähden. Mittauspaikkoja valittaessa paikat arvioitiin kohtalaisen hyvin toisiaan vastaaviksi. Selitys saattaa hyvinkin olla siinä, että leveillä teillä tien geometrian piirteet vaikuttavat ajolinjoihin voimakkaammin kuin kapeilla teillä: käytettävissä oleva tila mahdollistaa edessä olevan tien geometrysten piirteiden ennakoinnin, oikaisun kaarteissa tms.

Mittauspaikka 6 oli muista poikkeava siinä suhteessa, että tie oli jonkin aikaa ennen mittausten suorittamista päällystetty levittämällä asfalttia ainoastaan ajoradalle: selvästi tummempana erottuvan asfaltin reuna oli n. 30 cm reunaviivasta keskitielle päin.

Kuvan 6 mukaan näyttäisi siltä, että autoilijat välttävät ajamasta uuden asfaltin reunan kohdalla, vaikka se onkin hyvin tasoitettu niin, ettei minkäänlaista kynnystä ole havaittavissa. Henkilöautot näyttävät visusti pysyttelevän uudella päällysteellä ja kuorma-autojen ajolinjajakautumissa on kummassakin suunnassa havaittavissa kuoppa juuri uuden asfaltin reunan kohdalla. Mahdollisesti tästä syystä henkilöautojen ajolinjajakautumien huiput ovat keskimäärin 22 % korkeampia kuin poikkileikkaukseltaan samanlaisessa mittauspisteessä 7. Vastaava luku on 25 % silloin, kun muun liikenteen vaikutus on kontrolloitu (ks. "ei jonossa"/"ei vastaan tulijaa"-tilanne kuvissa 12 ja 13).



- Etäisyys reunaviivasta
- Etäisyys keskiviivasta
- Etäisyys uuden ja vanhan päällysteen rajasta mittauspaikalla 6
- Etäisyys keskiviivasta mittauspaikalla 6

Kuva 10. Vapaasti liikkuvien henkilöautojen etäisyys keski- ja reunaviivasta. (Huomattakoon, että jonkinverran poikkeuksellinen mittauspaikka 6 ei ole mukana regressiomalleissa)

Mikäli tämä selvitys pitää paikkansa, näyttäisi siltä, että tien osittaisesta päällystämistä aiheutuvasta säästöstä menetetään osa siksi, että näin päällystetty tie urautuu nopeammin. Tämä koskee kuitenkin ainoastaan henkilöautojen aiheuttamaa kulutusta ja siinäkin suhteessa pidättäytyttävä kovin lopullisista johtopäätöksistä, koska kysymyksessä on vain yksi tien poikkileikkaus. Toisaalta autoilijoiden ajolinjojen valinta on riippuvainen siitä, kuinka tasaisena saumakohta pysyy ja kuinka se näkyy: mikäli sauma muuttuu ajanmittaan yhä epätasaisemmaksi, sitä varotaan yhä enemmän ja urien syntyminen nopeutuu.

2.4 Ajolinjakautuma eri liikennetilanteissa

Liitteessä 1 on esitetty henkilöautojen ajolinjakautumat mittauspaikoittain jaettuna liikennetilanteen mukaan neljään ryhmään sen mukaan, onko aikaväli edellä ajavaan pienempi kuin viisi sekuntia (jonossa/ei jonossa) ja toisaalta sen mukaan, onko toinen ajoneuvo tullut tai tulossa vastaan viiden sekunnin sisällä¹. Viisi sekuntia on valittu kriteeriksi vastaan tulevan liikenteen vaikutuksen arvioinnissa siksi, että vastaan tulevan liikenteen vaikutus loppuu suurin piirtein tällä etäisyydellä. Vastaan tulijoiden vaikutus ajolinjoihin on luonnollisesti suurempi silloin, kun ollaan lähempänä mutta tarkempi analyysi olisi edellyttänyt huomattavasti suurempia tapausmääriä eri mittauspaikoissa.

Kaikissa tapauksissa ei jonoajohavaintoja ollut riittävästi jakautumien esittämiseksi, ja kuorma-autojen ajolinjakautumia eri liikennetilanteissa ei voida esittää lainkaan.

Kuvista voidaan todeta varsin johdonmukaisesti vastaan tulevan ajoneuvon aiheuttama siirtymä tien reunaa kohti. Taulukon 4 mukaan ajoneuvojen siirtymä - laskettuna ajoneuvojen keskikohdasta - oli keskimäärin 19 cm silloin, kun ajoneuvot eivät

¹ Esim. 80 km:n tuntinopeudella tämä merkitsee sitä, että hetkellä, jolloin ajoneuvon sijainti mitattiin, etäisyys vastaan tulevaan tai -tullessaan ajoneuvoon oli vähintään 220 m ja kohtaamispaikka vähintään 110 m:n päässä mittauspaikasta olettaen, että myös vastaantulevat ajoivat samalla nopeudella.

ajaneet jonossa ja 8 cm silloin, kun ne ajoivat jonossa; ero vapaan ja jonotilanteen välillä on johdonmukainen ja tilastollisesti merkitsevä (binomiaalitestillä, $p = .016$).

Taulukko 4. Henkilöautojen keskimääräinen etäisyys tien keskiviivasta mittauspaikoittain eri liikennetilanteissa

Mittauspaikka nro	Tien poikki-leikkaus m	Etäisyys keskiviivasta							
		Keskiarvo (cm)				Keskihajonta (cm)			
		Ei jonoa Vastantulija		Jono Vastantulija		Ei jonoa Vastantulija		Jono Vastantulija	
ei	on	ei	on	ei	on	ei	on		
1	7,0 / 6,3	153	164	158	166	26,7	27,2	25,7	24,2
2	7,1 / 6,6	176	195	174	185	25,8	24,7	28,1	28,5
5	9,6 / 7,0	196	221	189	194	32,9	32,4	33,2	34,1
6	10,0 / 7,4	180	194	168	178	33,2	33,9	36,7	34,9
7	10,1 / 7,4	227	250	221	236	38,6	37,7	39,4	35,3
8	12,6 / 7,3	196	218	200 ^x	198	44,7	43,5	32,7 ^x	57,3
Keskiarvot		188	207	185	193	33,7	33,2	32,6	35,7

^x Luokassa ainoastaan 11 autoa

Taulukoista 5 ja 6 näkyy, että kun vastaan tulevaa liikennettä ei ole, etäisyys reunaviivasta pysyy yli mittauspaikkojen suhteellisen vakiona ja lähes saman suuruisena riippumatta siitä, ajetaanko jonossa vai ei. Kapeilla teillä vastaan tulija siirtää ajolinjoja reunemmaksi likipitään yhtä paljon sekä jonossa että vapaassa tilanteessa ajavilla, mutta leveillä teillä siirtymä on hyvin pieni, vain muutama sentti.

Jonossa ja vapaassa tilanteessa ajettiin keskimäärin lähes yhtä lähellä keskiviivaa (jonossa 4 cm keskemällä) silloin kun ketään ei tullut vastaan. Jonossa ajavat eivät kuitenkaan näytä väistävän vastaan tulevaa liikennettä yhtä paljon kuin vapaassa tilanteessa ajavat - vapaan tilanteen 19 cm:n siirtymää vastaa jonotilanteen 8 cm:n siirtymä.

Vastaantulevan ajoneuvon aiheuttama siirtymä tien reunaa kohti on suhteellisen pieni, kun otetaan huomioon se, että keskimäärin 1,5 metrin levyinen henkilöauto voi liikkua sivusuunnassa omalla kaistallaan 1,5 - 2 metriä tarkastelun kohteena olevilla teillä. Toisaalta keskimääräinen siirtymä 19 cm vapaassa tilanteessa merkitsee sitä, että kohtaavien autojen väliin jäävä tila on lähes 40 cm suurempi kuin siinä tapauksessa, että ne eivät väistäisi ollenkaan; 7 m:n levyisellä tiellä tämä merkitsee lähes 20%:n lisäystä.

2.5 Sijainti eri tekijöiden funktiona

Tässä tutkimuksessa kerättiin ohikulkevista ajoneuvoista likipitään kaikki tieto, mitä ulkoapäin voi saada: nopeus, leveys, tyyppi, etäisyys muihin omaa kaistaa kulkeviin ja vastaan tuleviin (lähimpiin) ajoneuvoihin sekä sivuttaissuuntainen sijainti tiellä.

Sen selvittämiseksi, kuinka paljon sijainnin varianssista voidaan selittää muilla muuttujilla, laskettiin eri mittauspaikkojen havainnoista kokeilumielessä valikoiva regressioanalyysi, jossa selittäjinä olivat:

- (1) nopeus,
- (2) etäisyys edellä ajavaan (sekunneissa),
- (3) etäisyys takana tulevaan (sekunneissa),
- (4) etäisyys vastaan tulevaan (sekunneissa),
- (5) etäisyys vastaan tulleeseen (sekunneissa),
- (6) leveys ja
- (7) jonoasema.

Sijainnin varianssista voitiin parhaimmillaankin selittää regressiomallilla vain 20-25 %, vaikka selittäjinä käytetyt muuttujat varsin hyvin määrittelevät ajoneuvon sijainnin liikennevirrassa. (Huomattakoon, että tarkastelu rajoitettiin yhteen, suoralla tien osalla sijaitsevaan poikkileikkaukseen ja vieläpä yhteen suuntaan kerrallaan, eikä tien geometristen ominaisuuksien vaikutuksia tarkasteltu tässä yhteydessä.)

Tyypillinen regressioyhtälö (mittauspaikasta 6) oli muotoa

Henkilöauton keskikohdan etäisyys keskiviivasta =

$$\begin{aligned}
 &253,2 + 5,61 \cdot \log(\text{etäisyys edellä ajavaan}) \\
 &- 4,12 \cdot \log(\text{etäisyys vastaan tulleeseen}) \quad - 0,43 \cdot (\text{nopeus}) \\
 &- 3,73 \cdot \log(\text{etäisyys vastaan tulevaan}) \quad - 0,12 \cdot (\text{leveys})
 \end{aligned}$$

Toisin sanoen etäisyys keskiviivasta kasvoi, joskaan ei lineaarisesti, kun etäisyys edellä ajavaan kasvoi, ja väheni, kun etäisyys vastaan tulevaan tai vastaan tulleeseen kasvoi; nopeuden kasvaessa 1 km/h siirryttiin vajaat puoli senttiä keskemälle ja auton leveyden kasvaessa sentillä 0,12 cm keskemälle.

Etsittäessä selityksiä regressiomallien alhaiseen selitysteeseen on huomattava, että vaikka etäisyydet muihin tienkäyttäjiin olivat mallissa selittäjinä, ei huomioon otettu mm. nopeuseroja tai vastaan tulevan kokoa. Toiseksi esim. vastaan tulevan liikenteen määrä ym. kuljettajien kokemukset liikenteessä pitemmälläkin aikavälillä ennen tarkasteltavaa tilannetta todennäköisesti selittävät kuljettajien käyttäytymistä sen vaikutuksen lisäksi, mikä hetkellisellä liikennetilanteella on.

Periaatteessa ajoneuvon ulkopuolelta voitaisiin saada tietoja myös kuljettajan sukupuolesta, automerkistä tai vaikkapa uusien kuljettajien tunnuksesta, 80 km:n nopeusrajoitusmerkistä takaikkunasta, jotka kaikki saattaisivat selittää osan sijainnin varianssista.

On kuitenkin luultavaa, että ajoneuvojen sijainnissa joka tapauksessa on varsin paljon satunnaisvaihtelua, joka aiheutuu kuljettajan ja auton ohjausjärjestelmän toiminnasta ja myös ulkoisista tekijöistä kuten tuulenpuuskista. Kun kuljettaja ohjaa autoaan pitkin kaistaansa, hän korjaa autonsa suuntaa kääntämällä ohjauspyörästä, kun suunta tai sijainti poikkeaa liian paljon "ihannesuunnasta" tai "ihanneajolinjasta". Tyhjällä leveällä tiellä kuljettaja saattaa sallia melkoisiakin poikkeamia - auto saattaa erityisesti valppauden hetkeksi

pettäessä jopa käväistä väärällä kaistalla - mutta tien kaventuessa tai muiden tienkäyttäjien läsnäollessa hän noudattaa tiukempaa kriteeria. On mm. todettu, että ohjausliikkeiden frekvenssi kasvaa olosuhteiden vaikeutuessa (McLean - Hoffmann, 1972).

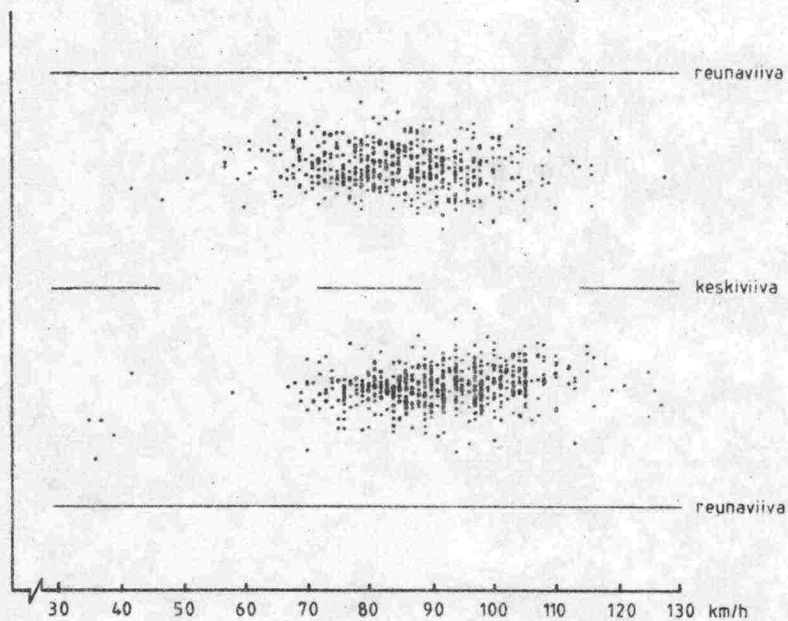
Toisaalta satunnaisvaihtelua ajolinjoihin aiheutuu siitä, että auto harvoin tottelee täsmällisesti ohjausta, ja joskus ohjauksessa voi olla aikamoinenkin viive ohjausjärjestelmässä olevan väljyyden takia.

Olennaista on kaiken kaikkiaan se, että omalla kaistalla on henkilöauton leveyden lisäksi useimmiten yli kaksi metriä tilaa liikkua sivusuunnassa.

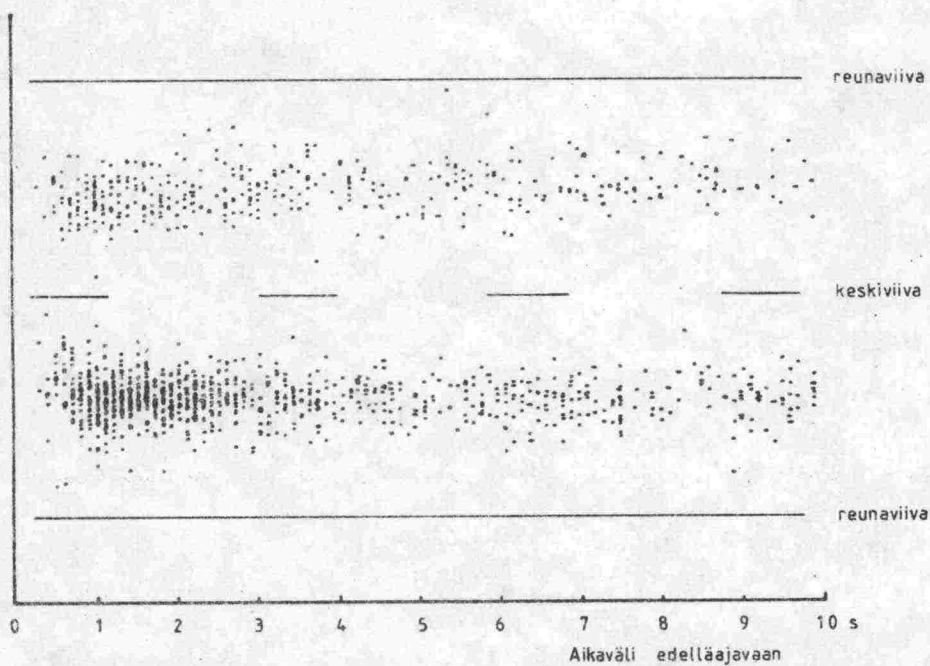
Kuvat 11-13 havainnollistavat eri tekijöiden vaikutuksia ja samalla ajoneuvojen sijainnin melkoista varianssia.

Niissä on esitetty henkilöautojen keskikohdan sijainti tiellä - mittauspaikassa 6 - kolmen muuttujan funkitona: (kukin piste vastaa yhtä autoa): kuvassa 11 tarkastellaan nopeutta¹; kuvassa 12 aikaväliä edellä ajavaan (takana tulevan vaikutus on eliminoitu rajaamalla ko. etäisyys 5 sekunnin kohdalta); ja kuvassa 13 aikaväliä vastaantulevaan tai -tulleeseen (vain yhden tekijän vaikutus kulloinkin mukana: toinen rajattu 5 sekunnin kohdalta).

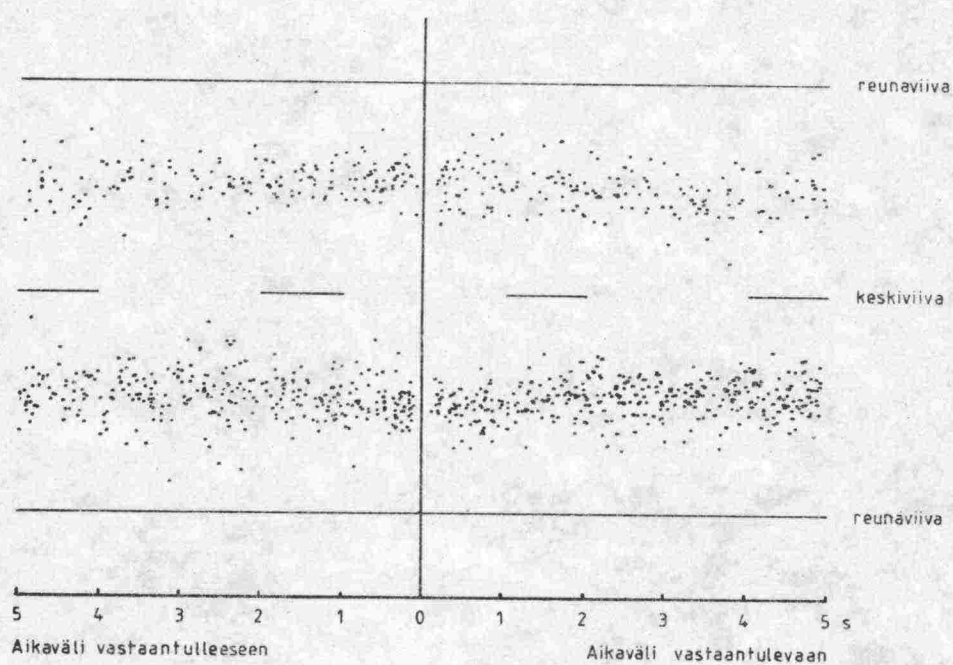
¹ Kuvassa voidaan havaita selvä nopeusero eri suuntien välillä. Tämä johtune siitä, että keskimäärin hitaammin ajavien suunnassa (kuvassa vasemmalle) nopeusrajoitus muuttui vain joi-takin satoja metrejä ennen mittauspaikkaa 80:stä 100:aan km:iin tunnissa, kun taas toisessa suunnassa 100 km:n nopeus-rajoitus oli jatkunut jo kymmeniä kilometrejä (vrt. Matthews, 1978).



Kuva 11. Nopeuden vaikutus henkilöautojen sijaintiin mittauspaikassa 6. Kukin piste vastaa yhden auton keskikohtaa



Kuva 12. Aikavälin vaikutus henkilöautojen sijaintiin mittauspaikassa 6. Kukin piste vastaa yhden auton keskikohtaa



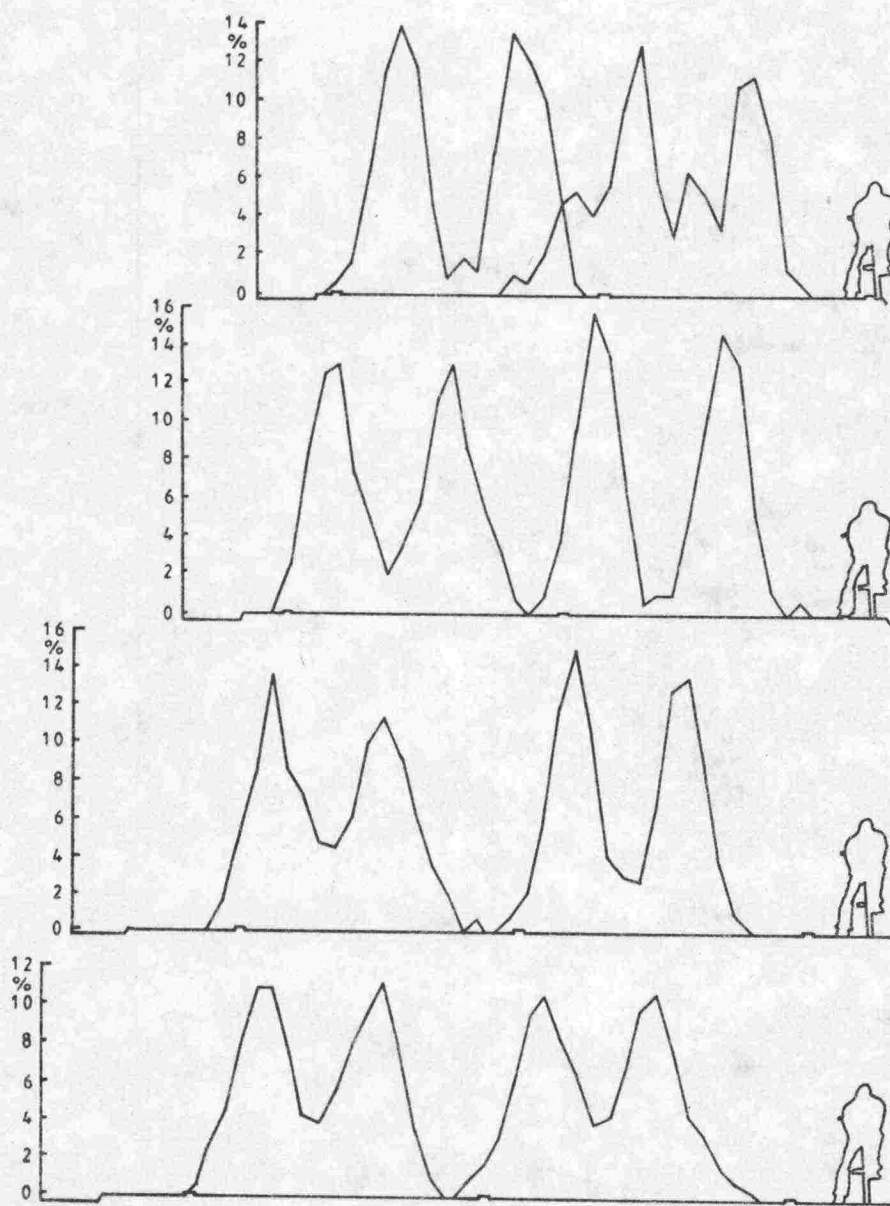
Kuva 13. Vastaan tulevan ajoneuvon etäisyyden vaikutus henkilöautojen sijaintiin mittauspaikassa 6. Kukin piste vastaa yhden auton keskikohtaa

3. AJOLINJAT POLKUPYÖRÄILIJÄÄ OHITETTAESSA

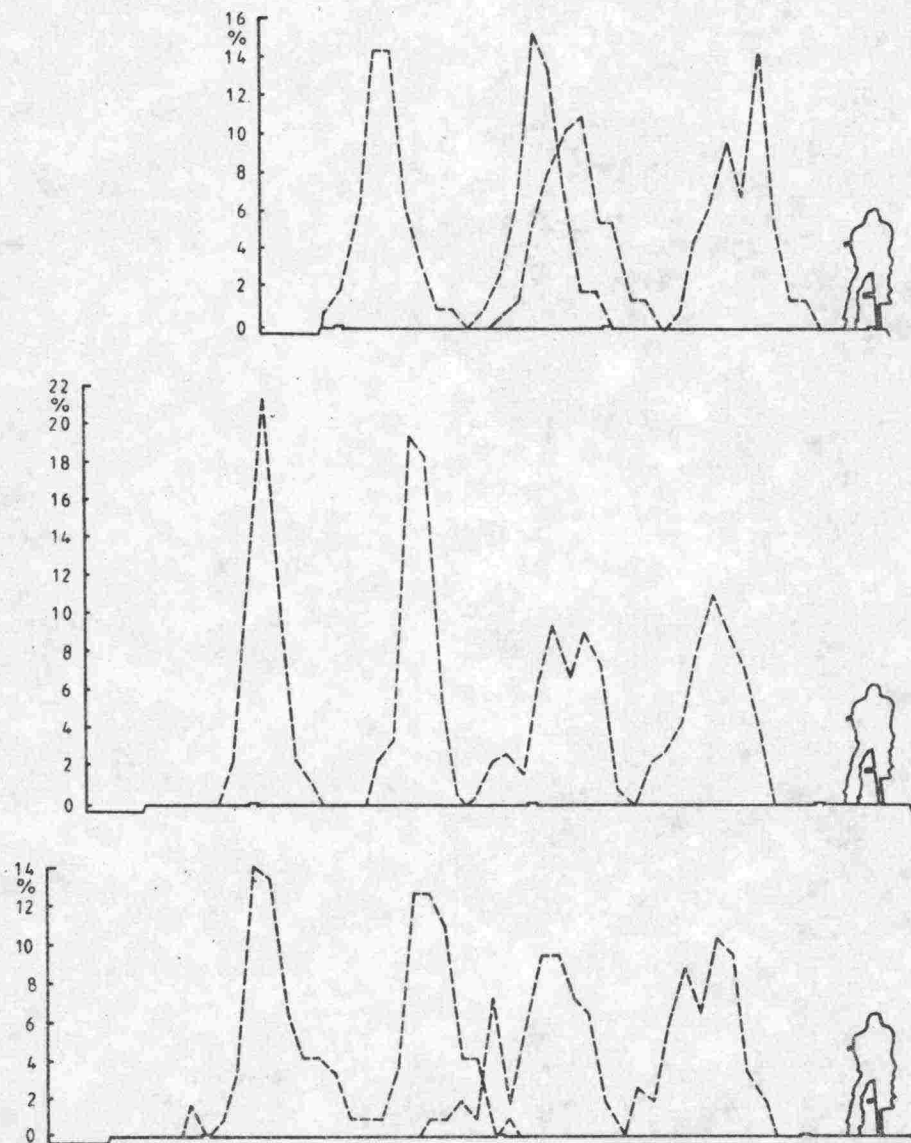
Tutkimuksen yksi tavoite oli selvittää sitä, kuinka ajoneuvojen kuljettajat väistävät kevyttä liikennettä eri levyisillä teillä. Mittausmenetelmä - ja vaatimus suuresta havaintomäärästä - edellyttivät, että tutkimuksessa käytettiin paikallaan pysyvää jalankulkijaa tai pyöräilijää, ja pientareella pyöränsä satulassa istuva polkupyöräilijä katsottiin luontevimmaksi vaihtoehdoksi.

Seitsemässä mittauspaikassa tehtiin havaintoja ohikulkevien autojen sijainnista tilanteessa, jossa tien pientareelle oli pysähtynyt polkupyöräilijä. Kuvassa 14 on esitetty henkilöautojen sijaintijakautuma ko. tilanteessa mittauspisteissa 2, 3, 5 ja 7 ja kuvassa 15 kuorma-autojen sijaintijakautuma mittauspisteissa 2, 5 ja 7. (Havaintoja ei kaikissa tapauksissa ollut riittävästi jakautumien esittämiseen.)

Kummassakin kuvassa eri mittauspaikkojen ajolinjajakautumat on esitetty siten, että ylimpänä on kapeimman tien jakautuma. Henkilöautoja kuvaavista jakautumista voidaan havaita, että leveillä teillä autoilijat näyttävät väistävän pyöräilijää niin pitkälle kuin omalla kaistallaan voivat. Tien kaventuessa turvamarginaali autojen ja polkupyöräilijän välissä pienee, kunnes kapeimmalla tiellä - mittauspisteessä 2 (ylin kuva) - osa autoilijoista muuttaa väistämisisstrategiaansa ja ylittää selvästi keskiviivan. Huomattakoon, että jakautuma muuttuu selvästi kaksihuippuiseksi, mikä todella osoittaa kahden eri strategian käyttämistä. Tilanteessa, jossa ei ole vastaantulijoita, 41 % autoilijoista väisti vasemmalle kaistalle (ts. vasen pyörä ylitti keskiviivan); nämä ajoivat keskimäärin 5,6 km/h nopeammin ($t_{70} = 2,56$; $p < .02$) ja heidän autonsa olivat keskimäärin 7,6 cm leveämpiä ($t_{70} = 2,60$; $p < 0.2$) kuin niiden, jotka pysyivät kokonaan omalla kaistallaan.



Kuva 14. Henkilöautojen sijaintijakautuma polkupyöräilijää ohitettaessa mittauspaikoissa 2, 3, 5 ja 7



Kuva 15. Kuorma-autojen sijaintijakautuma polkupyöräilijää ohitettaessa mittauspaikoissa 2, 5 ja 7

Kuorma-autoilijoilla (kuva 15) tilanne on jonkin verran erilainen auton suuremman leveyden takia. Jo 10 metriä leveällä tiellä (alin tie) esiintyy selvää kaksijakoista käyttäytymistä - neljännes kuljettajista ylittää keskiviivan silloin, kun vastaan tulijoita ei ole - ja kapeimmalla tiellä väistäminen on lähes yhdenmukaista: pyöräilijän ohi ei juuri mahdu vain omaa kaistaa käyttämällä.

Taulukossa 5 on esitetty tarkemmin henkilöautojen ja pientareelle pysähtyneen polkupyöräijän välinen etäisyys eri mittauspaikoissa tilanteessa, jossa lähin vastaantuleva tai vastaan tullut ajoneuvo on vähintään n. 150-200 metrin päässä. Taulukosta voidaan havaita, että silloin, kun autoilijan käytettävissä oleva tila keskiviivan ja polkupyöräilijän välissä on 310 cm (mittauspaikka 2), 41,1 % autoilijoista väistää vasemmalle kaistalle, jolloin heidän keskimääräinen turvamarginaalinsa on 209 cm. Niiden turvamarginaali, jotka pysyttelevät omalla kaistallaan polkupyöräilijästä huolimatta, on keskimäärin vain 132 cm ja kahdeskymmenesosalla autoilijoista enintään 92 cm. Kun metriä leveämmällä tiellä (mittauspaikka 3) käytettävissä oleva tila on 357 cm ja maksimiturvamarginaali omalla kaistalla ajaen on 208 cm, vain 3,3 % autoilijoista väistää vasemmalle kaistalle; omaa kaistaa ajavilla keskimääräinen turvamarginaali on 153 cm ja 5 % heistä katsoo enintään 109 cm:n turvamarginaalin riittäväksi.

Kriittinen käytettävissä oleva tila - etäisyys polkupyöräilijästä keskiviivaan - näyttää olevan kolmen ja puolen metrin luokkaa: tällaiseen tilaan (357 cm mittauspaikassa 3) yrittävät vielä käytännöllisesti katsoen kaikki henkilöautoilijat mahtua, mutta vähän yli kolmen metrin tilaan (310 cm ylimmällä tiellä kuvassa 2) enää vain puolet autoilijoista, ja ne, jotka väistävät vasemmalle kaistalle, käyttävät keskimäärin juuri tuon kolmen ja puolen metrin tilan (209 cm:n turvamarginaali lisättynä keskimääräisellä henkilöauton leveydellä 149 cm).

On varsin yllättävää, että henkilöautoilijat välttävät keskiviivan ylittämistä niin paljon, että ajavat mieluummin varsin läheltä polkupyöräilijää tilanteessa, jossa keskiviivan voisi varsin hyvin ylittää. Lukuunottamatta kapeinta tietä ainoastaan 3-8 % autoilijoista väistää vasemmalle kaistalle - kutaquinkin riippumatta tien leveydestä.

Taulukko 5. Ohikulkevien henkilöautojen ja pientareelle pysähtyneen polkupyöräilijän välinen turvamarginaali eri mittauspaikoissa: ei vastaan tulijaa

Mittaus- paikka nro	Poikki- leikkaus m	Käytettävissä, oleva tila cm	Turvamarginaali (Vain omaa kaistaa käyttävät)			Vasenta kaistaa ajavien osuus kaikista %	Vasenta kaistaa käyttäneen keskim. turvamarginaali cm
			Keskisarvo cm	Hajonta cm	5. per- senttiili cm		
2	7,1/6,6	310	132	21,5	92	41,1	209
3	8,1/6,9	357	153	25,0	109	3,3	
4	9,5/7,5	405	215	27,9	167	7,5	
5	9,6/7,0	407	211	25,2	170	4,0	
6	10,0/7,4	450	252	28,9	202	7,8	
7	10,1/7,4	450	231	26,9	188	4,9	

1 Keskiviivan ja pyöräilijän välinen etäisyys

2 5 % tapauksista on tätä arvoa pienempiä

3 Niiden autojen osuus, joiden vasen etupyörä ylittää keskiviivan

Toisaalta käytettävissä olevan tilan ylittäessä neljä metriä minimiturvamarginaali (ks. kuva 14) ei enää näytä kasvavan 150-160 cm:stä, vaikka keskiarvo ja 5. persentiilikin vielä kasvavat (taulukko 5). Kuorma-autoilijoiden minimiturvamarginaali näyttää vakioituvan 115 cm:n paikkeille ja 5. persentiili 130 cm:n paikkeille, vaikka keskimääräinen turvamarginaali kasvaa 9,5 m:n tien (mittauspaikka 5) 173 cm:stä 10 m:n tien (mittauspaikka 7) 188 cm:iin.

Lisäksi voidaan kuvista 14 ja 15 havaita, että minimietäisyys reunaviivasta pysyy osapuulleen vakiona riippumatta pyöräilijän sijainnista (pientareen leveydestä).

Liitteessä 2 on esitetty henkilöautojen ajolinjajakautumat mitauspaikoittain jaettuna liikennetilanteen mukaan neljään ryhmään sen mukaan, onko aikaväli edellä ajavaan pienempi kuin viisi sekuntia (jonossa/ei jonossa) ja toisaalta sen mukaan, onko toinen ajoneuvo tullut tai tulossa vastaan viiden sekunnin sisällä. Kaikissa tapauksissa ei havaintoja kuitenkaan ollut riittävästi jakautumien esittämiseksi.

4. AJONEUVOJEN SIJAINTI PIENISÄTEISESSÄ KAARTEESSA

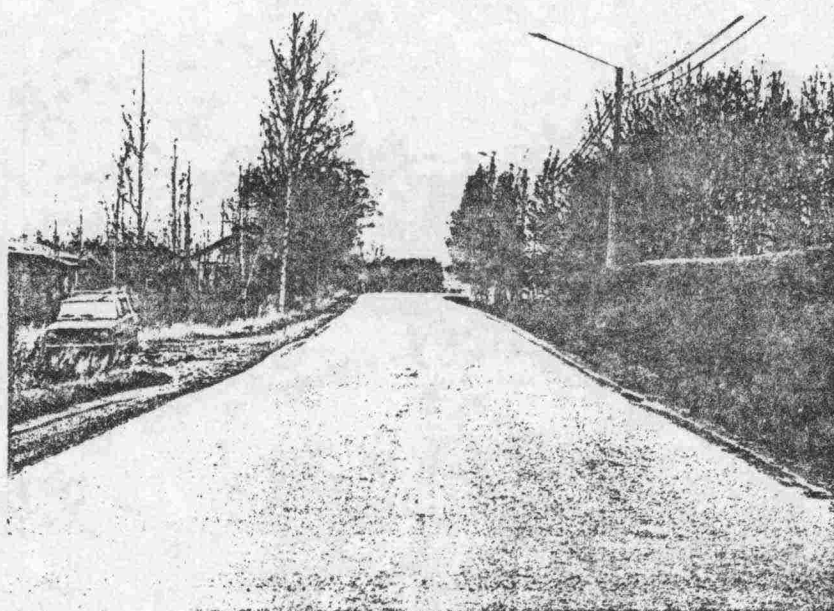
Kun erityisesti raskaat autot oikaisevat kapeilla teillä kaarteissa pientareelle, päällysteen ulkopuolelle, ovat tien reunat vaarassa vaurioitua ja jopa sortua. Yksi parannuskeino tähän saattaisi olla tien leventäminen, mutta on epävarmaa, ehkäisisikö sekään pientareen kautta oikaisemista hyvin pienisäteisissä kaarteissa.

Kuljettajien ajotavan selvittämiseksi autojen sijainti mitattiin kapealla, vilkkaasti liikennöidyillä tiellä (Vanha Kaarelantie Helsingin ja Vantaan rajalla) sekä suorassa tien kohdassa (mittauspaikka 1, kuva 16) että pienisäteisessä kaarteessa (mittauspaikka 9, kuvat 17 ja 18). Tien poikkileikkaus oli suoralla 8,8/7,0/6,3 ja kaarteessa 9,3/7,4/6,6 ja nopeusrajoitus kummassakin paikassa 50 km/h.

Kuvissa 19 ja 20 on esitetty henkilö- ja kuorma-autojen ajo-linjakautumat yhtenä arkipäivänä kello 11-17 kummassakin paikassa.

Suorassa tien kohdassa sekä henkilö- että kuorma-autot ajoivat hyvin tarkasti kaistansa keskellä. Auton keskikohdasta laskettuna 90 % henkilöautoista sijoittui 85 cm:n levyiselle alalle ja vastaava määrä kuorma-autoista 61 cm:n levyiselle alalle.

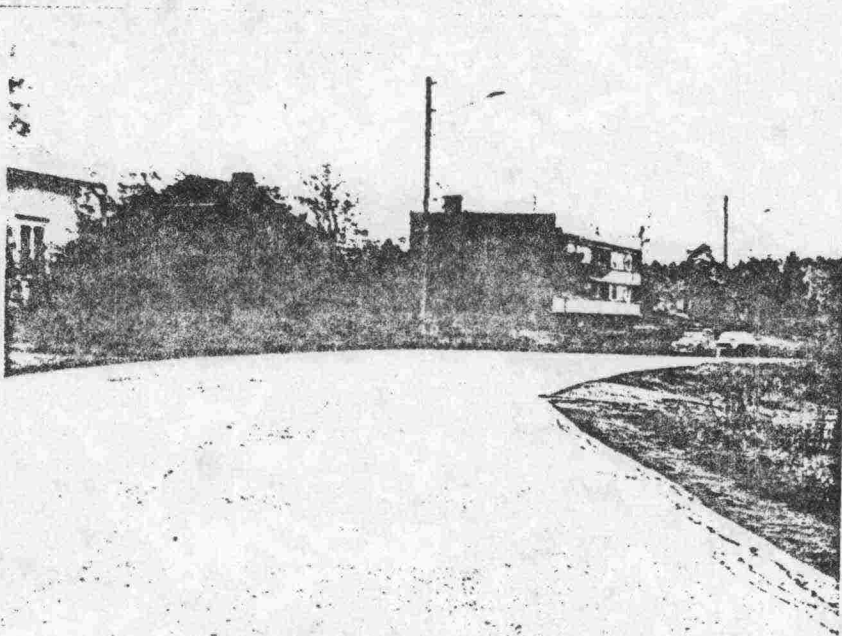
Kaarteessa (kuva 20) voidaan havaita autojen oikaisevan sisäkaarteiden puolella niin reunaan kuin suinkin voivat: 40.8 % henkilöautoista ja 60.9 % kuorma-autoista oikaisi pientareelle - laskettuna 3,3 m:n kaistan leveyden mukaan, koska reunaviiva oli kokonaan kulunut - ja 6.8 % henkilöautoista ja 7.2 % kuorma-autoista käväisi suorastaan päällysteen ulkopuolella. (On huomattava, että sorapiennar oli mittauspaikalla kovaksi painunut eikä juurikaan päällysteen pintaa alempana sillä tavoin kuin kuvassa on esitetty. Lisäksi kaarteessa oli juuri ennen mittauspaikkaa liittymä, jonka kohdalla asfalttipäällyste ulottui luiskana liittyvälle tielle. Se on myös saattanut vaikuttaa oikaisemiseen.)



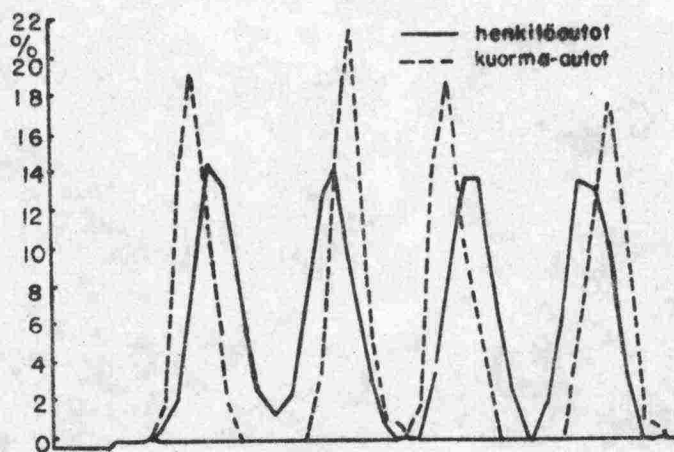
Kuva 16. Mittauspaikka 1



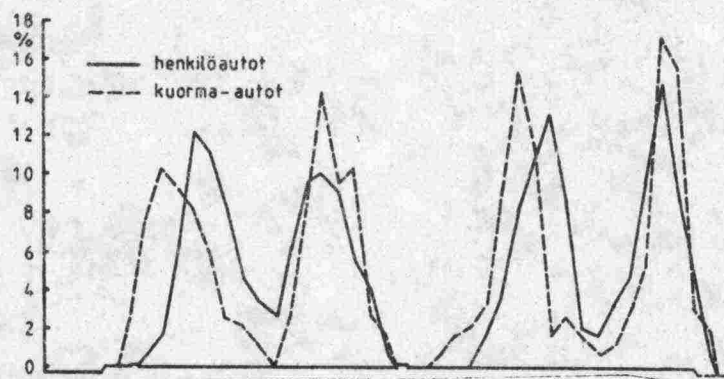
Kuva 17. Mittauspaikka 9, näkymä länteen



Kuva 18. Mittauspaikka 9, näkymä itään



Kuva 19. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mitauspaikassa 1



Kuva 20. Henkilö- ja kuorma-autojen ajolinjajakautumat mitauspaikassa 9

Ulkokaarteiden puolella autot pysyivät varsin hyvin omalla kais-
tallaan eivätkä oikaisseet yli keskiviivan. Kuorma-autoista
osa ylitti myös ulkokaarteissa reunaviivan. Tulos on varsin
yllättävä. Siihen on varmasti vaikuttanut ennen kaikkea run-
sas liikennemäärä kummassakin suunnassa; vastaan tuleva lii-
kenne ei yksinkertaisesti antanut mahdollisuutta kaarteiden oi-
kaisemiseen.

Oikaisemiseen ylipäätään vaikuttaa myös tien aikaisempi geo-
metria, kaarteet, mäet, kaltevuus jne. Mittauspaikalla sisä-
kaarteissa ajavat olivat tulleet hyvän matkaa samaan suuntaan
kaartavaa tietä kun taas ulkokaarteissa ajavat olivat juuri
tulleet sisäkaarteesta ja aloittivat ulkokaarteiden, joka jat-
kui vielä pitkälle mittauspaikan jälkeen; ajoneuvot saattoi-
vat olla sisäkaarteiden jälkeen normaalia reunemmassa tullessaan
ulkokaarteeseen eivätkä olleet ehtineet siirtyä keskiviivan
tuntumaan.

Kaiken kaikkiaan oikaiseminen sisäkaarteiden puolella pientareel-
le oli tässä kapean tien pienisäteisessä kaarteissa varsin
yleistä. Tämän perusteella on kuitenkin vaikea arvioida sitä,
kuinka paljon tietä pitäisi sisäkaarteiden puolella levittää,
jotta autoilijat eivät oikaisisi pientareelle.

Voi kuitenkin olla, että pientareelle oikaisua voitaisiin vä-
hentää muuttamalla sopivasti tien ja ajoradan geometriaa ja
optista johdatusta. Hyvänä esimerkkinä varsin pienten ajora-
tamaalausten ja tien leveyden muutosten vaikutuksesta on Sil-
janovin (1968) tutkimus, jossa em. muutoksilla saatiin ulko-
kaarteissa keskiviivan ylittävien ajoneuvojen määrä vähene-
mään.

Olisi syytä tarkemmin tutkia, minkälaiset keinot ovat ylipää-
tään mahdollisia pientareille oikaisun vähentäjinä. Reunapaa-
lujen käyttö sisäkaarteiden puolella saattaisi olla yksi var-
teenotettava mahdollisuus.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että kun autoilijat voivat valita ajolinjansa tiellä vapaasti, he pyrkivät ajamaan samalla etäisyydellä ajokaistan reunasta: etäisyys reunaviivasta pysyy samana riippumatta ajokaistan ja pientareiden leveydestä. Vastaavasti ajokaistan leveneminen suurentaa eri suuntiin kulkevien ajoneuvojen välistä marginaalia.

Tien kokonaisleveys vaikuttaa ajolinjakautumien muotoon. Tien levetessä jakautuman huippu alenee ja ajolinjojen vaihtelualue laajenee. On ilmeistä, että muista liikenteen osatekijöistä johtuva ajolinjojen vaihtelu on suurempaa leveillä teillä; ilmeisesti tällöin myös yksittäisen ajoneuvon ajolinjan vaihteluväli on suurempi (vrt. McLean & Hoffmann, 1972). Ilmiö näkyy selvästi vastaan tulevan liikenteen vaikutusta tarkasteltaessa. Kohtaavat ajoneuvot siirtyvät sitä enemmän reunaan mitä leveämmästä tiestä on kysymys huolimatta siitä, että ajoneuvot jo alunperin kulkevat etäämpänä toisistaan.

Jonoajo vähentää ajolinjojen vaihtelua. Yleensä jonossa ajetaan vähän keskemällä kuin vapaassa tilanteessa, eikä ajolinja vastaan tulevan liikenteen vaikutuksesta muutu läheskään niin paljon kuin vapaassa tilanteessa. Jonomuodostus näyttää näin nopeuttavan ajourien muodostumista.

Tien pientareelle pysähtynyttä polkupyöräilijää väistetään tyypillisesti niin kauas oman ajokaistan vasempaan reunaan kuin voidaan. Keskiviivaa ei kuitenkaan mielellään ylitetä. Vasta kun autoilijan käytettävissä oleva tila - tien keskiviivan ja polkupyörän välinen etäisyys - alittaa 3.5 m, henkilöautoilijat alkavat yleisesti väistää pyöräilijää vastaan tulevien ajokaistan puolelle. Ko. tilaa voitaneen suositella minimi-tilaksi, jos kohta on muistettava, että tässä tutkimuksessa oli kysymyksessä paikallaan oleva polkupyöräilijä; liikuvan polkupyöräilijän sivuttaissuuntainen liike tulisi lisäksi ottaa huomioon.

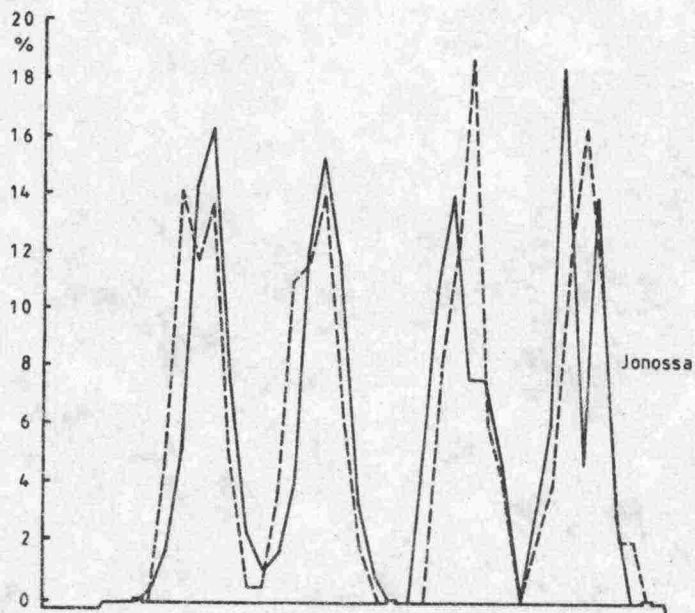
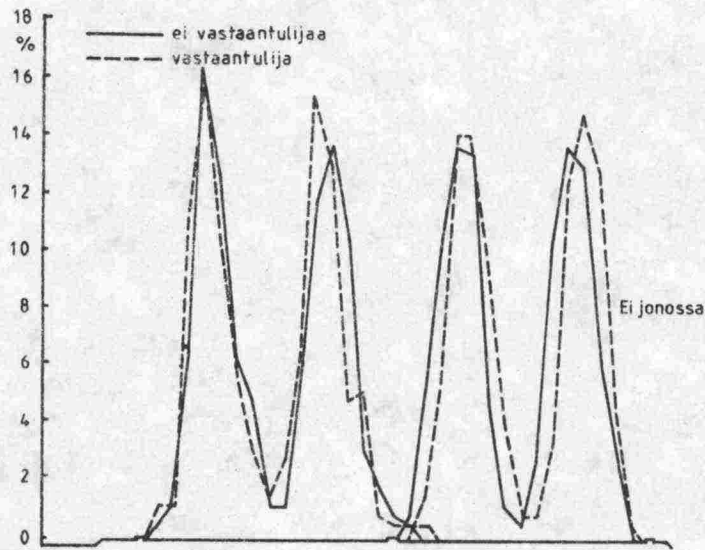
Minimietäisyys, jolla ajoneuvot ohittavat polkupyöräilijän, on kapeilla teillä varsin pieni, reilusti alle metrin. Myös

minimiturvamarginaali näyttää osittain määräytyvän reunaviivan vaikutuksesta: kaikilla mittauspaikoilla lähimpänä pyöräilijää ajavat pitävät suurin piirtein saman etäisyyden reunaviivaan. Minimiturvamarginaali ei enää kasva 150-160 cm:stä, vaikka tien kokonaisleveys suurensi. Marginaalia voitaneen lisätä vain lisäämällä pientareen leveyttä niin paljon, että pyöräilijä voi siirtyä kauemmaksi reunaviivasta. (Pyöräilijän käyttämä ns. suojaviiri on kokemusten mukaan yksi tapa pitää autoilijat loitompana; ks. Oranen, 1975.)

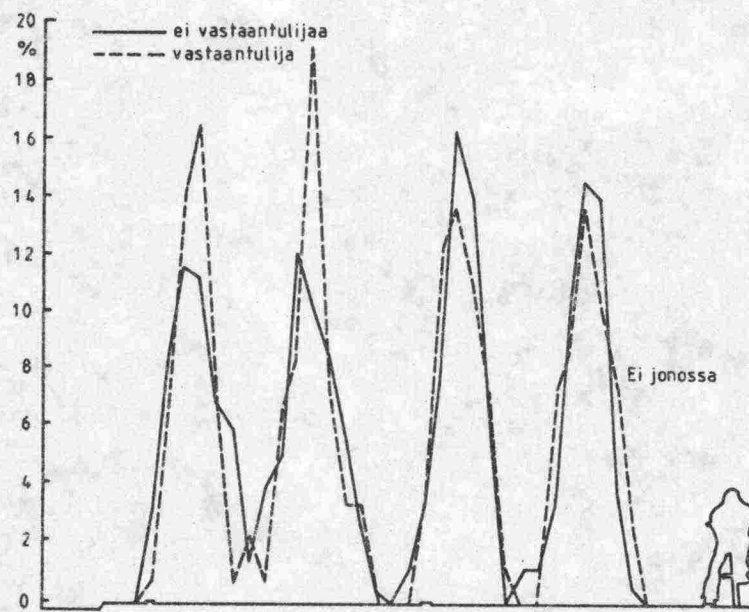
Tässä tutkimuksessa voitiin selvästi havaita, että siihen, missä kohti tietä autot ajavat, vaikuttaa tien poikkileikkauksen lisäksi tien geometria. Perustiedot kaarteisuuden, pitkittäis-samboin kuin poikittaiskaltevuuden yms. tekijöiden vaikutuksesta ajoneuvojen sijaintiin ajoradalla puuttuvat tyystin, ja voitaneen sanoa, että mittauspaikkojen vähäisyyden vuoksi tämäkin tutkimus on vain osittainen selvitys tien poikkileikkauksen vaikutuksesta. Ajoneuvojen sijainnin mittaaminen tien poikkileikkauksessa on kuitenkin niin aikaavievää ja kallista, ettei voida ajatella kovin laajan perusselvityksen tekemistä sillä tavoin. Tällainen olisi kuitenkin mahdollista käyttämällä hyväksi teillämme jo olevia valmiita, jos kohta karkeita, sijaintijakautumia: uria asfaltissa.

LÄHDELUETTELO

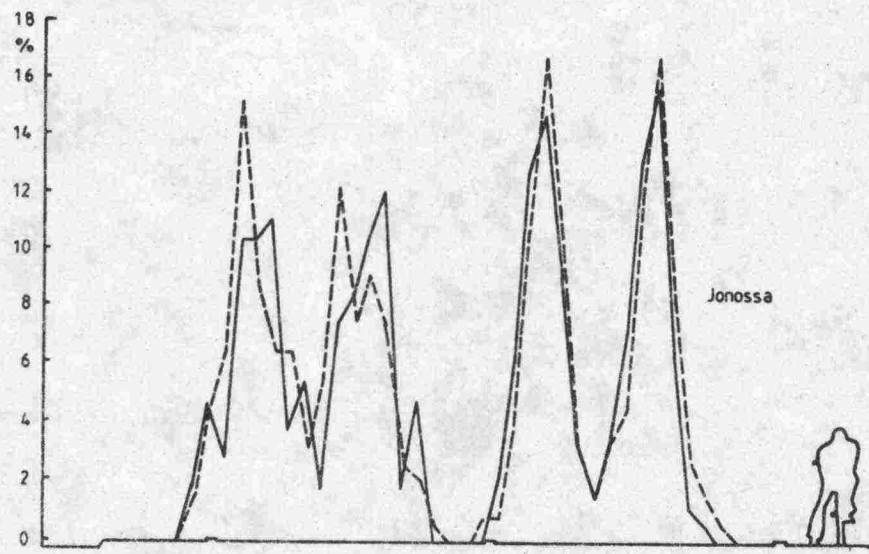
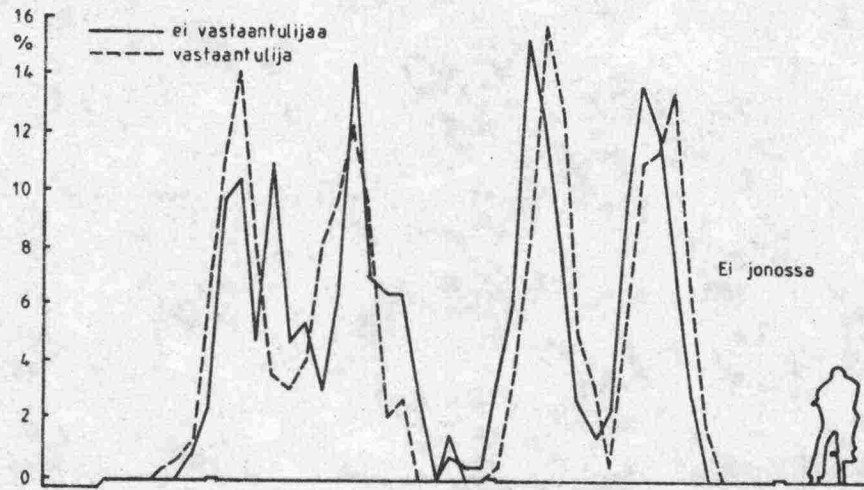
- Matthews, M.L. A field study of the effects of drivers' adaptation to automobile velocity. Human Factors, 1978, 20(6), 709-716.
- McLean, J.R. & Hoffmann, E.R. The effects of lane width on driver steering control and performance. Proceedings of the Sixth Conference of Australian Road Research Board, 1972, 6(3), 418-440.
- Oranen, L. Polkupyörän suojaviirin käyttöä koskeva selvitys. Liikenneturvan tutkimuksia nro 30, 1975.
- Parlamentaarisen liikennekomitean osamietintö IV Ehdotus tieliikennelaiksi. Komiteanmietintö 1975:27.
- Siljanov, V.V. Carriage marking tests in the U.S.S.R. Traffic Engineering and Control, 1968, 12, 409-412.
- Summala, H., Merisalo, A. & Vierimaa, J. Tutkimus ajoneuvojen sijainnista tien poikkileikkauksessa. Tie- ja vesirakennushallituksen julkaisu nro 742008, 1978.
- Tie- ja vesirakennushallitus TVL:n normaalimääräykset ja ohjeet. Tie- ja vesirakennushallituksen julkaisu nro 722300, 1968.
- VTT Nastarenkaita koskevat liikenneteknilliset tutkimukset 1974-1975. Heinäkuu 1976



Kuva 1. Henkilöautojen ajolinjajakautumat liikennetilanteit-
tain mittauspaikassa 1



Kuva 1. Henkilöautojen ajolinjakautumat liikennetilanteit-
tain mittauspaikassa 3, kun pientareella on polku-
pyöräilijä



Kuva 2. Henkilöautojen ajolinjajakautumat liikennetilanteittain mittauspäikassa 5, kun pientareella on polku-
 pyöräilijä